

CAPITULO 8

ESTUDIO SOBRE LAS INSTALACIONES PARA MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

8 ESTUDIO SOBRE LAS INSTALACIONES PARA MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

8.1 SISTEMA COLECTOR DE AGUAS RESIDUALES

8.1.1 Sistema combinado y el sistema separado

El sistema colector de aguas residuales debe ser planeado como un sistema independiente, que recibe las aguas residuales exclusivamente sin coleccionar el agua pluvial proveniente de las tormentas. Para seleccionar el sistema colector más adecuado para el Area M/P, es necesario tomar en consideración diversos factores relevantes como los métodos para disponer de los desechos, características de la precipitación pluvial, características topográficas, usos del agua y limitaciones físicas de la planificación, tal como se resume a continuación:

- (a) Las consideraciones básicas que influyen en la selección del tipo de sistema de alcantarillado para uso en Guatemala Metropolitana son la existencia de un sistema colector de alcantarillas establecido. En la mayoría de las áreas centrales y urbanas construidas en la ciudad de Guatemala, se utiliza predominantemente un sistema de alcantarillado que es una vieja combinación. Sin embargo, los sistemas nuevos de alcantarillado construidos recientemente adoptan un sistema colector independiente. Es evidente que para cualquier área urbana donde funciona un sistema natural de control de inundación, el concepto de un sistema de alcantarillado combinado es difícilmente justificable.
- (b) Estudio de las condiciones actuales de contaminación del agua en Guatemala Metropolitana

El área indica claramente que los ríos y otros cursos de agua han sido gravemente contaminados con desechos de diversos tipos, particularmente durante la estación seca cuando los ríos y otros cursos de agua se transforman básicamente en el colector y el alcantarillado de la ciudad. Estas condiciones indican que sólo con el establecimiento de un sistema independiente de colector principal y alcantarillados interceptores, los residuos pueden ser mantenidos fuera de los ríos y de las boca tormenta, cambiando por consiguiente la situación presente de la población en general y estableciendo las bases para una limpieza progresiva de la ciudad. Así, la provisión

de alcantarillas principales de saneamiento independiente y de interceptores, es esencial para la ciudad como primer paso en la dirección correcta.

(c) Debido a la limitación de fondos, se reconoce que los alcantarillados de saneamiento independientes no pueden ser provistos para toda el área de la ciudad en este momento. De aquí que será necesario diferir la construcción de alcantarillas en ciertas áreas dónde los problemas son menos críticos, por ejemplo, aquellos lugares que están razonablemente bien servidos por tanques sépticos, lechos de lixiviación, o por el momento aquellos que así pueden ser servidos. También, es posible beneficiarse de los sistemas de drenaje de aguas pluviales, de forma temporaria, para que sirvan como transporte de la corriente de lógamo durante la estación seca, hacia el alcantarillado colector. De la misma manera, en otras áreas dónde la instalación sanitaria de las casas descarga aguas residuales en los drenajes para el agua pluvial locales y existentes, que a su vez fluye hacia los ríos. En algunas áreas estos drenajes pueden servir para transportar durante la estación seca la corriente de lógamo hacia los alcantarillados colectores/interceptores. En ambos casos, es necesario proveer estructuras para desborde, para evitar la sobrecarga de los alcantarillados colectores/interceptores y de las instalaciones para tratamiento durante las tormentas.

(d) Los conceptos básicos del plan estratégicos son i) delinear el sistema mínimo necesario de alcantarillas e interceptores necesarios para servir al área M/P, comenzando por las áreas más críticas dentro de las cuales las condiciones son graves y dónde reside la gran mayoría de la población, ii) desarrollar un plan de provisión progresiva de alcantarillas locales, con el uso temporario de drenajes para aguas de lluvia dónde sea ventajoso hacerlo, y dando prioridad en general a aquellas áreas que presentan las condiciones más críticas, y iii) desarrollar un plan de tratamiento de aguas residuales y deshecho que suministre protección adecuada a los cursos de agua.

(e) La desventaja más significativa de un sistema de alcantarillado combinado es que cuando llueve, el sistema puede causar la contaminación del agua que recibe debido al desborde de los desechos no tratados. Sin embargo, debido a la gran intensidad de la precipitación pluvial en Guatemala, la descarga de alcantarillas en las bocas tormentas o en los alcantarillados combinados, será diluida en gran medida en la estación de las lluvias. El desborde de las alcantarillas combinadas será diluido en gran medida y así no tendrá un impacto importante en los ríos y cursos de agua que reciben el desborde, especialmente considerando que estos cursos de agua tendrán a su vez el caudal máximo.

- (f) Un estudio (*) sobre la extensión del desborde de la carga de DBO debida al sistema de alcantarillado combinado, calculada para diferentes capacidades de intercepción del alcantarillado, indica que el DBO perdido a través de los desbordes durante un año, con un alcantarillado con capacidad de intercepción de uno por el caudal pico durante la estación seca, es de 2.04% del total de DBO transportado a través del alcantarillado, y con una capacidad 10 veces la capacidad PDWF es de 1.4%. Así, durante la época de tormentas, los desechos se desbordarán hacia los cuerpos de agua receptores, independientemente de la capacidad interceptora del alcantarillado de 1 vez PDWF y 10 veces PDWF. En cualquier caso, en tales épocas los desbordes serán enormemente diluidos.
- (g) Debido a que los alcantarillados combinados son normalmente tendidos más profundamente que los canales para aguas pluviales, los costos de excavación aumentarán. Además, será necesario el bombeo a la superficie desde mayores profundidades, incrementando así los costos de la estación de bombeo y de energía a niveles que excederán usualmente la suma de los costos agregados de sistemas de drenaje de aguas pluviales y de alcantarillados de saneamiento independientes. El estudio también indica que la proporción del costo anual de sistemas independientes y combinados, incluyendo los costos de capital, operación y mantenimiento, es de 1,112/1,341.
- (h) Debido a que las condiciones del tráfico en Guatemala son a menudo críticas, la disrupción excesiva del mismo y las actividades normales durante la construcción de alcantarillas más profundas y grandes, será en general mucho mayor con un sistema de alcantarillado combinado.
- (i) Guatemala tuvo una precipitación pluvial anual promedio de 1,234.3 mm durante un período de 30 años (1950 a 1980), la mayoría de la cual fue de relativamente corta duración y gran intensidad. El período de retorno de 2 años de una tormenta de 15 minutos de duración es de 100.3 mm. Si se aplicase un sistema de alcantarillado combinado, esta precipitación aumentará significativamente el costo del sistema de alcantarillado.
- (j) Otros factores a ser considerados son la inmediata necesidad de servicios de alcantarillado en áreas con gran densidad de población, condiciones de las calles, velocidad de implementación y disponibilidad de fondos para el Proyecto, todo lo cual puede ser muchas veces más crítico que el costo o los problemas de contaminación resultantes de la selección de un tipo particular de sistema de alcantarillado.

(*): "Proyecto de Alcantarillado y Saneamiento de Jakarta", preparado por NSC para WHO, 1975.

Por las razones arriba enumeradas y en base a los diferentes estudios y levantamientos de campo de las instalaciones existentes de drenaje, se recomienda que el nuevo sistema de alcantarillado para el área M/P sea independiente en principio.

8.1.2 Estrategia para el sistema de drenaje de aguas pluviales

La red de drenaje de aguas pluviales en Guatemala Metropolitana ha sido gradualmente expandido para hacer frente a la rápida expansión del área mencionada. El drenaje existente está fundamentalmente concentrado en las partes más viejas y más densamente pobladas del área. Debido a las pendientes pronunciadas, la descarga de las aguas pluviales es relativamente fácil y hasta el momento no han ocurrido desbordes graves, exceptuando en áreas bajas. La estrategia para el manejo de aguas pluviales en este Estudio, está mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 8-1 Estrategia del Manejo de Aguas Pluviales en Cada Región

Región	Sistema de alcantarillado	Manejo de aguas pluviales
Central	Combinado	El agua pluvial interceptada será tratada en la planta para tratamiento de aguas residuales por medio de un proceso de sedimentación.
Otras regiones	Independiente	Se usan las instalaciones existentes de drenaje de aguas pluviales. En este Estudio no se planea el tratamiento de las aguas pluviales. Es necesario darle máxima prioridad al tratamiento de aguas residuales.

Fuente: Grupo de Estudio

8.1.3 Ubicación de las plantas para tratamiento de aguas residuales

a) Criterio para selección y limitaciones

Como se planea que el agua servida recolectada fluya por gravedad, las plantas de tratamiento de aguas residuales estarán generalmente localizadas en tierras bajas cerca de los ríos. Aunque la planta de tratamiento esté ubicada en un área baja, es necesario utilizar bombas elevadoras en los lugares dónde el alcantarillado entrante será profundo y el nivel del curso de agua receptor sea más alto. Por lo tanto, para seleccionar el sitio de la planta de tratamiento de aguas residuales, el factor más importante a ser considerado es asegurar

que el agua servida recolectada pueda llegar a la planta por gravedad, o sea, sin usar bombas. Además, para eliminar el bombeo el sitio ideal deberá:

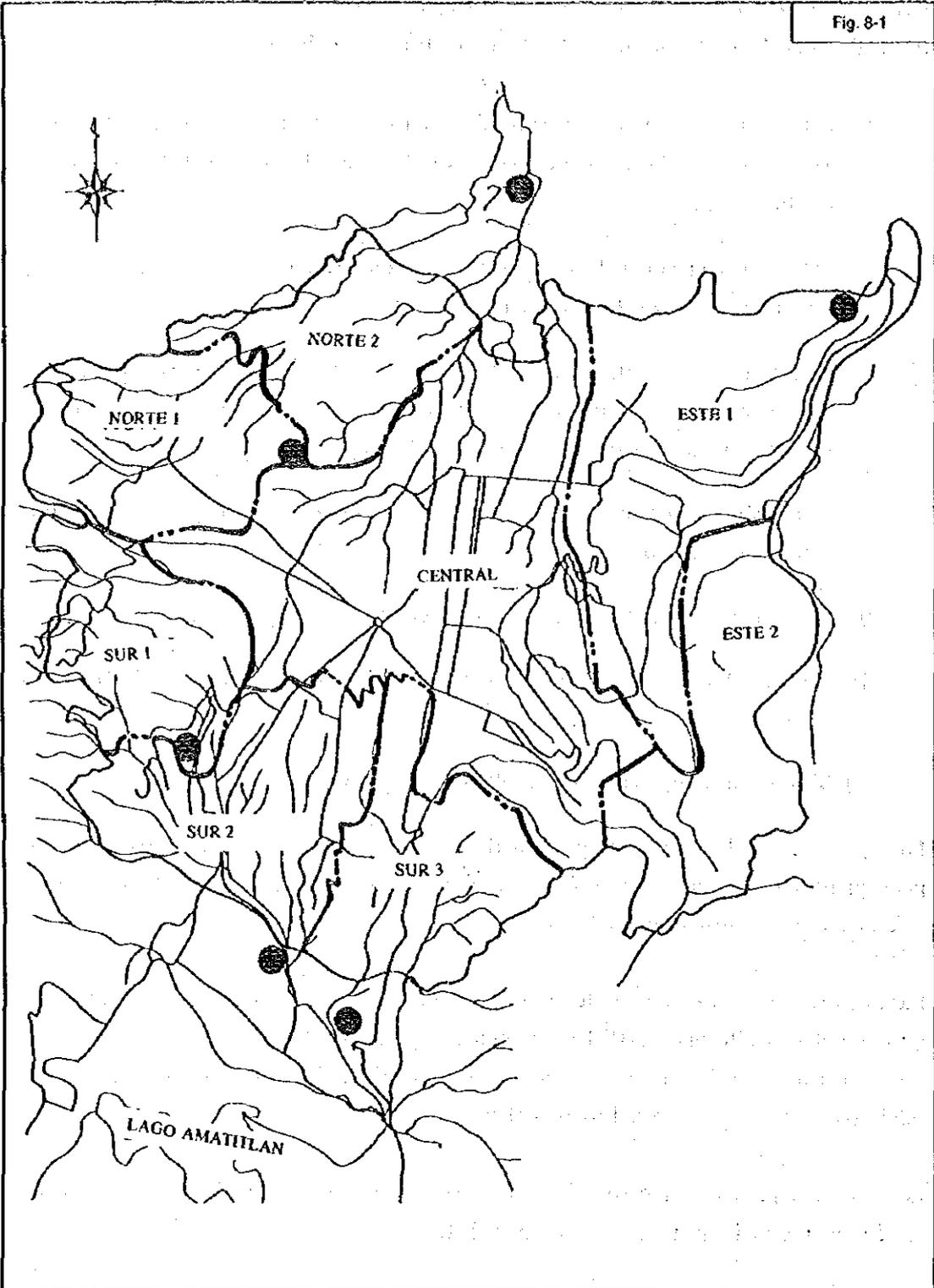
- i) Estar ubicado lo más cerca posible del distrito de tratamiento de tal manera que los costos de la construcción y O/M para el alcantarillado de toma sean minimizados.
- ii) Estar ubicada cerca de un cuerpo de agua receptor para descargar el efluente tratado y minimizar los costos de transporte.
- iii) Tener un área suficiente disponible para las instalaciones propuesta para tratamiento y estar ubicada dónde el/los dueño/s del terreno y los residentes vecinos concuerden con la construcción de la planta.
- iv) Estar ubicada en un área poco poblada dónde produzca el mínimo impacto ambiental adverso.
- v) Tener acceso fácil para construcción y O/M.
- vi) Estar en una condición topográfica favorable para la descarga del efluente en el agua receptora.
- vii) Minimizar la excavación y el relleno necesario.

Las aguas residuales entrantes pueden fluir por gravedad hacia los sitios seleccionados para plantas de tratamiento. En los sitios seleccionados, se estudiaron en detalle las diferentes características arriba listadas.

Para invertir las elevaciones la tubería de salida deberá en cada caso estar a un nivel más alto que el más alto nivel (HWL) del agua receptora. Como el HWL no ha sido definido por las autoridades, la altura de la tubería de salida deberán ser tentativamente fijada en un mínimo de 5 metros arriba del fondo del río.

Los criterios para la selección del sitio están resumidos en la Tabla 8-2 y los lugares seleccionados están ilustrados en la Figura 8-1.

Fig. 8-1



REPUBLICA DE GUATEMALA
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA
DE LA CIUDAD DE GUATEMALA
(EMPAGUA)

ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL
MANEJO DE AGUAS SERVIDAS EN EL
AREA METROPOLITANA DE GUATEMALA

AGENCIA DE COOPERACION
INTERNACIONAL DEL JAPON

TITULO
UBICACION DEL LOS SITIOS
SELECCIONADOS PARA LAS
PLANTAS DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES

Tabla 8-2 Criterios Para la Selección del Sitio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Región	Criterio para la selección
Central	Ubicada cerca del distrito de tratamiento. Suficiente área disponible.
Norte 1	Ubicada cerca del distrito de tratamiento. El sitio es en la actualidad es bosque y tierra de cultivo.
Sur 1	El alcantarillado colector por gravedad puede ser instalado siguiendo las elevaciones de la superficie del terreno en la parte sur de la región.
Sur 2	El área de terreno adecuado está disponible y no es necesaria una excavación y relleno significativos (la elevación del terreno será determinada en base a la elevación del lecho del río receptor). El terreno está siendo utilizado en el presente para extraer tierra.
Sur 3	El terreno adecuado disponible no necesita de excavación y relleno significativos (la elevación del terreno será determinada en base a la elevación del lecho del río receptor). El terreno que tiene una pendiente suave hacia el río, puede ser fácil de adquirir.
Este 1	Hay suficiente área disponible. No hay tomas de agua potable corriente abajo y la descarga de efluentes de la planta no tendrá un impacto adverso en el uso del agua del río.

Fuente: Grupo de Estudio

8.1.4 Criterio para diseño del alcantarillado

a) Planificación de la disposición del alcantarillado

La disposición del alcantarillado ha sido planificada considerando lo siguiente:

- 1) Las alcantarillas serán diseñadas para el flujo por gravedad
- 2) Las alcantarillas serán diseñadas en base al caudal máximo horario de aguas residuales con un factor de seguridad que incluye capacidad adicional.
- 3) Las alcantarillas serán subterráneas.
- 4) La disposición de las alcantarillas tomará en consideración carreteras, topografía, ríos, vías férreas, condiciones del suelo, otras instalaciones subterráneas, etc.
- 5) La sección transversal, forma y pendiente de la alcantarilla serán tales que tenga adecuada velocidad de flujo y capacidad para autolimpieza para evitar la acumulación de sólidos asentados y de condiciones sépticas.
- 6) Las alcantarillas serán tales que habrá un mínimo de fuga y de infiltración de agua pluvial y aguas subterráneas.

Las convenciones adoptadas en este Estudio cumplen con las prácticas guatemaltecas. Las alcantarillas más grandes son denominadas colectores principales en lugar de alcantarillado colector.

Los caudales fueron calculados en base a las aguas residuales domésticas e institucionales proyectadas para el año 2015, además de las contribuciones de aguas residuales industriales y caudales extra, incluyendo infiltración de agua subterránea.

Como el nuevo sistema de alcantarillado utilizará completamente la energía potencial de las aguas residuales, no se considerará una estación de bombeo para elevar el agua, y tanto la elevación de la tubería de descarga como la del fondo del río, deben ser examinadas en detalle para confirmar que las instalaciones están planeadas de forma hidráulica apropiada.

También es necesario examinar en detalle los cruces de ríos de los colectores en relación a la elevación del lecho del río y de la cresta de la alcantarilla. Es necesario notar que el nivel de la parte superior de la alcantarilla está limitado por la elevación del lecho del río y una vez que se haya fijado la elevación de la tubería de la alcantarilla, todas las elevaciones de la tubería corriente abajo hasta la planta de tratamiento estarán gobernadas por esta elevación. Por esta razón, las rutas seleccionadas para el colector principal hacia las plantas de tratamiento pueden no ser necesariamente las más cortas. La Figura 8-2 muestra un esquema explicativo de estas condiciones.

b) Diseño de la tubería de la alcantarilla

Para determinar la capacidad de la alcantarilla, se utiliza la ecuación de Manning para los tubos y conductos que estarán llenos o parcialmente llenos, con valores "n" de 0.013 a 0.015, dependiendo de las condiciones de la superficie de la tubería.

Todas las alcantarillas de concreto reforzado (RCP) están diseñadas para mantener una velocidad de caudal media, estando llenas o semi llenas, utilizando un valor "n" de 0.013, de no menos de 60 cm/seg.

Todas las alcantarillas están diseñadas para que no excedan una velocidad de caudal de 3 m/seg. para protegerlas contra la erosión. Cuando la inclinación del terreno sea particularmente pronunciada y la velocidad pueda exceder los 3 m/seg., se harán provisiones especiales para protegerla contra el desplazamiento ocasionado por la erosión y los choques.

c) Factor de seguridad para el diseño del caudal

Las alcantarillas están diseñadas para transportar aguas residuales bajo condiciones parcialmente llenas y por gravedad. Además, se aplica un factor de seguridad para diseñar el caudal (caudal máximo horario), para obtener mayor capacidad en el alcantarillado y para incorporar cualquier desviación del caudal estimado, variación a corto plazo, etc. El factor de seguridad depende del diámetro del tubo y está mostrado en la Tabla 8-3.

En general el factor seguridad no es aplicado al sistema combinado.

Tabla 8-3 Factor de Seguridad para Caudal de Diseño

Diámetro mm	Factor seguridad para caudal de diseño
200 - 600	2.0
700 - 1,500	1.5 - 2.0
1,650 - 3,000 *	1.25 - 1.5

Nota: * Exceptuando casos en los que se haya decidido el área de la sección transversal, basados en el método de excavación. (Por ejemplo: diámetro mínimo para el túnel de 1,500 mm aunque el área requerida sea menor).

Fuente: Líneas Directrices para Diseño de Instalaciones de Alcantarillado, Agencia de Obras de Alcantarillado de Japón, 1994.

d) Diámetro mínimo

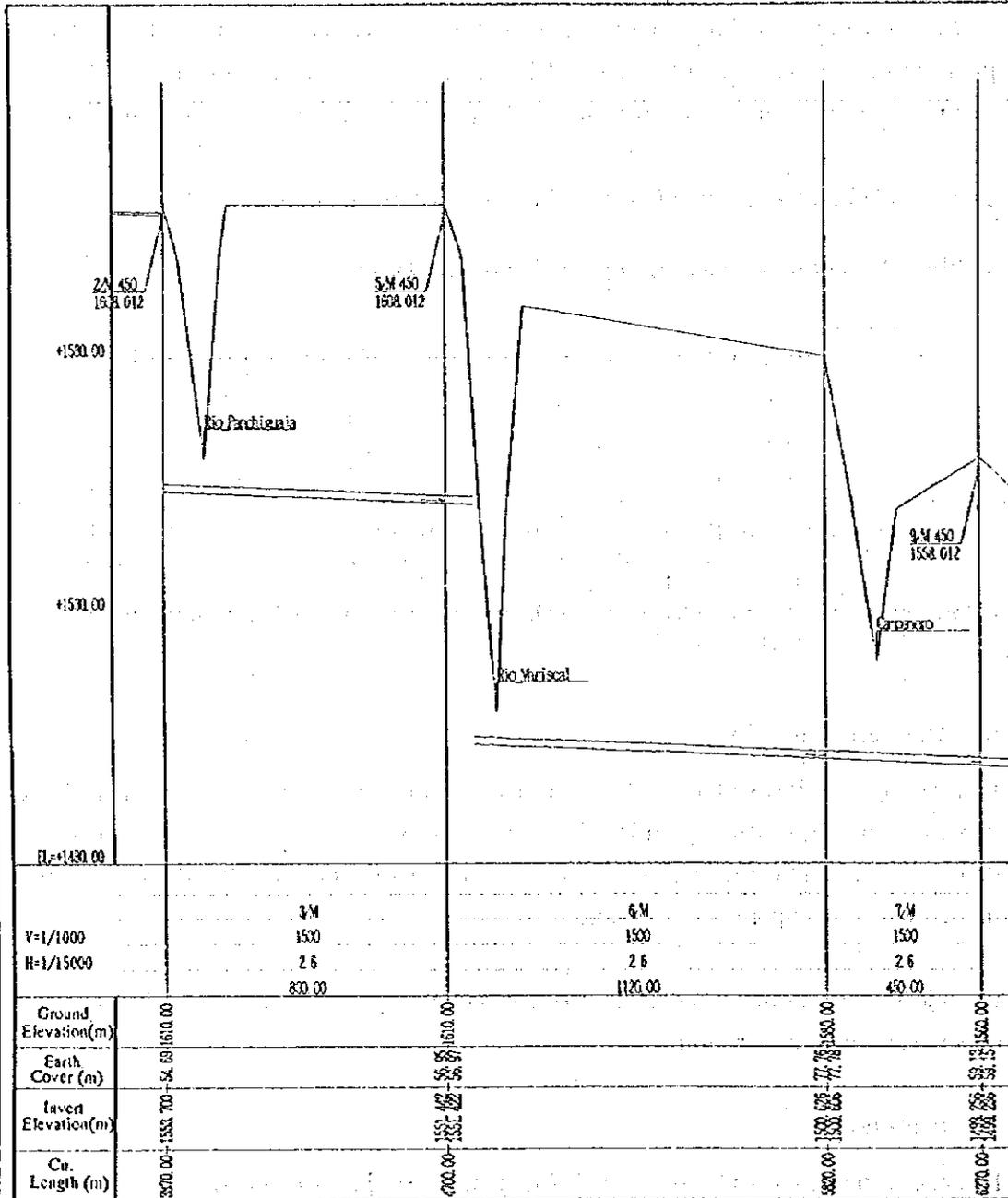
Para las alcantarillas se ha adoptado un diámetro mínimo de 200 mm, pero para los caños de conexión a las casas se podrán utilizar 150 mm. Cuando sea necesario construir túneles debido a las condiciones topográficas, el diámetro mínimo ha sido establecido en 1,500 mm en base a la experiencia anterior.

Cuando se conecte una alcantarilla pequeña a una mayor, la corona de ambas alcantarillas deberá estar a la misma altura.

e) Profundidad

Es necesario que haya una separación suficiente entre la parte superior de la alcantarilla y la superficie de la calle, para proteger a las alcantarillas de las cargas del tráfico y evitar interferencia con otros servicios subterráneos. Es necesario que haya una cubierta mínima de un metro, exceptuando situaciones específicas dónde sea posible una profundidad menor.

Fig. 8-2



REPUBLICA DE GUATEMALA
 EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA
 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA
 (EMPAGUA)

ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL
 MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL
 AREA METROPOLITANA DE GUATEMALA
 AGENCIA DE COOPERACION
 INTERNACIONAL DEL JAPON

TITULO
 ESQUEMA EXPLICATIVO DEL
 PERFIL DE LA ALCANTARILLA

f) Tipo de alcantarilla y materiales

La tubería de las alcantarillas actualmente disponible en Guatemala es limitada en tamaño y material. El colector, y las alcantarillas principales y auxiliares de 1,500 mm de diámetro están diseñadas en base a túneles con conductos de concreto reforzado.

g) Registros hombre

Los registros hombre están indicados en los planos y en los perfiles de las alcantarillas, pero deben estar ubicados en cada cambio de dirección, cambio de inclinación y cambio de tamaño de la alcantarilla, no debiendo exceder por lo general el espaciamiento máximo indicado en la Tabla 8-4.

Tabla 8-4 Espaciamiento Máximo de los Registro Shombre

Diámetro mm	Espaciamiento máximo del registro hombre (m)
300 o menos	50
600 o menos	75
1,000 o menos	100
1,500 o menos	150
1,650 o menos	200

Fuente: Grupo de Estudio

Exceptuando las alcantarillas muy superficiales, todos los registros hombre están planificados para que sean lo suficientemente grandes como para permitir la entrada y operación de equipamiento de limpieza. El tamaño interno mínimo de los registros hombre es de 150 cm, y los mismos deberán ser diseñados para alojar futuras extensiones del alcantarillado.

h) Conexión a las casas

Las casas o comunidades dentro de las áreas provistas con servicio de alcantarillado público deben ser conectadas al alcantarillado para permitir la descarga de las aguas residuales domésticas en el sistema de alcantarillado. Estas tuberías están diseñadas para tener como mínimo un diámetro de 150 mm, preferiblemente con una inclinación de más del 2%. Los materiales, las conexiones y la fabricación deben ser de tipo similar e igual a la del alcantarillado público para minimizar la infiltración y la penetración de raíces. Aunque la disposición y perfiles de estas tuberías no están preparados para propósitos de planificación maestra, la longitud promedio de la tubería para conexión con una casa deberá ser de 10 a 15 metros.

8.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

8.2.1 Condiciones de diseño

a) Caudal

El caudal planeado de las aguas residuales para cada región en el año 2015 como está definido en la Sección 7.3 es el mostrado en la Tabla 8-5.

Tabla 8-5 Caudal Planeado de las Aguas Residuales

Región	Caudal de aguas residuales m ³ /día			Caudal durante la estación de las lluvias m ³ /día
	Promedio diario	Máximo diario	Máximo horario	
Central	237,757	260,311	389,057	1,086,269
Norte 1	88,899	96,481	143,679	—
Sur 1	63,983	69,533	102,991	—
Sur 2	50,969	54,641	85,414	—
Sur 3	65,734	71,256	106,619	—
East 1	120,382	130,398	195,692	—

Fuente: Grupo de Estudio

Para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales, se han redondeado los caudales hasta los miles más próximos. Los caudales de aguas residuales usados para diseño están mostrados en la Tabla 8-6.

Tabla 8-6 Caudales de Diseño de las Plantas Para Tratamiento de Aguas Residuales

Región	Caudal de aguas residuales m ³ /día			Caudal durante la estación de las lluvias m ³ /día
	Promedio diario	Máximo diario	Máximo horario	
Central	238,000	261,000	390,000	1,087,000
Norte 1	89,000	97,000	144,000	—
Sur 1	64,000	70,000	103,000	—
Sur 2	51,000	55,000	86,000	—
Sur 3	66,000	72,000	107,000	—
East 1	121,000	131,000	196,000	—

Fuente: Grupo de Estudio

b) Calidad del agua

Como se discutió en la Sección 7.4, la calidad de las aguas residuales entrantes al WWTP es de 280 mg/l en términos de DBOs y SS.

Las razones para la selección del tratamiento de aguas residuales por medio del proceso de filtro percolador de gran volumen, están descritas en el Informe de Apoyo J. Los porcentajes de extracción y calidad del efluente mostrados en la Tabla 8-7 y Tabla 8-8, pueden ser logrados gracias a este proceso.

Tabla 8-7 Porcentajes de Extracción por Medio del Proceso de Filtro Percolador de Gran Volumen

Parámetro	Porcentaje de extracción (%)			Total General
	Tratamiento primario	Tratamiento secundario		
	PST PST	TF(I) IC+(I)	TF(II) FC+(II)	
DBOs	35	50/68	38/80	80
SS	55	56/80		80

Nota: 1. El porcentaje de extracción A/B indica el porcentaje de extracción en una instalación (A) y el porcentaje de extracción general (B) incluyendo la instalación.

2. La discusión detallada está incluida en el Informe de Apoyo J, Anexo JB.

Fuente: Grupo de Estudio

Tabla 8-8 Calidad del Agua Tratada

Parámetro	Concentración, (mg/l)		
	Influyente Influyente	Efluente	
		Primario	Secundario
DBOs	280	182	56
SS	280	126	56

Nota: La discusión detallada está incluida en el Informe de Apoyo J, Anexo JB.

Fuente: Grupo de Estudio

c) Deshechos

Se planea tratar las materias de los tanques sépticos recolectadas en las nuevas instalaciones sanitarias construidas (tanques sépticos), en cada región, en la planta respectiva para tratamiento de aguas residuales de la región, como se describe en la Sección 8.3.

La Tabla 8-9 muestra la cantidad de desechos en cada región y la planta de tratamiento de aguas residuales dónde serán tratados.

Tabla 8-9 Volumen de Desechos a ser Recolectados en Cada Región y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Donde serán Tratados

Region	Cantidad de desechos		Fango seco ton./día	Tratamiento de desechos
	Anual, m ³ /año	Diario m ³ /día		
Central	4,384	12.0	0.84	Central
Norte 1	516	1.4	0.10	Norte 1
Norte 2	6,000	16.4	1.15	Norte 1
Sur 1	100	0.3	0.02	Sur 1
Sur 2	320	0.9	0.06	Sur 2
Sur 3	144	0.4	0.03	Sur 3
Este 1	808	2.2	0.15	Este 1
Este 2	1,600	4.4	0.31	Este 1

Fuente: Grupo de Estudio

8.2.2 Proceso de tratamiento y flujo

a) Proceso de tratamiento de líquidos

Como se ha discutido en la Sección 7.6, las plantas para tratamiento de aguas residuales deben lograr la extracción eficiente a nivel de tratamiento secundario como mínimo. En vista de esto, todos los procesos secundarios de tratamiento posibles deben ser evaluados en referencia a la eficiencia y prestaciones. Aquellos que no cumplan con los requisitos necesarios han sido eliminados del estudio subsecuente. Finalmente, se seleccionaron los cuatro procesos de tratamiento posibles para un análisis detallado:

- 1) Lodo activado convencional;
- 2) Zanja de oxidación;
- 3) Laguna de aireación;
- 4) Filtro percolador de gran volumen

Los procesos de tratamiento de arriba han sido evaluados a la luz de los siguientes factores importantes:

- 1) Calidad del agua y sus variaciones;

- 2) Calidad y cantidad de; fango generado;
- 3) Costos de construcción y O/M
- 4) Requisitos de personal para O/M;
- 5) Amplitud del impacto sobre el medio ambiente circundante
- 6) Topografía, geología y clima;
- 7) Proceso de tratamiento aplicado y estado de O/m en las plantas existentes en el Area de Estudio.

A partir de los resultados de los análisis de alternativas como se discutió en el Informe de Apoyo J, Selección de Procesos de Tratamiento, se concluyó que el proceso por medio de filtros percoladores de gran volumen debe ser adoptado como sistema de tratamiento en el Area de Estudio. Las razones principales para esta selección son:

- 1) Las instalaciones para tratamiento de aguas residuales estarán ubicadas en pendientes y el proceso de filtro percolador es adecuado para utilizar la energía latente. Los requisitos de energía externa son mínimos en comparación con otros procesos alternativos.
- 2) Gracias a tal ahorro de costos de energía, O/M incluirá básicamente los costos de mano de obra que hacen que este proceso sea más económico que otros procesos. Esto es extremadamente importante en Guatemala para asegurar la viabilidad de las instalaciones.
- 3) El proceso de filtro percolador está siendo usado en las instalaciones existentes dentro del Area de Estudio y hay experiencia y conocimientos locales acumulados sobre el funcionamiento de este proceso.
- 4) Los requisitos de O/M son simplemente el cuidado diario ya que el proceso no incluye ninguna parte mecánica que requiera mantenimiento.
- 5) La generación de fango es relativamente baja.
- 6) Aunque el área de terreno necesaria para el proceso es mayor que la necesaria para el proceso de fango activado, es menor que para otros procesos.

b) Proceso de tratamiento de fango

El fango generado del proceso de tratamiento de líquidos será tratado sin necesidad de usar instalaciones mecánicas o eléctricas. Basándose en las condiciones climáticas del Area de Estudio, el proceso de tratamiento de fango más adecuado es el siguiente:

Digestión anaeróbica sin calentamiento -----> Lecho para secado de fango

Hay unas pocas instalaciones existentes que emplean el método arriba descrito.

c) Flujo del proceso de tratamiento

- Basándose en la discusión en las secciones 1) y 2) precedentes, el flujo del proceso de tratamiento será el mostrado en la Fig. 8-3. Los siguientes son los puntos principales relacionados al flujo del proceso.
- El proceso de tratamiento es por medio de filtros percoladores de gran volumen y consiste en dos etapas con un clarificador intermedio (ver Informe de Apoyo J, Anexo JB).
- El alcantarillado existente en la Región Central es combinado y un poco de agua pluvial será interceptada ingresando en la WWTP. Durante la estación de las lluvias, sólo se suministrará tratamiento primario para el flujo que exceda el caudal horario máximo, antes de que sea descargado en el agua receptora.

8.2.3 Criterio para diseño

a) Caudales de aguas residuales para diseño de las unidades procesadora

Los caudales de aguas residuales para diseño de cada unidad de tratamiento de aguas residuales están mostrados en la Tabla 8-10.

Tabla 8-10 Criterio para Diseño de las Unidades Procesadoras

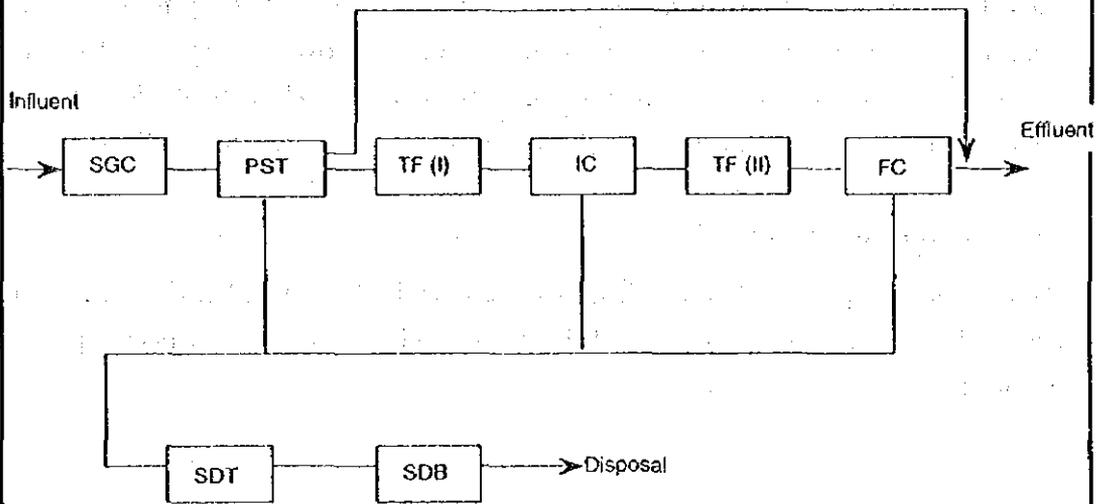
Instalación	Capacidad de tratamiento	Capacidad hidráulica
Tratamiento de líquidos	Caudal máximo diario	Caudal máximo horario
Tratamiento de fango	Cantidad planeada de fango (Basada en el caudal promedio diario de aguas residuales)	Igual que para la capacidad de tratamiento

Fuente: Grupo de Estudio

Los principios básicos para usar los caudales mostrados son los siguientes:

- El tiempo de retención hidráulica en las instalaciones para tratamiento de líquidos es generalmente corto y por eso estas unidades se sobrecargan frecuentemente si se las diseña para un caudal diario promedio

SOLO PARA LA REGION CENTRAL
Caudal con tratamiento primario para estación de las lluvias
(3 × caudal máximo horario - 1 a caudal máximo horario)



- Leyenda**
- SGC - Cámara de filtrado de tierra
 - PST - Tanque de sedimentación primaria
 - TF - Filtro percolador
 - IC - Clarificador intermedio
 - FC - Clarificador final
 - SDT - Tanque digestor de fango
 - SDB - Lecho para secado de fango

<p>REPUBLICA DE GUATEMALA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA (EMPAGUA)</p>	<p>ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL AREA METROPOLITANA DE GUATEMALA</p> <hr/> <p>AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON</p>	<p>TITULO FLUJOGRAMA ESQUEMATICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p>
--	--	--

- El caudal máximo horario ocurre durante las horas pico teniendo corta duración y no es adecuado para diseñar la capacidad de tratamiento. Sin embargo, para evitar el desborde durante las horas pico, la capacidad hidráulica de las instalaciones debe estar basada en el caudal máximo horario.
- En las instalaciones para tratamiento de fango el tiempo de retención es de varios días y por lo tanto el diseño de la instalación está basado en la cantidad de fango generada derivada del caudal promedio diario.

Para el WWTP de la Región Central, como se discutió en la sección anterior, el caudal máximo horario durante la estación de las lluvias es aproximadamente tres veces el caudal máximo horario (estación seca) que entrará en la planta de tratamiento. Todo el caudal que entra durante la estación de las lluvias en la planta de tratamiento será tratado por medio de sedimentación primaria, pero sólo el caudal máximo horario (estación seca) pasará a las instalaciones de tratamiento secundario, mientras que el caudal de exceso será directamente descargado en el cuerpo de agua receptor (refiérase a la Fig. 8-3).

b) Criterio para diseño del proceso

Para el flujo del proceso de tratamiento mostrado en la Sección 8.2.2, el criterio de diseño para cada instalación mostrado en la Tabla 8-11 está basado en la información proveniente de muchas referencias.

Tabla 8-11 Criterio Para Diseño de la Instalación de Tratamiento por Filtro Percolador

Instalación	Item	Unidad	Límites de diseño	Aplicaciones
Primaria	Caudal de desborde	m ³ /m ² /d	30-60	50
Sedimentación	Profundidad	m	-	3.0
Tanque	Tiempo de retención	hr	1.5-2.5	dentro de los límites
Filtro percolador	Carga de DBO	kg. DBO/m ³ .d	0.32-1.0	1.0
	Carga hidráulica	m/d	10-40	dentro de los límites
	Caudal de desborde	m ³ /m ² /d	20-30	25
Clarificador final	Profundidad	m	-	3.0
	Tiempo de retención	hr	3-4	dentro de los límites
Digestor de fango	Tiempo de retención	día	-	47
	Carga superficial	kg.SS/m ² .yr	100-160	160
	Espesor del fango	m	0.2-0.3	0.3
	Concentración del fango			
Lecho secador de fango	- Sin tratar	%		6
	- Digerido	%	8-12	10
	- Seco	%		40
	Contenido orgánico del fango	%		65
	Sólidos volátiles	%	50-55	50
	Porcentaje de extracción			

Fuente: Normas de Diseño de Plantas de Tratamiento de aguas residuales. Ingeniería de aguas residuales (Tercera Edición, Metcalf & Eddy 1991). Directrices para Diseño de Sistemas de Alcantarillado (Asociación de Obras de Alcantarillado del Japón, 1994).

8.3 SISTEMA DE SANEAMIENTO

8.3.1 Condiciones de diseño

a) Cantidad de aguas residuales

En el año 2015 el volumen unitario de generación de aguas residuales de diseño es asumido en 165 lpcd, basándose en el consumo unitario de agua actual de 150 lpcd, usado para una colonia equipada con instalaciones sanitarias.

La variación del caudal diario ha sido asumida como se indica a continuación:
= 1.00 : 1.10 : 3.00

b) Calidad de las aguas residuales influentes

Basándose en los resultados del estudio de la calidad del agua en las colonias existentes, se asumió que la calidad de las aguas residuales que entran en la planta de tratamiento en términos de DBO es de 330 mg/l.

8.3.2 Proceso de tratamiento y eliminación de fango

a) Opciones técnicas para instalaciones de saneamiento

Los sistemas de comunidades pequeñas enfrentan una variedad de problemas que hacen que la construcción y operación de instalaciones de aguas residuales manejadas por toda la comunidad sean un proyecto difícil de implementar. Algunos de los problemas relacionados son: severos requisitos de descarga, alto costo per cápita, presupuestos de finanzas, operación y mantenimiento limitados. Así las soluciones efectivas con bajo mantenimiento deben ser desarrolladas para suministrar tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades. En este estudio, se evaluaron diferentes alternativas para instalaciones de saneamiento y el criterio principal de selección es identificar una alternativa de bajo costo que también requiera operación y mantenimiento mínimas. Las diferentes alternativas para el sistema sanitario están descritas a continuación.

- 1) **Tanque séptico:** El tanque séptico es un tanque prefabricado que sirve como tanque de sedimentación y de espumado, y como un digestor anaeróbico sin mezcla y sin calentamiento. El tanque séptico es usado para tratamiento parcial de aguas residuales, siendo posible obtener con el mismo una eficiencia de extracción de 55% de DBO y 70% de SS. El tanque séptico sin otro dispositivo no es recomendado como sistema de tratamiento sanitario debido a que el efluente contiene grandes cantidades de DBO y puede contaminar en gran medida los cuerpos de agua.
- 2) **Tanque séptico con pozo de absorción de tierra:** Este es el sistema más común que consiste de un tanque séptico para tratamiento parcial, y un pozo de absorción de tierra para tratamiento final. Con el tanque séptico solamente sólo es posible lograr una eficiencia de extracción de DBO del 55% y el DBO restante es extraído por medio de la absorción en la tierra bajo la superficie.

En caso de condiciones problemáticas de la tierra tales como gran permeabilidad y área sensible con agua subterránea, es necesario considerar otras alternativas para instalaciones de tratamiento en el sitio.

- 3) Tanque séptico con filtro de arena: En caso de problemas con la condición de la tierra o debido a limitación en el área disponible, el tanque séptico con un filtro de arena intermitente puede ser la opción apropiada. El tratamiento en el filtro es realizado por medio de acciones físicas, químicas y biológicas. El DBO del efluente puede ser de sólo 10 mg/l y puede ser descargado en aguas superficiales. Sin embargo, para mantener un alto nivel de prestaciones, es necesario mantener un ambiente aeróbico en el filtro, o en otras palabras, es necesaria la ventilación adecuada de los drenajes inferiores. Este sistema requiere una operación y mantenimiento correctos para que funcione eficientemente.
- 4) Tanque séptico con filtración anaeróbica ascendente: En este sistema las aguas residuales parcialmente tratadas provenientes del tanque séptico pasan a través de un filtro que consiste de trozos de piedra de 19-25 mm de tamaño, en forma ascendente. El tratamiento se realiza fundamentalmente por medio de la acción biológica en una atmósfera anaeróbica. La eficacia de extracción de DBO de este sistema varía entre el 70 y 80%. La frecuencia de limpieza de los filtros ascendentes es de una vez cada 1 o 2 años, cuando se utiliza grano grueso. Por ello este sistema requiere poca operación y mantenimiento.
- 5) Johkasou: El sistema de tratamiento Johkasou es un proceso desarrollado en Japón y literalmente significa "Tanque Purificador". Este sistema está compuesto por un tanque compacto y el diseño del mismo depende de los procesos usados, de los procesos de filtro anaeróbico, aireación y separación, etc. Este sistema ha sido usado individualmente así como también para comunidades pequeñas. La eficacia de extracción de DBO depende del tipo de proceso usado, pero en general se ha obtenido una eficacia de extracción de DBO de aproximadamente 90%.

Sin embargo, el sistema Johkasou no sólo requiere operadores hábiles sino también exige ciertas obligaciones por parte del usuario. El usuario debe usar el sistema Johkasou correctamente, teniendo que mantenerlo y limpiarlo como parte de las obligaciones reglamentarias. Si el sistema no es correctamente manejado, el fango acumulado puede exceder la capacidad de almacenamiento, resultando en una contaminación del efluente.

b) Experiencias en Guatemala con el sistema de tratamiento de sanitario

El tanque séptico con el pozo de absorción con tierra es principalmente usado como sistema de tratamiento sanitario. Exceptuando unos pocos casos, el sistema funciona bien en general. El problema principal encontrado fue la obstrucción del pozo de absorción por

tierra como se describió en la sección anterior. Otro problema observado fue la falta de disponibilidad en algunas zonas del estrato de tierra apropiado. Como resultado aumenta la profundidad de la excavación resultando en un costo de construcción más alto.

c) Sistema de tratamiento de saneamiento propuesto

Se propone como sistema de tratamiento sanitario el tanque séptico seguido por un pozo de absorción en tierra. Se recomiendan dos pozos de absorción para cada tanque séptico para poder utilizarlos alternadamente, dejando que el área de absorción descanse. Durante el período de descanso las materias orgánicas que se han acumulado, se secan y las grietas exponen la superficie del suelo resultando en la restauración casi total de la capacidad original de filtración.

En caso de que no haya un estrato de tierra apropiado, se recomienda utilizar un tanque séptico con filtración anaeróbica ascendente, la cual también requiere poca operación y mantenimiento.

En general, la capa de agua subterránea en el área de estudio está a una profundidad de 30 m, por ello el riesgo de contaminar el agua con el efluente del tanque séptico por medio de la absorción en la tierra pozo, filtro anaeróbico ascendente, es muy baja. Sin embargo la distancia horizontal al pozo de agua subterránea también debe ser estudiada para encontrar la ubicación del tanque séptico.

Para el sistema de tratamiento de saneamiento, se recomienda un tanque séptico seguido de un pozo de absorción en tierra/ filtro ascendente anaeróbico/ El sistema de alcantarillado colector por gravedad es propuesto para coleccionar y transportar las aguas residuales en la colonia/asentamiento al sistema de tratamiento de saneamiento.

d) Desenlodado y tratamiento

El tanque séptico debe ser desenlodado una vez por año utilizando camiones cisternas succionadores. Se propone el tratamiento de desechos desenlodados en la instalación de tratamiento de fango de la planta para tratamiento de aguas residuales, a ser construida en la región. Se propone tratar los desechos provenientes de la región Norte 2 y Este 2 en la instalación de tratamiento de fango de la planta de tratamiento de aguas residuales de la región Norte 1 y Este 1 respectivamente.

8.3.3 Criterio de diseño del proceso

En Guatemala no existe un criterio de diseño estándar para el tanque séptico/filtro ascendente. El criterio de diseño adoptado aquí para el sistema de tratamiento de saneamiento, también a sido recomendado por JICA en los países asiáticos. Las referencias están listadas a continuación:

- John M. Kalbermatten, De Anne S. Julius, D. Duncan Mara y Charles G. Gunnerson; *Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation : A Planner's Guide*, World Bank 1980.
- Duncan Mara; *Sewage Treatment in Hot Climates* (1976)
- Metcalf & Eddy; *Wastewater Engineering; Treatment, Diposal and Reuse* (1991)
- Vigneswaran et. al.; *Anaerobic Wastewater treatment-Attached growth and sludge Blanket Process*, ENSIC, AIT (1986)
- Askinin W.B.; *Design Criteria Development of RBC and Anaerobic Filter system for Sewage Treatment*, AIT (1983)

a) Tanque séptico

La relación de longitud y ancho debe ser de 2-3:1. El ancho mínimo debe ser de 0.75 m.

Las profundidades de diseño mínima y máxima permisible para los líquidos son de 1 y 2 m. respectivamente. El espacio sobre el nivel del líquido deberá ser de 0.2 a 0.4 m.

Se adoptará un tanque séptico con dos compartimientos, con una porción inicial que cubra 2/3 de la longitud y una porción final de 1/3 de longitud.

Se estableció un período de retención de 3 días al principio. El volumen de fango que se acumula en el tanque fue asumido en 40 lit./cápita/año. La frecuencia de desenlodado es también la frecuencia de limpieza del filtro ascendente y se considera como siendo una vez por año. Se considera que la máxima acumulación de fango es 1/3 del volumen del tanque séptico y el máximo permitido entre dos operaciones de desenlodado consecutivas.

b) Filtro anaeróbico ascendente

El material adoptado es generalmente trozos de piedra de 19 a 25 mm de tamaño con un porcentaje de vacío de 0.45. En la mayoría de los casos la altura máxima adoptada está entre 0.9 a 1.5 m.

Para un filtro de piedra con trozos de 20 a 25 mm para tratar las aguas residuales domésticas, se recomienda la siguiente carga hidráulica y tiempo de retención hidráulica para obtener una extracción de DBO del 70 al 80%:

Carga hidráulica máxima : $3.4 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}^2$

Tiempo de retención hidráulica : 6 a 9 hr.

CAPITULO 9

SISTEMA DE ALCANTARILLADO PROPUESTO

1941

1941

1941



9 SISTEMA DE ALCANTARILLADO PROPUESTO

9.1 SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS RESIDUALES

9.1.1 Colectores principales

Los interceptores y colectores principales recibirán las aguas residuales industriales y domésticas a través alcantarillas reticuladas independientes o combinadas. Las alcantarillas transportarán las aguas residuales a las plantas de tratamiento de aguas residuales a través de gravedad. Los colectores principales y los interceptores a ser construidos bajo el Plan Maestro tienen diámetros de 200 a 3,000 mm con una longitud total estimada de 169,200 metros, cubriendo cada distrito de servicio de tratamiento de aguas servidas en seis regiones, que son: Central, Norte 1, Sur 1, Sur 2, Sur 3 y Este 1.

El mejor plan de disposición del sistema de alcantarillado para el Area de Estudio está mostrado en la Fig. 9-1. La topografía del área es tal que los interceptores y colectores deben seguir el patrón de la cuenca principal de drenaje. El hacer lo contrario requeriría excavaciones extremadamente profundas, conectores auxiliares, ramales y otras alcantarillas. El sistema colector principal recomendado está basado en la construcción de túneles y conductos abiertos. Las aguas residuales convergen por gravedad hasta el punto de descarga. Los perfiles de los interceptores y del conector principal fueron cuidadosamente determinados de tal manera que no serán necesarias estaciones de bombeo para elevación.

Para la fácil identificación, la disposición de cada colector principal está indicada en la Fig. 9-1 y está resumida abajo con una breve descripción del tamaño y de la longitud.

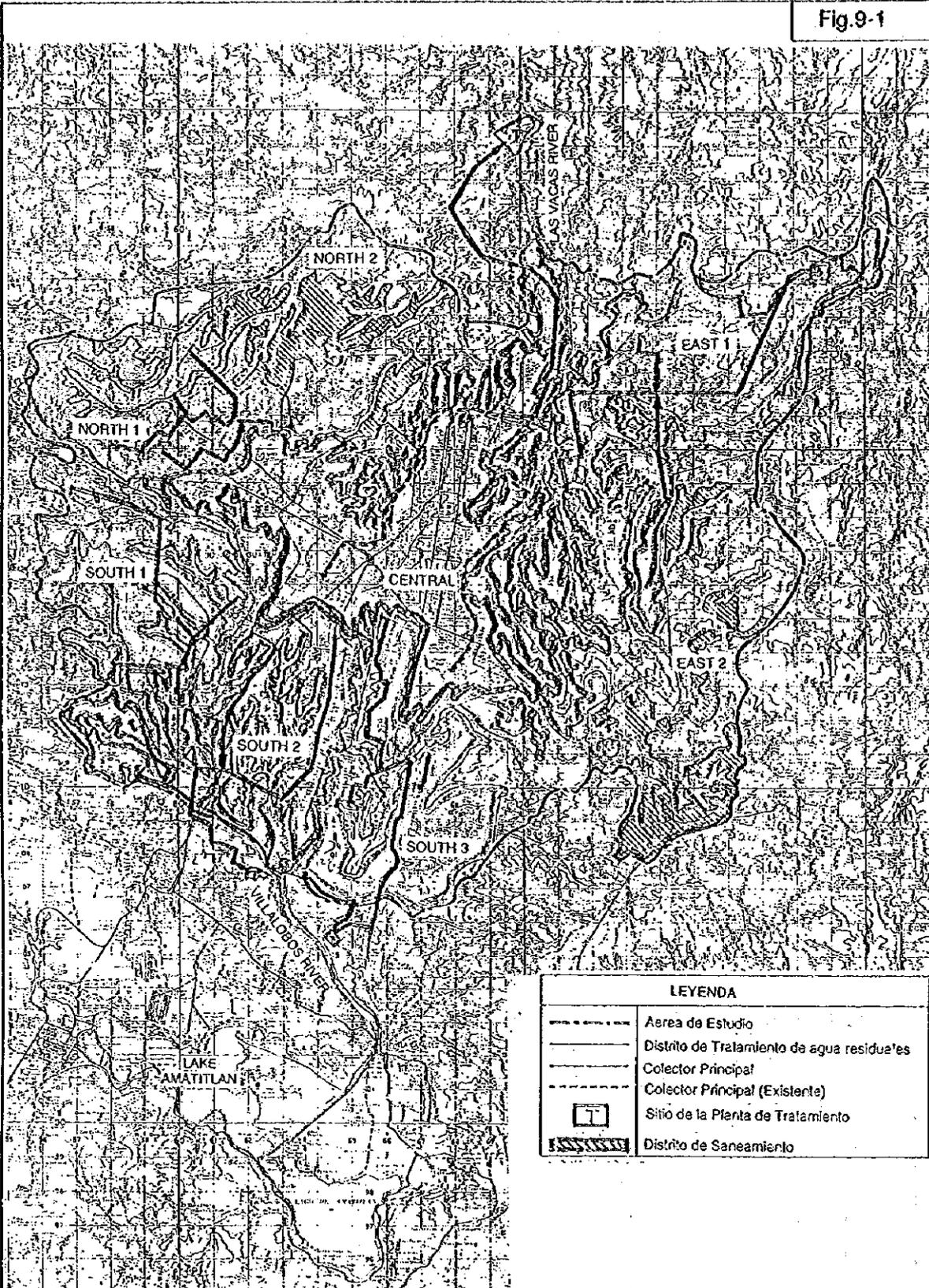
Tabla 9-1 Resumen de las Alcantarillas Colectoras Propuestas para Cada Distrito de Tratamiento de Aguas Residuales

Región	Caudal de Diseño Unitario (m ³ /seg./ha)	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Central	0.000684 * 0.000848	3,000	10,060
Norte 1	0.000759	250 - 1,500	23,940
Sur 1	0.000727	250 - 1,500	27,760
Sur 2	0.000445	250 - 1,500	39,840
Sur 3	0.000523	200 - 1,500	35,930
Este 1	0.000497	250 - 1,500	31,670

Nota: * indica el caudal de la cuenca receptora del alcantarillado combinado. Todos los otros son independientes.

Fuente: Grupo de Estudio

Fig.9-1



REPUBLICA DE GUATEMALA
 EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA
 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA
 (EMPAGUA)

ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL
 MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL
 AREA METROPOLITANA DE GUATEMALA

AGENCIA DE COOPERACION
 INTERNACIONAL DEL JAPON

TITULO

DISPOSICION FINAL DEL
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO
 EN EL AREA DE ESTUDIO

La disposición de los colectores principales está ilustrada en el Informe L de Apoyo con las computaciones hidráulicas correspondientes. El caudal unitario de diseño, el tamaño y la longitud de los colectores principales que sirven a cada distrito de servicio de tratamiento de aguas residuales en seis reiones están mostrados en la Tabla 9-1.

El desglose de las alcantarillas componentes de los colectores principales dividido por distrito de tratamiento de aguas residuales está mostrado en la Tabla 9-2:

Tabla 9-2 Tamaño y Longitud de los Colectores para los Distritos de Tratamiento de Aguas Residuales

Tamaño de la Alcantarilla (mm)	Longitud del Colector Principal (m)					
	Central	Norte 1	Sur 1	Sur 2	Sur 3	Este 1
200	-	-	-	-	1,350	-
250	-	560	1,770	6,900	-	2,430
300	-	1,060	6,780	5,060	6,230	1,540
350	-	-	2,400	6,750	7,250	4,450
400	-	1,050	-	1,050	4,790	-
450	-	260	6,060	1,670	-	1,560
500	-	4,030	1,400	4,540	2,090	1,400
600	-	2,190	-	-	4,650	1,440
700	-	930	-	-	1,580	-
800	-	1,970	-	-	-	-
1,500	-	11,890	9,350	13,870	7,990	18,850
3,000	10,060	-	-	-	-	-
Total	10,060	23,940	27,760	39,840	35,930	31,670

Fuente: Grupo de Estudio

9.1.2 Alcantarillados auxiliares, principales, ramales y laterales

El sistema de alcantarillado propuesto incluye la provisión de nuevas reticulaciones de alcantarillas consistentes de i) auxiliares-principales, ii) ramales, y iii) laterales, para áreas en las cuales no se han suministrado aun reticulaciones de alcantarillado. Las aguas residuales provenientes de las casas, industrias, sector comercial, etc., y recolectadas a través de las conexiones con las casas, fluyen por gravedad hacia los alcantarillados ramales y laterales, y son conducidas a los alcantarillados auxiliares y principales. Aunque los perfiles de estas alcantarillas más pequeñas no han sido preparados para el propósito de la planificación maestra (exceptuando algunas de las alcantarillas de ramales principales que influyen en la determinación de las elevaciones invertidas en las alcantarillas auxiliares y principales), los perfiles han sido examinados para verificar si las alcantarillas principales y auxiliares pueden recibir aguas residuales provenientes de los lugares más remotos de la cuenca.

9.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

9.2.1 Condiciones básicas para diseño de las plantas de tratamiento de aguas residuales (WWTP)

El siguiente es un resumen de las condiciones de diseño de las instalaciones para WWTP, que fueron discutidas en las secciones anteriores.

a) Concepto básico

En este estudio, es necesario considerar lo siguiente para el diseño de las WWTP:

- Considerando el estado financiero actual de EMPAGUA, el punto más importante es reducir el costo de operación de las WWTP.
- Como el sitio de las WWTP es una pendiente complicada, es inevitable el uso de grandes cortes y de relleno durante la construcción. Sin embargo, las aguas residuales influentes son recibidas a un nivel más alto en comparación con el agua receptora, poseyendo una gran energía potencial.

Basándose en lo de arriba, los conceptos básicos para el diseño de las plantas de tratamiento son los siguientes:

- Todas las corrientes deben ser por gravedad
- No se requiere el uso de energía mecánica o eléctrica

b) Caudales de diseño para las plantas de tratamiento de aguas residuales

Tabla 9-3 Caudales de Diseño Para las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

Región	Caudales de Aguas Residuales (m ³ /día)			Caudal en Estación de las Lluvias (m ³ /día)
	Máximo Diario	Máximo Diario	Máximo Horario	
Central	238,000	261,000	390,000	1,087,000
Norte 1	89,000	97,000	144,000	—
Sur 1	64,000	70,000	103,000	—
Sur 2	51,000	55,000	86,000	—
Sur 3	66,000	72,000	107,000	—
Este 1	121,000	131,000	196,000	—

Fuente : Grupo de Estudio

c) Calidad del agua

Tabla 9-4 Calidad del Agua Tratada

Parámetro	Concentración (mg/l)		
	Influente	Efluente	
		Primario	Secundario
DBOs	280	182	56
SS	280	126	56

Nota: La discusión detallada está incluida en el Informe J de Apoyo, Anexo JB.
Fuente: Grupo de estudio

d) Flujo del proceso de tratamiento

El flujo del proceso de tratamiento de aguas residuales es como se muestra en la Fig. 9-2.

e) Caudales de aguas residuales para diseño

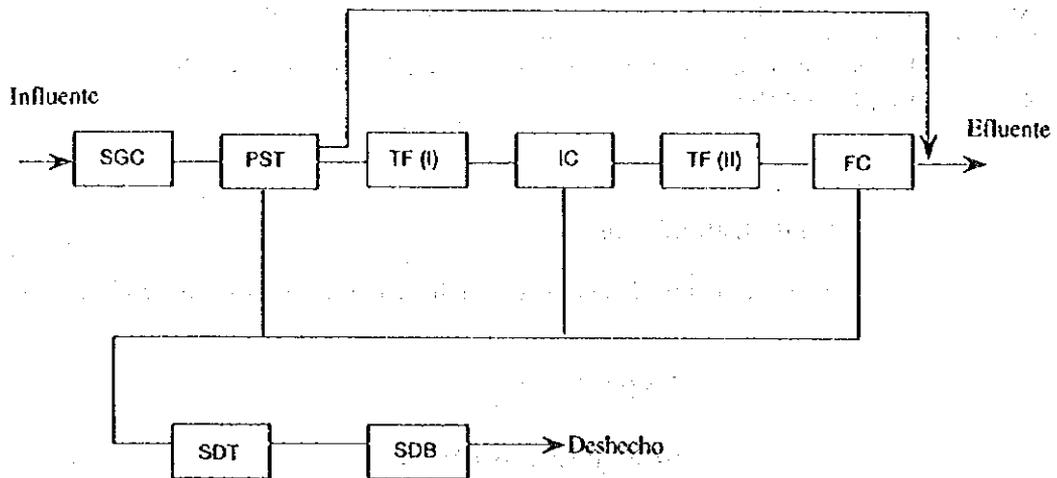
Tabla 9-5 Caudales de Aguas Residuales Para Diseño

Instalación	Capacidad de Tratamiento	Capacidad Hidráulica
Tratamiento Líquido	Caudal Máximo Diario	Caudal Máximo Horario
Tratamiento de Fango	Cantidad Planeada de Fango (Basada en el Caudal Promedio Diario)	Lo Mismo que Para la Capacidad de Tratamiento

Fuente : Grupo de Estudio

Fig. 9.2

SOLO PARA LA REGION CENTRI
 Caudal tratado primariamente en la estación de las lluvias
 (3 X Caudal Máximo Horario - 1 X Caudal Máximo Horario)



- Leyenda**
- SGC - Cámara con rejilla para desechos
 - PST - Tanque de sedimentación primaria
 - TF - Filtro percolador
 - IC - Clarificador intermedio
 - FC - Clarificador final
 - SDT - Tanque digestor de fango
 - SDB - Lecho para secado de fango

REPUBLICA DE GUATEMALA GUATEMALA MUNICIPAL WATER SUPPLY CORPORATION	ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL AREA METROPOLITANA DE GUATEMALA	TITULO DIAGRAMA DE FLUJO ESQUEMATICO PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON	

9.2.2 Resumen de las instalaciones propuestas

a) Diseño de la instalación

1) Número de trenes de tratamiento

Es necesario considerar lo siguiente para determinar el número de trenes.

- Cantidad de agua residuales para cada etapa de construcción hasta la última etapa.
- Límites de la capacidad de cada tanque del proceso unitario (por ejemplo, estructura, forma, dimensiones, etc.).

Lo anterior varía dependiendo de la planta de tratamiento y en caso de la capacidad de tratamiento encontrada en este estudio, la capacidad de un sólo tren estará en el orden de varios miles de metros cúbicos por día. Por lo tanto, considerando lo anterior y basándose en la experiencia, la capacidad de un sólo tren deberá ser de aproximadamente 10,000 m³/día.

2) Forma de cada instalación de tratamiento

Básicamente todas las instalaciones de tratamiento son estructuras de concreto reforzado y la forma es circular o rectangular dependiendo de la función de cada instalación.

3) Edificios, etc.

Los edificios de administración, almacenes, edificios para trabajadores (para lavarse, espera, etc.), son necesarios.

4) Laboratorio de calidad del agua

La comprobación de la calidad del agua es muy importante para la operación y mantenimiento de WWTP. Sin embargo, se propone que la comprobación de la calidad del agua sea efectuada en el laboratorio existente (perteneciente a EMPAGUA). El Laboratorio de Calidad del Agua no deberá ser construido dentro de la WWTP debido a los siguientes motivos:

- La disponibilidad de personal especializado para comprobación de la calidad del agua es limitada y es difícil que el personal permanezca en la WWTP.
- La procuración y mantenimiento del equipamiento para comprobación de la calidad del agua sólo para la WWTP es costoso.
- Hasta ahora no hay experiencia. Para facilitar la O/M al principio, sólo es necesario el número mínimo de parámetros para que la O/M sea efectuada al principio. La comprobación puede ser efectuada en el laboratorio existente de EMPAGUA.
- Los parámetros a ser comprobados de la calidad del agua son DBO, DQO, SS y pH.

- Los sólidos sedimentables que es uno de los parámetros de los estándares existentes para efluentes pueden ser efectuados fuera de la WWTP sin dificultad.

b) Resumen de las instalaciones propuestas

El diseño de las instalaciones WWTP para cada región fue efectuado para las condiciones básicas mostradas en la Sección 9.2.1 y 9.2.2 a). Los detalles del diseño pueden ser encontrados en el Informe M de Apoyo. El resumen del número y tamaño de las instalaciones está mostrado en la Tabla 9-6.

9.2.3 Disposición y reutilización

a) Disposición y reutilización del fango

El fango producido por el proceso de tratamiento de aguas residuales es manejado de la misma manera que los materiales sólidos de deshecho. Para ello, el fango seco será transportado hasta los sitios designados para acumulación de desechos sólidos consultando con las agencias responsables por el manejo de desechos sólidos. Los desechos provenientes de la separación y otros producidos por las instalaciones de la planta de tratamiento deben ser manejados de la misma manera que el fango seco.

Muchas agencias han estado utilizando desde hace mucho tiempo el fango de las aguas residuales para compuestos fertilizantes, para sobreponerse a la falta de tierra disponible para relleno y tales productos son ampliamente aceptados por los usuarios como fertilizantes orgánicos de buena calidad.

b) Reutilización de efluentes

Otra posibilidad para reutilización es el caso del efluente tratado. En las áreas urbanas el efluente puede ser usado para diferentes propósitos excepto agua potable, y en áreas agrícolas el efluente es ampliamente usado como fuente de irrigación. En la práctica, para implementar la reutilización del efluente es necesario resolver varios problemas similares a los de la reutilización del fango.

Table 9-6 Perfil de las Instalaciones de Tratamiento

Instalación	Central		Norte 1		Sur 1		Sur 2		Sur 3		Este 1	
	Dimensiones	No.	Dimensiones	No.	Dimensiones	No.	Dimensiones	No.	Dimensiones	No.	Dimensiones	No.
Tanque de sedimentación primaria	φ 13.00m X h 11.89m	40	φ 12.50m X h 11.46m	16	φ 13.50m X h 12.33m	10	φ 13.50m X h 12.33m	8	φ 12.50m X h 11.46m	12	φ 13.00m X h 11.89m	20
Filtro percolador (Primer paso)	φ 39.00m X h 2.00m	40	φ 38.00m X h 2.00m	16	φ 41.00m X h 2.00m	10	φ 40.00m X h 2.00m	8	φ 38.00m X h 2.00m	12	φ 39.00m X h 2.00m	20
Clarificador intermedio	φ 13.00m X h 11.89m	40	φ 12.50m X h 11.46m	16	φ 13.50m X h 12.33m	10	φ 13.50m X h 12.33m	8	φ 12.50m X h 11.46m	12	φ 13.00m X h 11.89m	20
Filtro percolador (Segundo paso)	φ 39.00m X h 2.00m	20	φ 38.00m X h 2.00m	8	φ 41.00m X h 2.00m	5	φ 40.00m X h 2.00m	4	φ 38.00m X h 2.00m	6	φ 39.00m X h 2.00m	10
Clarificador final	φ 18.00m X h 16.22m	40	φ 17.50m X h 15.79m	16	φ 18.50m X h 16.66m	10	φ 18.50m X h 16.66m	8	φ 17.50m X h 15.79m	12	φ 18.00m X h 16.22m	20
Tanque digestor de fango	φ 17.50m X h 9.75m	40	φ 17.50m X h 9.75m	16	φ 18.00m X h 10.00m	10	φ 18.00m X h 10.00m	8	φ 17.00m X h 9.50m	12	φ 18.00m X h 10.00m	20
Lecho para secado de fango	W 40.00m X L 100.00m	20	W 40.00m X L 100.00m	8	W 40.00m X L 110.00m	5	W 40.00m X L 110.00m	4	W 40.00m X L 95.00m	6	W 40.00m X L 105.00m	10
Caudal de diseño Promedio diario	m ³ /día	238,000		89,000		64,000		51,000		66,000		121,000
Máximo diario	m ³ /día	261,000		97,000		70,000		55,000		72,000		131,000
Horario máximo	m ³ /día	390,000		144,000		103,000		86,000		107,000		196,000
Horario máximo estación de las lluvias	m ³ /día	1,087,000		-		-		-		-		-
Generación de fango	t/día	90.0		49.8		24.3		19.3		25.0		45.8

Fuente: Grupo de Estudio

Como el proceso de tratamiento de aguas residuales utiliza microorganismos, el proceso puede ser considerado como un proceso natural y ecológico. Por lo tanto es necesario alentar la filosofía para reutilización de aguas residuales y de fango, que constituyen un reciclaje natural.

c) Filosofía para disposición y reutilización

Como la magnitud de este proyecto es grande y es la primera vez que la construcción de este tipo de instalaciones va a ser efectuada en Guatemala, la reutilización del efluente y del barro de las aguas residuales no fue considerado en el programa inicial. El efluente tratado de las aguas residuales será descargado directamente en los cursos de agua públicos y el fango será utilizado para el relleno de tierra. En una etapa futura, este asunto puede ser reevaluado. La Tabla 9-7 muestra un resumen de los asuntos incluidos cuando se considere la reutilización del efluente y del fango:

Tabla 9-7 Consideración Sobre la Reutilización de las Aguas Residuales y Fango Tratados

Item	Aguas Residuales Tratadas	Fango (Seco)
Uso	Irrigación	Fertilizante
Cantidad	Como son producidas constantemente durante todo el año, es difícil regular la cantidad producida para adecuarse a la demanda variada de los usuarios.	Como se produce constantemente durante los años, es necesario una instalación de almacenamiento de fango para adecuarse a la demanda variada de los usuarios.
Calidad	Como el efluente proviene del tratamiento primario o secundario sin cloro, es necesario considerar la garantía de calidad y la responsabilidad legal desde el punto de vista de las consecuencias de la reutilización.	Como las aguas residuales industriales pueden contener metales pesados peligrosos, es necesario examinar la necesidad de garantía de calidad y la responsabilidad legal del uso del fango.
Transporte, Suministro y Comercialización	Es necesario utilizar energía para bombear el efluente transportado, exceptuando el uso de gravedad en áreas corriente abajo de la planta de tratamiento.	Habrà costo de transporte. Para promoción y comercialización de los productos es necesario establecer nuevas rutas de distribución.

Fuente : Grupo de Estudio

9.3 ESTIMATIVA DE COSTO

9.3.1 Bases de la estimativa de costo

Abajo se describen los componentes principales incluidos en la estimativa preliminar de costo y el método usado. El costo de la inversión total está compuesto del costo directo de construcción, costo de adquisición de terreno, gastos de ingeniería, gastos de administración y para contingencias. Sólo el costo de ingeniería fue considerado como elemento en moneda extranjera, los otros ítemes fueron considerados en moneda local.

a) Costo directo de construcción

El costo directo de construcción del sistema de alcantarillado fue estimado en base al costo del diseño preliminar del Plan Maestro y a los costos unitarios de construcción provenientes del estudio realizado en Guatemala desde abril a julio de 1995. Los costos unitarios de construcción del alcantarillado fueron estimados en base a los datos de costos reales obtenidos por EMPAGUA, y los mismos están indicados en la Tabla O3-1, en el Informe O de Apoyo. Los otros costos unitarios de construcción y materiales están descritos en la Tabla O3-2. Estos costos fueron investigados por el Grupo de Estudio de JICA en Guatemala, en junio de 1995.

Los costos directos de construcción fueron estimados como los costos totales incluyendo materiales, mano de obra (incluyendo algunos beneficios), pero excluyendo el impuesto al valor agregado (IVA).

b) Costo de adquisición del terreno

El área de terreno requerida para las plantas de tratamiento de aguas residuales en cada región, está mostrada en la Tabla 9-8. El costo del terreno para la instalación de la tubería del alcantarillado no fue considerado ya que la tubería será instalada básicamente debajo de las calles existentes y debajo de colinas y montañas en terreno reservado del gobierno.

Tabla 9-8 Area de Terreno Requerida Para las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

Región	Area Necesaria (ha)
Central	67.0
Norte 1	27.7
Norte 2	0.0
Sur 1	19.1
Sur 2	15.6
Sur 3	20.7
Este 1	34.9
Este 2	0.0
Total	185.0

Fuente : Grupo de Estudio

c) Costo de Ingeniería

El costo de ingeniería es para diseño y supervisión de la obra de construcción por parte de consultores. Se lo ha asumido como siendo el seis (6) por ciento del costo directo de construcción.

d) Costo de administración

El costo de administración es el costo de administración de trabajos requerido por este proyecto. Se lo ha asumido como siendo tres (3) por ciento del costo directo de construcción.

e) Contingencias

La contingencia a sido estimada en diez (10) por ciento del costo directo de construcción.

9.3.2 Costo de inversión

La inversión necesaria para construir los colectores y la planta de tratamiento de aguas residuales en cada Región, está resumida en la Tabla 9-9. En las Tablas O1-6 a O1-9 del Informe O de Apoyo se ha desglosado aun más el costo directo de construcción y el de adquisición de terreno.

Tabla 9-9 Resumen del Costo Total de la Inversión

[Unidad: Millón de Quetzales]

Región	Directo de Construcción	Adquisición de Terreno	Costo de Ingeniería	Costo de Administración	Contingencias	Total
Central	368.7	26.8	22.1	11.1	36.9	465.5
Norte 1	265.9	9.7	16.0	8.0	26.6	326.2
Norte 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sur 1	171.5	11.5	10.3	5.1	17.2	215.6
Sur 2	143.0	9.4	8.6	4.3	14.3	179.5
Sur 3	254.1	12.4	15.2	7.6	25.4	314.8
Este 1	317.0	20.9	19.0	9.5	31.7	398.2
Este 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	1,520.2	90.7	91.2	45.6	152.0	1,899.7

- Nota : 1. Costo de ingeniería = (costo directo de construcción)×0.06
 2. Costo de administración = (costo directo de construcción)×0.03
 3. Contingencias = (costo directo de construcción)×0.01
 4. Costo : en septiembre de 1995

Fuente : Grupo de Estudio

9.3.3 Costo de operación y mantenimiento

El costo anual de operación y mantenimiento (O/M) de un sistema de alcantarillado consiste en los costos para las plantas de tratamiento de aguas residuales y las tuberías del alcantarillado. El costo O/M de las plantas de tratamiento de aguas residuales está compuesto de los gastos de personal, costos de disposición/transporte del fango generado y las reparaciones. Los costos para las tuberías del alcantarillado están compuestos de los gastos de personal y los costos de reparación.

Las condiciones asumidas para la estimativa de costos O/M están descritas abajo.

a) Personal necesario

Planta de tratamiento de aguas residuales: El número necesario de personal para las tareas de operación rutinaria fue estimado en dos (2) personas por tren. El personal requerido para el trabajo de análisis de laboratorio no ha sido incluido.

Tuberías del alcantarillado: Las obras principales incluyen la limpieza e inspección de las alcantarillas. El número de empleados necesarios para la limpieza fue estimado en 15 días hombre por kilómetro de alcantarilla y para inspección 3 días hombre por kilómetro.

b) Costo de la disposición/transporte de fango generado en las plantas de tratamiento de aguas residuales

El contenido de agua del fango fue estimado como siendo 60% después de su extracción de los lechos para secado de fango. El fango seco será transportado a otro sitio para su disposición final.

c) Obras de reparación

El costo anual requerido para la reparación fue asumido como siendo el 0.5% del costo directo de construcción. Esto es suficiente ya que el sistema incluirá estructuras de concreto con tanques de sedimentación, filtros percoladores, tanques digestores y lechos de secado de fango.

La Tabla 9-10 muestra un resumen de los costos anuales de O/M necesarios a los precios de 1995 para la capacidad operativa total, y las Tablas de O1-10 a O1-3 en el Informe O de Apoyo muestran un desglose mayor.

Tabla 9-10 Resumen de Costos de O/M Para el Sistema de Alcantarillado

[Unidad: Miles de Quetzales/año]

Item	Central	Norte 1	Sur 1	Sur 2	Sur 3	Este 1
1. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales						
- Costos de Personal	1,200	480	300	240	360	600
- Costos de Transporte de Fango	1,077	401	291	231	299	549
- Costos de Reparación (0.5% del C/C)	1,161	469	296	237	353	584
Subtotal	3,438	1,350	887	708	1,012	1,733
2. Tuberías del Alcantarillado						
- Costos de Personal	2,404	845	648	880	928	1,417
- Costos de Reparación (0.5% del C/C)	682	862	562	477	917	1,001
Subtotal	3,086	1,707	1,210	1,357	1,845	2,418
Costo O/M Total	6,524	3,057	2,097	2,065	2,857	4,151

Nota : Costo : en septiembre de 1995

Fuente : Grupo de Estudio

9.4 LINEAS DIRECTRICES PARA O/M

La implementación de las obras de alcantarillado consiste en una secuencia de investigación, planificación, diseño, construcción y O/M. Las primeras cuatro actividades son realizadas dentro del período inicial mientras que la O/M debe ser efectuada durante la vida útil de la instalación; desde el comienzo de la operación la O/M diaria es esencial. Además, la información y los datos obtenidos a través de O/M son muy útiles y serán importantes para la planificación de la expansión de las instalaciones etc., y para planificar instalaciones para otras regiones en Guatemala. La información sobre O/M es también útil para establecer la tarifa de servicio de alcantarillado, etc.

Por lo tanto, la O/M es un elemento esencial en la implementación de las obras de alcantarillado y es un factor decisivo en el éxito del proyecto de obras de alcantarillado.

9.4.1 Alcantarillas

a) Generalidades

Las instalaciones de alcantarillado sirven para recolectar y transportar las aguas residuales a las plantas de tratamiento de aguas residuales y consisten de tuberías, registros hombre, ramificaciones, cámaras de inspección, conexiones con las casas, etc. Como el sistema de alcantarillado tiene una influencia directa en la vida diaria de los ciudadanos, es importante que la agencia responsable esté constantemente consciente del estado de las instalaciones y efectúe la operación y mantenimiento correctos.

b) Propósito de la O/M

El propósito de la O/M de un sistema de alcantarillado es el mantener los diferentes elementos en las condiciones planeadas en la etapa de diseño para lograr las siguientes metas:

- 1) Para mantener la capacidad de diseño de las alcantarillas;
- 2) Para evitar daños en las instalaciones producidos por otras obras de construcción;
- 3) Para evitar accidentes causados por la rotura y la corrosión de la tubería;
- 4) Para extender la vida útil de las alcantarillas;
- 5) Para reducir la infiltración excesiva.

Si no se efectúa correctamente la O/M es posible que se deposite arena en los recesos de la alcantarilla, que haya corrosión, que haya desborde debido a la inundación de agua de

tormentas, problemas de olores, etc., y por lo tanto es imperativo que la inspección de las alcantarillas sea efectuada como rutina y que la calidad de las aguas residuales sea monitoreada para evitar la entrada de aguas residuales dañinas, y para el correcto funcionamiento de las tuberías y de las instalaciones de tratamiento.

c) Obras de O/M

Para lograr el objetivo de O/M en las tuberías del alcantarillado, es necesario que se cumpla con un plan apropiado de manejo, incluyendo el mantenimiento preventivo. El mantenimiento sistemático es necesario para hacer que el sistema de alcantarillado funcione en la forma más eficiente. El trabajo de O/M del alcantarillado debe incluir las actividades listadas en la Tabla 9-11.

Tabla 9-11 Alcance de la O/M del Sistema de Alcantarillado

Propósito del Trabajo	Alcance del Trabajo Necesario
Estudio del Estado Actual de las Alcantarillas	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección visual y registro del estado interior y exterior de las alcantarillas y de los registros hombre de las derivaciones. - Inspección del estado interno de las tuberías por parte del personal y utilizando cámaras CCTV. - Transferencia de las instalaciones construidas a agencias reguladores y/o al sector privado. - Investigación de los problemas de inundación incluyendo el levantamiento de las tapas de los registros hombres debida al exceso de carga. - Investigación de los problemas de olor y establecimientos de contramedidas.
Mantenimiento de las Funciones de la Alcantarilla	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo de limpieza del alcantarillado. - Supervisión de las obras de construcción en la proximidad de alcantarillas. - Reparación de instalaciones y tuberías dañadas.
Mejora de las Alcantarillas	<ul style="list-style-type: none"> - Obras de mejoramiento y rehabilitación para renovar las tuberías y otras instalaciones. - Aumento de la capacidad de los interceptores. - Mejora de las medidas para evitar la inundación. - Conversión del sistema combinado en un sistema independiente.

9.4.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales

a) Ítemes de O/M y contenido

La Tabla 9-12 muestra un resumen de los ítemes principales de O/M.

Tabla 9-12 Descripción de los Ítemes Principales de O/M

Item	Descripción
Operación de Instalaciones	- Tratamiento de líquido, fango y disposición de fango.
Monitoreo	- Calidad de las aguas residuales, del agua tratada y caudal.
Comprobación de la Necesidad de Reparación	- Daños, fugas y reparaciones menores (no es necesaria la ayuda externa).
Limpieza	- Limpieza de instalaciones (mallas, canales, tuberías de conexión, etc.), y corte de maleza.
Documentos de O/M	- Informes de O/M. (caudal, calidad del agua, cantidad de fango y registro de cada actividad de O/M) - Mantenimiento de un archivo de planos de diseño/informes. (almacenamiento de informes de planificación y diseño, planos originales, etc.) - Registros de mantenimiento de correspondencia, reuniones, etc., con otras agencias. - Mantenimiento de registros de construcción y reparación (planos de construcción, fotografías, etc.)

b) Parámetros para monitoreo de la operación de la planta

Los parámetros básicos para la operación del proceso de tratamiento son el caudal y la calidad de las aguas residuales. El método para obtener datos sobre los puntos anteriores dependerá del tipo de instalaciones usadas. La Tabla 9-13 muestra los datos necesarios para las instalaciones propuestas.

Tabla 9-13 Parámetros Para Monitoreo de la Operación de la Planta

Item	Caudal	Calidad del Agua Residuales
Ubicación de la Medición	Alcantarilla influente	Alcantarilla influente, efluente primario y efluente final.
Método Para Medición	Lectura de niveles utilizando canal de descarga Parshall	Sólidos sedimentables: en la planta, DBO, DQO, SS, etc.: en el Laboratorio Central de las obras de abastecimiento de agua.

c) O/M para cada Instalación de tratamiento

Malla y cámara preliminar de sedimentación

Estas instalaciones juegan un papel importante para proteger las instalaciones de tratamiento subsecuentes de los bloqueos, reteniendo la basura y la arena de las aguas residuales sin tratar. Por lo tanto es necesario retirar la basura retenida y la arena que se ha sedimentado durante la operación. Especialmente, si se deja acumular la basura retenida en la malla, las aguas residuales desbordarán del canal sin tratamiento.

La extracción de la basura retenida y de la arena sedimentada es realizada manualmente. Por lo tanto es esencial cumplir con las correctas prácticas de higiene tales como el uso de guantes, ropas protectoras, lavado de manos, etc., y considerando la seguridad, el trabajo debe ser efectuado por más de dos personas.

Tanques de sedimentación (incluyendo clarificadores)

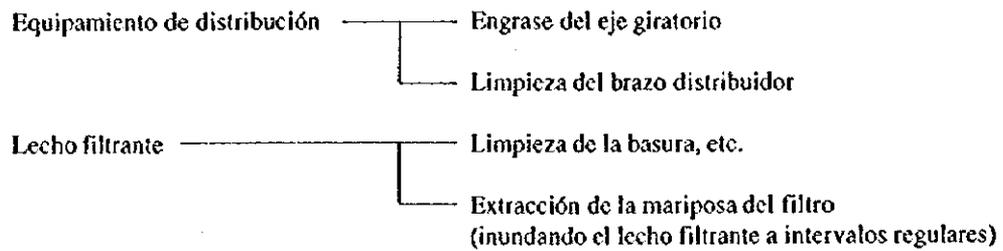
El fango sedimentado que se acumula en la parte inferior del tanque debe ser extraído y transportado a las instalaciones de tratamiento de fango utilizando presión estática de agua (sifonaje), abriendo la válvula del tubo de extracción de fango que proviene del fondo del tanque de sedimentación.

La operación sólo requiere la abertura y el cierre de la tubería de fango, sin embargo es necesario que la frecuencia de extracción del fango se base en la velocidad de acumulación del mismo. En otras palabras, la extracción frecuente sobrecargará las instalaciones de tratamiento de fango, mientras que la extracción infrecuente del fango resultará en el bloqueo de la tubería de fango debido al aumento de la concentración del fango sedimentado con el tiempo.

Una mayor acumulación de fango durante un largo período afecta la calidad del agua del tanque de sedimentación debido al fango flotante, septicidad del mismo, etc. Especialmente, es necesario tomar especiales precauciones para la operación de clarificación final. Los operadores deberán tener un conocimiento completo de los principios arriba indicados para la operación correcta.

Filtro percolador

El filtro percolador es la instalación principal de tratamiento líquido, y la calidad del effluente final es afectada por el funcionamiento y mantenimiento del filtro. Las instalaciones con filtro percolador pueden ser divididas en equipamiento de distribución y lecho de filtrado, y en los siguientes ítemes principales para cada instalación.



La frecuencia de los ítemes de O/M arriba mencionados depende de las condiciones de funcionamiento y deben ser efectuados una vez cada dos meses aproximadamente.

Tanque digester de fango

El fango sedimentado proveniente de los tanques de sedimentación (y del clarificador), es retenido en el tanque durante un largo período durante el cual ocurre la digestión del fango. El tanque digester del barro es una instalación que sirve para descomponer el fango transportado del tanque de sedimentación, reteniéndolo durante un largo período. El fango digerido es extraído del fondo del tanque, siendo su proceso de extracción similar al del tanque de sedimentación.

Lecho secador de fango

El fango digerido o sin tratamiento es secado naturalmente extendiéndolo en una capa fina. El lecho consiste de arena y de estratos de bloque, a través de los cuales el agua del fango es drenada y se acumula en el sistema inferior de drenaje. Es necesario agregar arena a intervalos regulares. El fango seco es recolectado por una cinta transportadora o una pala mecánica pequeña, etc., en camiones para su disposición fuera de la planta de tratamiento.

CAPITULO 10

SISTEMA DE SANEAMIENTO PROPUESTO

10 SISTEMA DE SANEAMIENTO PROPUESTO

10.1 PLAN PARA DESARROLLO DEL SANEAMIENTO

Para mejorar las condiciones del medio ambiente, las aguas residuales generadas deben ser recolectadas y tratadas antes de descargarlas en los cuerpos de agua. Las partes desarrolladas del Area de Estudio en las cuales las aguas residuales generadas no pueden ser recolectadas por un sistema de alcantarillado por gravedad, serán provistas de instalaciones sanitarias. El procedimiento adoptado para decidir el área a ser cubierta por el sistema de saneamiento, está descrito a continuación.

- Utilizando el estudio de UNICEF como base, se estudiaron más detalladamente las colonias/asentamientos durante visitas al campo y discusiones con representantes de EMPAGUA.
- Las colonias ubicadas dentro cañones en las montañas serán difíciles de conectar al sistema de alcantarillado propuesto. Estas colonias tienen un acceso difícil y por eso fueron identificadas para la provisión de un sistema de saneamiento.
- Las colonias/asentamientos seleccionados con el criterio de arriba fueron estudiadas más detalladamente en relación a la disponibilidad de suministro de agua y propiedad del terreno. Las colonias que poseen suministro de agua y propiedad de terreno correcta, fueron seleccionadas para ser cubiertas por un sistema de saneamiento.
- Además de las colonias arriba mencionadas, en las Regiones Norte 2 y Este 2 es necesario un sistema de saneamiento ya que la topografía es tal que será difícil construir un sistema de alcantarillado por gravedad.

La mayoría de las colonias/asentamientos a ser servidos por un sistema de saneamiento son descritas como asentamientos de alto o medio riesgo por el estudio de la UNICEF, lo que significa que carecen de la mayoría de las instalaciones. El Departamento de Desarrollo Urbano de la Municipalidad de Guatemala aconsejó que los planes del gobierno reduzcan la población en estos asentamientos, sin embargo de acuerdo con la tendencia de crecimiento de la población, la misma puede aumentar. EMPAGUA solicitó que la población de estas comunidades a ser servida por un sistema de saneamiento en el año 2015, sea considerada igual a la población actual. Para las regiones Norte 2 y Este 2 que sólo serán servidas por un sistema de saneamiento, se tomó en consideración la proyección de la población.

Abajo se muestra la población a ser servida por un sistema de saneamiento en cada región en el año 2015.

Tabla 10-1 Población a Ser Servida por un Sistema de Saneamiento en el Año 2015

Región	Población en cada región a ser cubierta por el saneamiento
Central	109,600
Norte 1	12,900
Norte 2	150,000
Sur 1	2,500
Sur 2	8,000
Sur 3	2,900
Este 1	20,200
Este 2	40,000
Total	346,100

Fuente : Grupo de Estudio

En el plan de desarrollo de saneamiento, sólo se consideraron las instalaciones de saneamiento a nivel de comunidad ya que las instalaciones individuales difíciles de controlar desde el punto de vista de O/M.

10.2 SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS RESIDUALES

Para recolección y transporte de aguas residuales a la instalación de tratamiento de saneamiento de la comunidad se propone un sistema convencional por gravedad. El criterio para diseño ya ha sido descrito en el capítulo anterior. El tamaño de la alcantarilla necesaria para una colonia de 1,000 personas es menor de 200 mm sin embargo se asumió esta medida como tamaño mínimo. La longitud necesaria de alcantarillas en cada región está mostrada en la Tabla 10-2.

Tabla 10-2 Longitud de las Alcantarillas Necesarias Para Saneamiento

Región	Longitud (km)
Central	177
Norte 1	10
Norte 2	111
Sur 1	2
Sur 2	17
Sur 3	10
Este 1	53
Este 2	324
Total	704

Fuente : Grupo de Estudio

10.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y MANEJO DE FANGO

10.3.1 Sistema de tratamiento

El sistema de tratamiento propuesto consiste de un tanque séptico seguido por un pozo de absorción en la tierra o por filtración anaeróbica ascendente. Se propone un tanque séptico de dos compartimientos para limitar la descarga de sólidos con el efluente. El tanque séptico fue diseñado con un tiempo de retención de 3 días en principio, y se verificó la capacidad adecuada disponible para el fango. En casos donde el efluente vaya a ser dispuesto utilizando un pozo de absorción en el suelo, se recomiendan dos pozos, para suministrar un período de descanso suficiente para el estrato de tierra. En caso de un tanque séptico con filtración anaeróbica ascendente, el medio adoptado son trozos de piedra de 19 a 25 mm de tamaño.

Para el Plan Maestro, el número de tanques sépticos requeridos en cada región está mostrado en la Tabla 10-3 y fue estimado asumiendo que cada comunidad tiene una población de 1,000 personas.

Tabla 10-3 : Número de Tanques Sépticos Necesarios

Región	Número necesario de unidades
Central	110
Norte 1	13
Norte 2	150
Sur 1	3
Sur 2	8
Sur 3	3
Este 1	21
Este 2	40
Total	348

Fuente : Grupo de Estudio

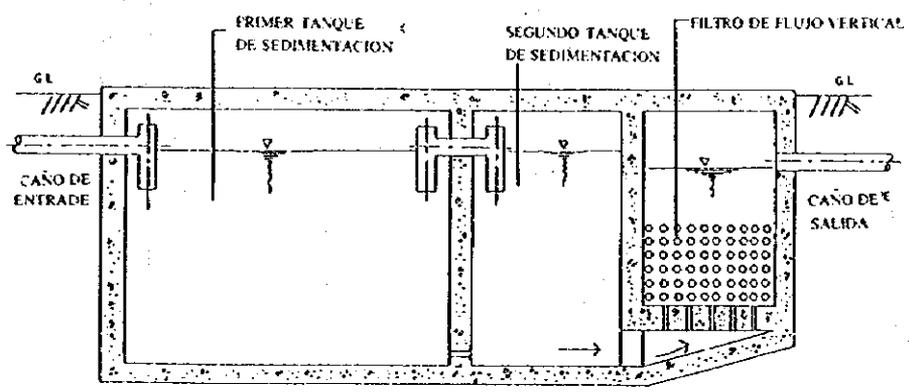
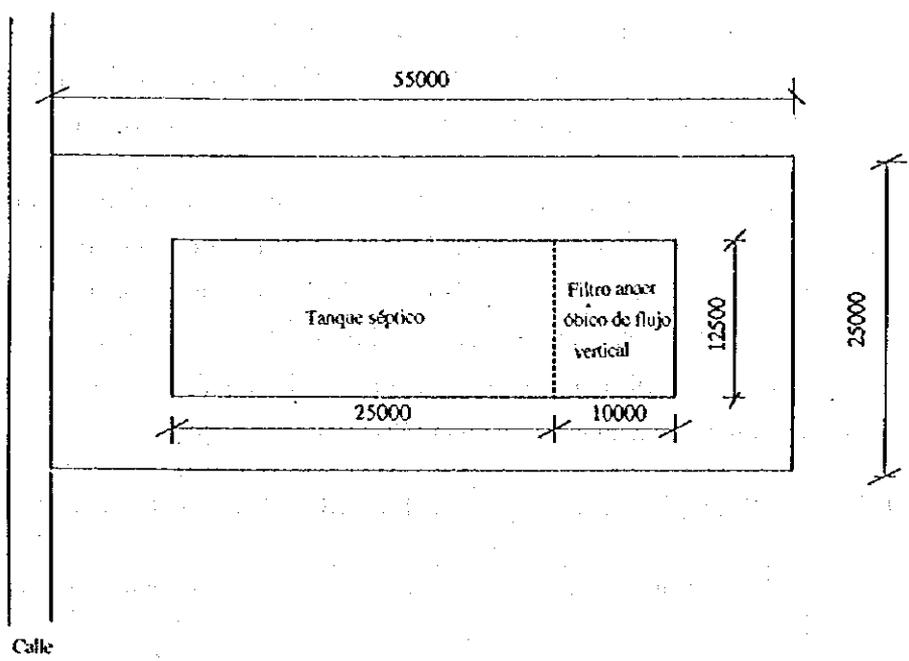
Las dimensiones del tanque séptico y del filtro anaeróbico ascendente para una comunidad con una población de 1,000 personas están indicadas abajo como ejemplo. Los cálculos para el diseño detallado están incluidos en el Informe N de Apoyo.

Tanque séptico : = 23.0 m × 12.0 m × 2.0 m

Filtro anaeróbico ascendente : = 10.0 m × 12.0 m × 1.2 m

La disposición típica de una planta de saneamiento para una comunidad con una población de 1,000 personas está mostrada en la Fig. 10-1. El área requerida es de 0.14 ha aproximadamente.

Fig. 10-1



TANQUE SEPTICO CON FILTRO ANAEROBICO DE FLUJO VERTICAL

REPUBLICA DE GUATEMALA GUATEMALA MUNICIPAL WATER SUPPLY CORPORATION	ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL AREA METROPOLITANA DE GUATEMALA	TITULO DISPOSICION TIPICA DE UNA PLANTA DE SENEAMIENTO COMUNITARIO
	AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON	

10.3.2 Manejo de fango del sistema de saneamiento

El volumen de residuos se basa en una velocidad de acumulación de fango de 0.04 m³/cápita/año. Se asumió que los residuos conteniendo 7% de sólidos deben ser desenlodados una vez por año. En la actualidad, los residuos son arrojados sin tratamiento, sin embargo en el futuro deberán ser correctamente tratados antes de arrojarlos.

Se propone que los residuos sean tratados en la instalación de tratamiento de fango de la planta de tratamiento de aguas residuales a ser construida en cada región. Se propone que el fango proveniente de las regiones Norte 2 y Este 2 sea tratado en la instalación de tratamiento de fango de las plantas de tratamiento de aguas residuales de las regiones Norte 1 y Este 1 respectivamente. La Tabla 10-4 muestra el volumen de residuos a ser desenlodados proveniente del sistema de saneamiento en el año 2015 en cada región.

Tabla 10-4 Cantidad de Residuos a ser Desenlodados en el Año 2015

Región	Volumen de residuos a ser desenlodados en los tanques sépticos (m ³ /año)	Ubicación de las plantas de tratamiento de residuos
Central	4,384	Central
Norte 1	516	Norte 1
Norte 2	6,000	Norte 2
Sur 1	100	Sur 1
Sur 2	320	Sur 2
Sur 3	116	Sur 3
Este 1	808	Este 1
Este 2	1,600	Este 1
Total	13,844	-

Fuente: Grupo de Estudio

10.4 ESTIMATIVA DE COSTO

10.4.1 Bases de la estimativa de costo

Se adoptó el mismo punto de vista para estimar los costos de implementación del sistema de saneamiento que el usado para el sistema de alcantarillado por gravedad descrito en la Sección 9.3 y en el Informe O de Apoyo, Volumen IV.

El área requerida para las plantas comunitarias en cada región está mostrada en la Tabla 10-5.

El costo unitario de las mismas está descrito en la Tabla O3-3 del Informe O de Apoyo, Volumen IV.

Tabla 10-5 Área de Terreno Necesaria para la Planta Comunitaria del Sistema de Saneamiento

Región	Área unitaria de terreno necesario (ha/Planta)	Número de plantas comunitarias	Área de terreno necesaria (ha)
Central	0.14	110	15.4
Norte 1	0.14	13	1.8
Norte 2	0.14	150	21.0
Sur 1	0.14	3	0.4
Sur 2	0.14	8	1.1
Sur 3	0.14	3	0.4
Este 1	0.14	21	2.9
Este 2	0.14	40	5.6
Total	-	349	48.7

Fuente : Grupo de Estudio

10.4.2 Costo de la inversión

El costo de inversión necesario para construir tuberías de alcantarillado y para plantas comunitarias en cada región, está resumida en la Tabla 10-6. El costo directo de construcción y de adquisición de tierra están desglosados en más detalle en las tablas OI-6, OI-7 y OI-8 del Informe O de Apoyo.

Tabla 10-6 Resumen del Costo Total de Inversión del Sistema de Saneamiento

(Unidad: Millón de Quetzales)

Región	Directo de construcción	Adquisición del terreno	Costo de ingeniería	Costo de administración	Contingencias	Total
Central	74.6	6.2	4.5	2.2	7.5	94.9
Norte 1	6.8	0.6	0.4	0.2	0.7	8.7
Norte 2	68.7	4.2	4.1	2.1	6.9	85.9
Sur 1	1.5	0.3	0.1	0.0	0.2	2.0
Sur 2	6.2	0.7	0.4	0.2	0.6	8.0
Sur 3	3.0	0.3	0.2	0.1	0.3	3.8
Este 1	17.8	1.8	1.1	0.5	1.8	23.0
Este 2	71.4	3.4	4.3	2.1	7.1	88.3
Total	249.9	17.3	15.0	7.5	25.0	314.7

Nota: 1. Costo de ingeniería = Costo directo de construcción \times 0.06

2. Costo de administración = Costo directo de construcción \times 0.03

3. Contingencias = Costo directo de construcción \times 0.01

4. Costo: en septiembre de 1995

Fuente : Grupo de Estudio

10.4.3 Costos de operación y mantenimiento

El costo O/M del sistema de saneamiento consiste en los costos anuales de las plantas comunitarias y de las tuberías del alcantarillado. El costo O/M de las plantas comunitarias está compuesto de gastos de personal, costo de disposición/transporte del fango generado y costos de reparación. Los costos para las tuberías del alcantarillado están compuestos de gastos de personal y costos de reparación.

Abajo se describen las condiciones asumidas para la estimativa de costos O/M.

a) Personal necesario

Planta comunitaria: La frecuencia del mantenimiento de las plantas comunitarias fue considerada como siendo una vez por mes y dos (2) personas asignadas a esta tarea.

Tuberías del alcantarillado: Las obras principales incluyen la limpieza e inspección de las tuberías del alcantarillado. El personal necesario para la limpieza fue estimado como siendo 10 días hombre por año por kilómetro de alcantarilla y para la inspección 2 días hombre por año por kilómetro.

b) Costo de la disposición/transporte de fango generado en las plantas comunitarias

El contenido de agua del fango (residuos), es estimado como siendo del 93% después de la digestión en el tanque séptico. Los residuos serán transferidos a la planta regional de tratamiento de aguas residuales para mayor tratamiento.

c) Trabajo de reparación

El costo anual de la reparación fue asumido como siendo el 0.5% del costo directo de construcción. Esto deberá ser adecuado ya que las instalaciones tales como tanques sépticos, filtros anaeróbicos ascendentes y pozos de absorción en la tierra serán construidos con concreto.

El resumen de los costos anuales necesarios para O/M están mostrados abajo en la Tabla 10-7 y el desglose más detallado está descrito de O1-13 a O1-15 en el Informe O de Apoyo.

Tabla 10-7 Resumen del Costo O/M para el Sistema de Saneamiento

(Unidad: Miles de Quetzales/año)

Item	Región							
	Central	Norte 1	Norte 2	Sur 1	Sur 2	Sur 3	Este 1	Este 2
1. Planta comunitaria								
- Costo de personal	220	30	300	30	30	30	42	80
- Costo de transporte de fango	140	17	192	3	10	4	26	51
- Costo de reparación	208	24	284	6	15	5	39	75
Subtotal	568	71	776	39	55	39	107	206
2. Alcantarillado								
- Costo de personal	175	30	109	30	30	30	52	320
- Costo de reparación	165	10	60	2	16	10	50	282
Subtotal	340	40	169	32	46	40	102	602
Total de costo O/M	908	111	945	71	101	79	209	808

Nota: Los costos son de septiembre de 1995.

Fuente: Grupo de Estudio

10.5 PLAN DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Los tanques sépticos deben ser desenlodados anualmente y los residuos deben ser transportados a una planta de tratamiento de aguas residuales para tratamiento. Se espera que el filtro anaeróbico ascendente funcione satisfactoriamente sin necesidad de mantenimiento de 18 a 24 meses. Sin embargo se recomienda limpiar el elemento del filtro una vez por año. El desenlodamiento de los tanques sépticos y del elemento del filtro pueden ser realizados al mismo tiempo. En caso de que el efluente sea dispuesto por medio de un pozo de absorción en la tierra, cada pozo deberá ser operado durante 6 meses para que haya un período de descanso de 6 meses. El período de descanso ayudará a que la tierra recobre su capacidad de absorción, evitando de esta manera que el pozo de absorción quede obstruido. La O/M necesaria para el alcantarillado es limpieza.

CAPITULO 11

SELECCION DE LAS REGIONES PRIORITARIAS

11 SELECCION DE LAS REGIONES PRIORITARIAS

11.1 INTRODUCCION

11.1.1 Objetivos

La provisión de un sistema completo de alcantarillado y de saneamiento para el Area Metropolitana de Guatemala, que tiene una población enorme en expansión, es una tarea de enorme magnitud. Para construir y financiar el Proyecto, se requerirán grandes montos de capital; sin embargo, no es necesario implementar y completar el plan de una sola vez. Muchas de las áreas que no están desarrolladas en la actualidad, no necesitarán instalaciones hasta una fecha futura.

Es prudente construir las instalaciones necesarias por etapas, de acuerdo a la urgencia de la necesidad y beneficio a ser derivado. La construcción por etapas dividirá el gasto de capital durante un período de varios años, y con ésto se ahorrará intereses del capital prestado y se reducirán los costos iniciales.

Por lo tanto, este estudio ha sido efectuado para determinar la prioridad deseable de construcción del sistema de alcantarillado/saneamiento, teniendo en consideración varios elementos importantes que afectan las condiciones ambientales y sanitarias de las ocho Regiones del Area de Estudio, basándose en previsiones y en un procedimiento de evaluación razonables.

11.1.2 Procedimiento para seleccionar la región prioritaria

El procedimiento para seleccionar la región prioritaria está mostrado en la Fig. 11-1. Hay dos pasos:

Primer paso : Selección de alternativas

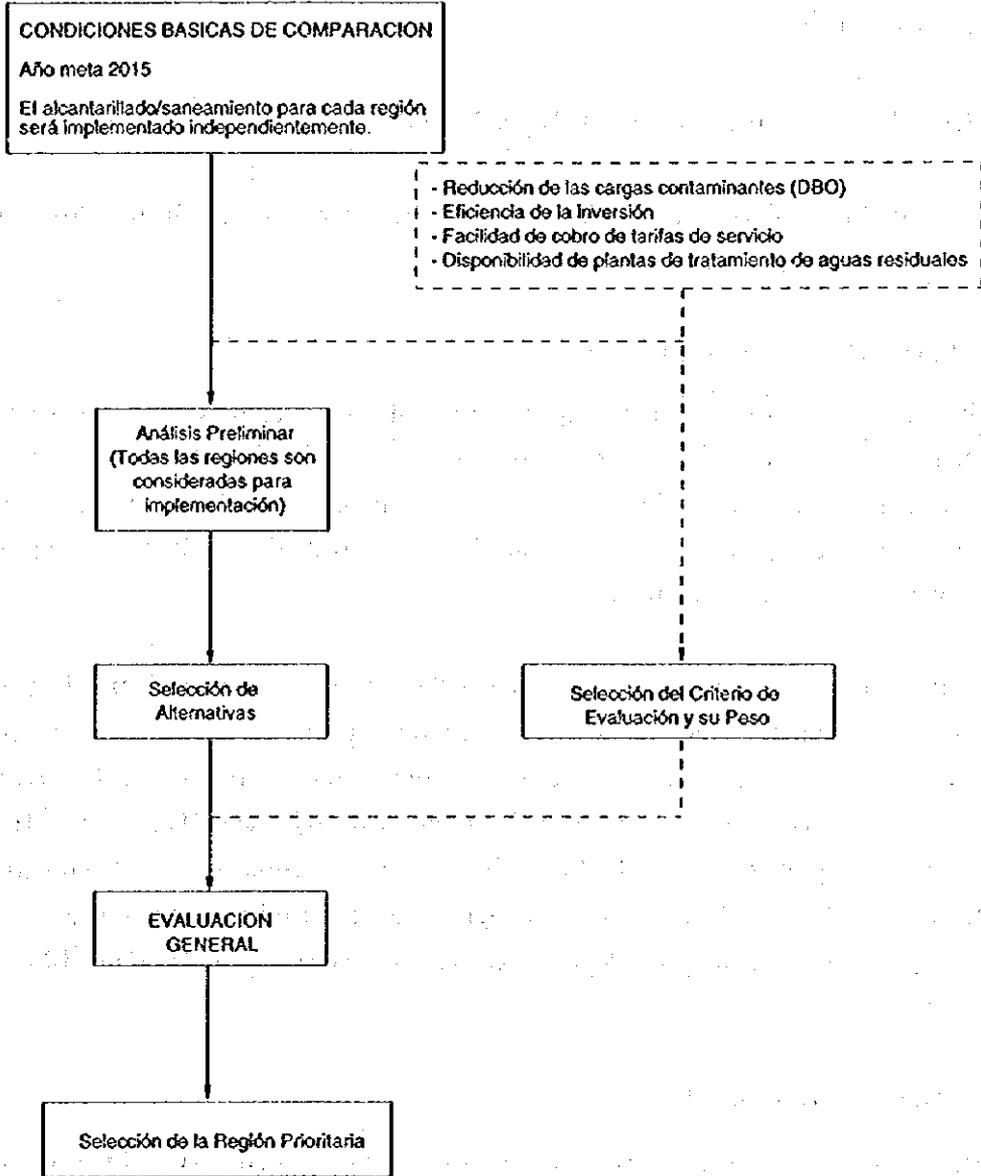
Segundo paso : Selección de la región prioritaria

En el primer paso se asume que los proyectos de alcantarillado/saneamiento en cada región serán implementados independientemente. Ya se efectuó un análisis preliminar para seleccionar regiones prioritarias alternativas.

El análisis examinó los siguientes parámetros para los proyectos de alcantarillado/ saneamiento para cada región:

- Nivel de reducción de cargas contaminantes;
- Eficiencia de inversión;
- Disposición para pagar;
- Contribución para protección de las fuentes de agua potable;
- Disponibilidad de plantas para tratamiento de aguas residuales.

En el segundo paso, se seleccionaron las regiones prioritarias entre las alternativas, a través de una evaluación general que examinó las alternativas en base a los parámetros seleccionados en el análisis preliminar y otros factores.



<p>REPUBLICA DE GUATEMALA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA (EMPAGUA)</p>	<p>ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL AREA METROPOLITANA DE GUATEMALA</p> <p>AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON</p>	<p>TITULO FLUJOGRAMA DE SELECCION DEL PROYECTO PRIORITARIO</p>
--	---	---

11.2 ANALISIS PRELIMINAR PARA SELECCION DE ALTERNATIVAS

11.2.1 Resumen del proyecto de alcantarillado/saneamiento para cada región

Los datos principales para los proyectos de alcantarillado/saneamiento en cada región están resumidos en la Tabla 11-1.

11.2.2 Parámetros para el análisis preliminar

Los parámetros utilizados para seleccionar las alternativas fueron clasificados en cinco (5) elementos cuantitativos y cualitativos.

a) Parámetros cuantitativos

Reducción de la carga de contaminantes (DBO): La reducción esperada de la descarga de contaminantes en cuerpos de agua por medio de la provisión de instalaciones de alcantarillado/saneamiento, fue estimada basándose en eficiencias de eliminación de DBO de 80 a 75% para plantas de tratamiento de aguas residuales y plantas de saneamiento a nivel comunitario, respectivamente.

Eficiencia de inversión: La efectividad de costo fue examinada considerando dos índices, "costo por unidad de reducción de carga de contaminantes" y "costo per cápita servida". El costo unitario por reducción de carga de contaminantes fue estimado dividiendo la inversión total necesaria entre la reducción total de la carga de desechos. La eficiencia de costo para la población servida fue estimada de la misma manera. Como los valores calculados de los dos índices no tienen significado en sí mismos, fueron expresados para cada región en relación a la Región Central, que es considerada como 100 para cada parámetro.

b) Parámetros cualitativos

Disposición para pagar: La disposición para pagar por los servicios de alcantarillado/saneamiento, en términos de Q/familia/mes, en cada una de las regiones, está basada en los resultados obtenidos por el Grupo de Estudio de JICA.

Tabla 11-1 Resumen de los Datos Principales para el Proyecto en Cada Región

Parámetro	Regiones de la Cuenca del Motagua				Regiones del Lago Amatitlán			Total
	Central	Norte 1	Norte 2	Este 1	Este 2	Sur 1	Sur 2	
1. Población (cápita)								
Población actual (en 1994)	505,000	180,000	70,000	251,000	31,700	40,000	83,000	139,000
Población planeada (2015)								
Alcantarillado	751,800	379,100	0	500,800	0	277,500	183,600	276,100
Saneamiento	109,600	12,900	150,000	20,200	40,000	2,500	8,000	2,900
Total	861,400	392,000	150,000	521,000	40,000	280,000	191,600	279,000
2. Área Planeada (ha)	7,227	2,232	740	3,935	1,155	1,648	2,293	2,414
3. Caudal de Diseño de Aguas Residuales (m³/día)								
Sistema de Alcantarillado								
Caudal promedio diario	237,757	88,899	0	120,382	0	63,983	50,969	65,734
Caudal máximo diario	260,311	96,481	0	130,398	0	69,533	54,641	71,256
Caudal horario máximo	389,057	143,679	0	195,692	0	102,991	85,414	106,619
Sistema de Saneamiento								
Caudal promedio diario	18,084	2,129	24,750	3,333	6,600	413	1,320	479
Caudal máximo diario	19,892	2,341	27,225	3,666	7,260	454	1,452	526
Caudal horario máximo	54,252	6,386	74,250	9,999	19,800	1,238	3,960	1,436
4. Estimativa de Generación de Cargas Contaminantes (DBO ton./día)								
Alcantarillado	66.57	24.89	0.00	33.71	0.00	17.92	14.27	18.40
Saneamiento	5.97	0.70	8.17	1.10	2.18	0.14	0.44	0.16
Total	72.54	25.59	8.17	34.81	2.18	18.06	14.71	18.56
Carga de Contaminantes por Cuenca de Drenaje (DBO ton./día)								
Cuenca del río motagua	72.54	25.59	8.17	34.81	2.18	18.06	14.71	18.56
Cuenca del lago amatitlán								
5. Estimativa de Costos								
Alcantarillado								
Construcción (millones de quetzales)								
Alcantarillas	136.4	172.3	0.0	200.2	0.0	112.5	95.4	183.4
Planta de tratamiento de nivel secundario Secondary Treatment Level	232.3	93.7	0.0	116.8	0.0	59.1	47.6	70.7
Sub Total	368.7	266.0	0.0	317.0	0.0	171.6	143.0	254.1
Otros	96.8	60.2	0.0	81.1	0.0	44.0	36.5	60.7
Total	465.5	326.2	0.0	398.1	0.0	215.6	179.5	314.8
Instalaciones de saneamiento								
Construcción								
Alcantarillas	33.0	1.9	12.0	9.9	56.3	0.4	3.2	1.9
Instalaciones de tanques sépticos	41.6	4.9	56.7	7.9	15.1	1.1	3.0	1.1
Sub Total	74.6	6.8	68.7	17.8	71.4	1.5	6.2	3.0
Otros	20.3	1.9	17.2	5.2	16.9	0.5	1.8	0.8
Total	94.9	8.7	85.9	23.0	88.3	2.0	8.0	3.8
Total General	560.4	334.9	85.9	421.1	88.3	217.6	187.5	318.6
								2,214.0

Fuente : Grupo de Estudio

Contribución para protección de las fuentes de agua potable: Se examinó el probable efecto positivo del sistema de alcantarillado/saneamiento, sobre la calidad del agua superficial y subterránea. Se investigó en cada región el número de pozos de agua freática y las instalaciones de toma de agua superficial que probablemente sean afectados, y sus respectivos caudales.

Disponibilidad de plantas de tratamiento de aguas residuales: Todas las regiones fueron clasificadas en uno de los siguientes niveles: i) A - buena, ii) B - regular, y iii) C - difícil, basándose en la disponibilidad de plantas adecuadas para tratamiento de aguas residuales.

11.2.3 Resultados del análisis preliminar

Los resultados del análisis preliminar están descritos abajo y resumidos en la Tabla 11-2.

a) Reducción de cargas contaminantes

El total generado de cargas DBO₅ en el área M/P en el año 2015 fue estimada en 194.6 ton./día, de las cuales 143.3 ton./día, (o el 74%) y 51.3 ton./día, (o el 26%), serán generadas en la cuenca del río Motagua y en la cuenca del lago Amatitlán, respectivamente. Los porcentajes mostrados en las Figuras 11-2 y 11-3 están explicados abajo:

Todas las regiones: Después de implementar completamente las instalaciones de alcantarillado/saneamiento en todas las regiones, el 80% de la carga total de contaminantes generada será eliminada antes de la descarga en los cuerpos de agua públicos. La mayor reducción de la carga de contaminantes será en las regiones Central, Este 1 y Norte 1, donde la generación de cargas contaminantes también es alta. A través de la implementación de los esquemas en estas regiones, se estima que la reducción de la carga de contaminantes se encuentre entre el 30, 14 y 11% de la carga total de contaminantes generada, y una reducción total de la misma del 37, 18, y 13%, respectivamente.

Cuenca del río Motagua: Las cargas de contaminantes eliminadas para la implementación en las regiones Central y Este 1 son altas en comparación con otras regiones y fueron estimadas como siendo el 41 y 19% en la cuenca del río Motagua. La implementación en la región prioritaria de estas regiones logrará reducciones del 51 al 24% de la carga total de contaminantes, para implementar todos los esquemas en todas las cuencas, respectivamente.

Cuenca del lago Amatitlán: La reducción de la carga de contaminantes por medio de los esquemas implementados en las regiones Sur 3 y Sur 1 es grande comparada con la región Sur 1, y se estima que contribuirán con el 29 y 28% de la carga total de contaminantes eliminables, y la implementación en el la región prioritaria de estas regiones podrá lograr reducciones del 36 al 35% de la carga total de contaminantes eliminables en la cuenca, respectivamente.

b) Eficiencia de la inversión

Los dos índices que expresan la eficiencia de la inversión fueron comparados para el proyecto de alcantarillado/saneamiento para cada región. Los resultados están mostrados en la Tabla 11-2. En ambos índices el valor más bajo indica una mayor eficiencia de inversión. Es necesario notar que las regiones Central y Norte 2, poseen eficiencias de inversión relativamente altas.

Las razones por las cuales las eficiencias de inversión son mayores en las regiones Central y Norte 2, son las siguientes:

Aunque la región Central posee la desventaja de que el volumen de aguas residuales y de generación de cargas contaminantes es más alta que en otras regiones, y que el monto total de la inversión en instalaciones de saneamiento es el mayor, posee la ventaja de que una proporción importante del área tiene alcantarillado, así, después de la terminación de la construcción de las instalaciones de alcantarillado principal, será posible ofrecer servicios de alcantarillado.

Las ventajas de la región Norte 2 son que la densidad de población es alta, y la longitud de las alcantarillas necesarias es más corta per cápita y el costo unitario de adquisición de tierra es más bajo.

c) Facilidad de cobro de tarifas de servicio

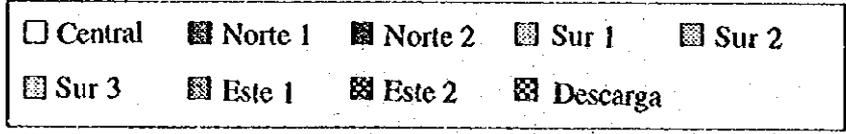
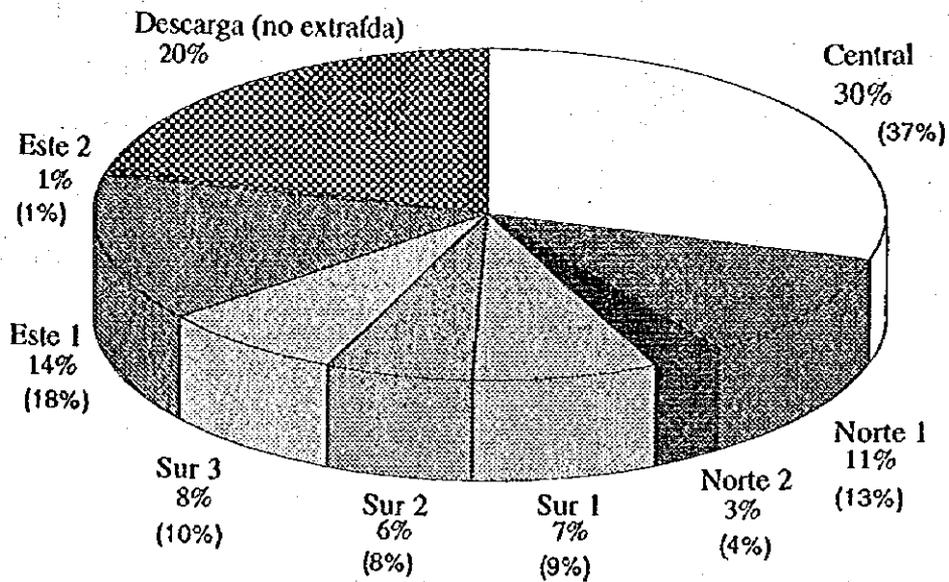
El nivel promedio de "disposición para pagar", los servicios de alcantarillado/saneamiento calculado por el estudio del Grupo de Estudio de JICA fue de 13.3 Q/familia/mes. Al realizar la comparación de la disposición para pagar estimada promedio de cada región con el promedio total, se encontró que los usuarios en las regiones Sur 2 y Sur 3 estaban dispuestos a pagar más por los servicios.

Tabla 11-2 Análisis Preliminar de las Regiones

Parámetro	Regiones de la Cuenca del Motagua				Regiones del Lago Amatlán			Total
	Central	Norte 1	Norte 2	Este 1	Este 2	Sur 1	Sur 2	
A. Parámetros Cuantitativos								
(a) Reducción proyectada de cargas contaminantes (DBO ton./día)								
Alcantarillado	53.26	19.91	0.00	26.97	0.00	14.34	11.42	14.72
Saneamiento	4.48	0.53	6.13	0.83	1.64	0.11	0.33	0.12
Total	57.73	20.44	6.13	27.79	1.64	14.44	11.75	14.84
Reducción de cargas contaminantes por cuenca de drenaje (DBO ton./día)								
Cuenca del río motagua	57.73	20.44	6.13	27.79	1.64	14.44	11.75	14.84
Cuenca del lago amatlán								
(b) Eficiencia de la inversión (en caso de tratamiento secundario)								
Reducción unitaria de cargas contaminantes (región central = 100)	100	167	141	156	548	152	163	219
Por cápita servida (región central = 100)	100	131	88	125	340	120	150	175
B. Parámetros Cualitativos								
(c) Facilidad de cobro de tarifas de servicio	11.3	9.8	10.1	13.2	11.2	12.0	17.4	16.0
(d) Contribución a la protección de fuentes de agua potable								
Agua superficial	-	1	-	1	-	-	-	2
Número de instalaciones de toma								17,000
Caudal de toma (m³/día)		6,700		22,400				
Agua subterránea								
Número de pozos manejados por EMPAGUA	21	62	5	15	0	7	1	12
Caudal total de extracción (m³/día)	49,272	45,069	5,156	31,122	-	6,677	1,526	98,658
(e) Disponibilidad de sitios para plantas de tratamiento de aguas residuales								
Calificación (A: Buena, B: Normal, C: Difícil)	B	A	B	B	B	B	B	C

Fuente: Grupo de Estudio

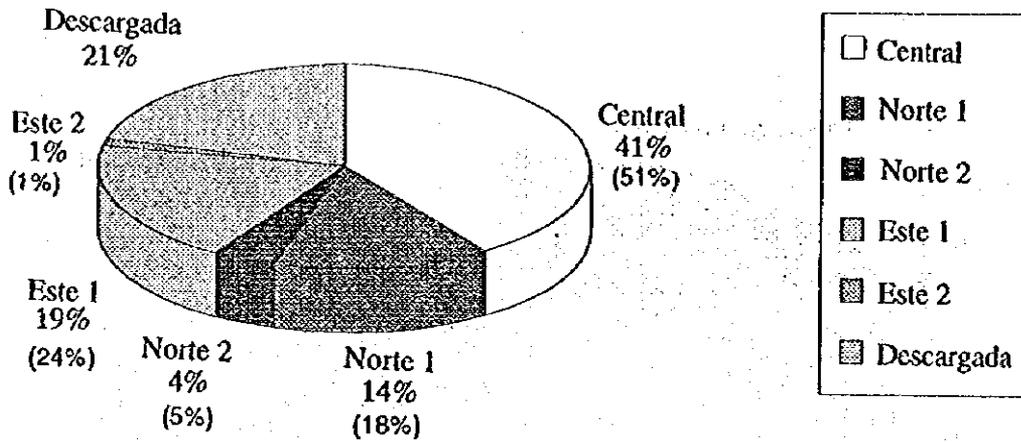
Fig. 11-2



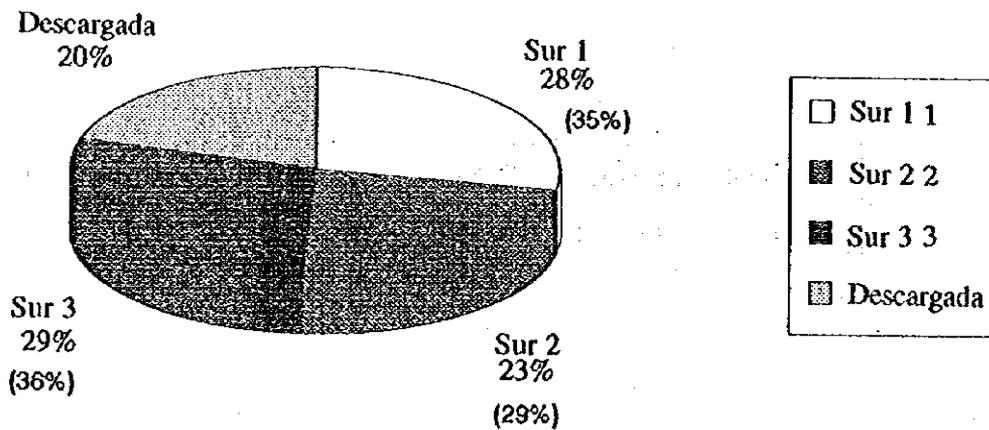
Las cifras entre () son el porcentaje de la reducción general de cargas contaminantes.

REPUBLICA DE GUATEMALA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA (EMPAGUA)	ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL AREA METROPOLITANA DE GUATEMALA	TITULO PORCENTAJE ESTIMADO DE EXTRACCION DE CARGAS DBO DESPUES DE LA IMPLEMENTACION COMPLETA (1/2)
	AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON	

CUENCA DEL RIO MOTAGUA



CUENCA DEL LAGO AMATITLAN



Las cifras entre () son el porcentaje de la reducción general de cargas contaminantes.

REPUBLICA DE GUATEMALA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA (EMPAGUA)	ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL AREA METROPOLITANA DE GUATEMALA	TITULO PORCENTAJE ESTIMADO DE EXTRACCION DE CARGAS DBO DESPUES DE LA IMPLEMENTACION COMPLETA (2/2)
	AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON	

d) Contribución para protección de las fuentes de agua potable

En referencia al agua superficial, la región Este 1 seguida por la región Sur tres tienen alta prioridad. Mientras que en el caso del agua freática, la región Sur 3 tiene la mayor prioridad seguida por las regiones Central y Norte 1.

e) Disponibilidad de plantas para tratamiento de aguas residuales

Se examinaron y calificaron los sitios seleccionados para construir plantas de tratamiento de aguas residuales, tomando en consideración el área de terreno necesaria, el uso actual de la tierra, el número de propietarios de tierra, y el costo de la adquisición de tierra.

La región Norte fue catalogada como A, la región Sur 3 como C, y las otras regiones fueron catalogadas como B.

11.2.4 Selección de alternativas para la región prioritaria

Para seleccionar alternativas se tomaron en consideración los siguientes parámetros:

- Reducción de cargas contaminantes;
- Eficiencia de inversión;
- Protección del lago Amatitlán
- Protección de las fuentes de agua

La calificación de las tres regiones más importantes está resumida en la Tabla 11-3, en base a los resultados del análisis preliminar precedente.

Las tres combinaciones de regiones mostradas en la Tabla 11-4 han sido seleccionadas para una evaluación más completa en relación a la región prioritaria.

Las razones para la selección de las alternativas son:

- Para los parámetros (a), (b) y (d), se identificó la región Central como la región con mayor prioridad
- Tomando en consideración la importancia de la política del Gobierno en relación al protección del lago Amatitlán, las regiones posibles a ser combinadas con la región Central deben estar situadas dentro de la Cuenca Hidrográfica del Pacífico.

Tabla 11-3 Resumen del Análisis Preliminar de las Regiones

Filosofía y Limitaciones	Regiones		
	Prioridad 1	Prioridad 2	Prioridad 3
A. Reducción de la carga de contaminantes			
Prioridad general	Central	Este 1	Norte 1
Prioridad en la cuenca del Motagua	Central	Este 1	Norte 1
Prioridad en la cuenca del lago Amatitlán	Sur 3	Sur 1	Sur 2
B. Eficiencia de inversión			
(a) Inversión unitaria por reducción de carga de contaminantes			
Prioridad en la cuenca del Motagua	Central	Norte 2	Este 1
Prioridad en la cuenca del lago Amatitlán	Sur 1	Sur 2	Sur 3
(a) Inversión unitaria por población servida			
Prioridad en la cuenca del Motagua	Norte 2	Central	Este 1
Prioridad en la cuenca del lago Amatitlán	Sur 1	Sur 1	Sur 3
C. Protección del lago Amatitlán			
Proximidad de la descarga en el lago	Sur 3	Sur 2	Sur 1
D. Protección de las fuentes de agua			
Prioridad general	Sur 3	Central	Norte 1
Prioridad en la cuenca del río Motagua	Central	Norte 1	Este 1
Prioridad en la cuenca del lago Amatitlán	Sur 3	Sur 1	Sur 2

Fuente : Grupo de Estudio

Tabla 11-4 Alternativa Seleccionada de Combinación de Regiones

Alternativa	Regiones
B-1	Central + Sur 1
B-2	Central + Sur 2
B-3	Central + Sur 3

Fuente : Grupo de Estudio

11.3 REGIONES PRIORITARIAS

11.3.1 Criterio para establecer prioridades

Para finalizar la selección de las regiones prioritarias, cada una de las tres combinaciones de regiones seleccionadas en el estudio preliminar, a saber: región Central con Sur 1, Sur 2 o Sur 3 han sido evaluadas con más detalle para conocer la eficiencia de inversión y la mejora de la calidad del agua. Se estableció una puntuación de 1 a 5 para cada parámetro considerado, que fue multiplicada por un peso para obtener el total. También se evaluaron otros factores no cuantificables tales como el monto del subsidio necesario, el nivel de apoyo público al proyecto para promover los esfuerzos del gobierno para la protección ambiental, el impacto de la construcción de alcantarillado, etc.

11.3.2 Resultados de la evaluación

La Tabla 11-5 muestra cada una de las regiones que fue examinada y calificada para cada parámetro que representa el grado de adecuación o la insuficiencia desde el punto de vista de prioridad de implementación del alcantarillado basándose en el criterio de evaluación. La evaluación condujo a las siguientes conclusiones:

- a) Hay dos distinciones significativas entre las alternativas. La Alternativa 3 posee el puntaje más alto seguida por la Alternativa 2, y ambas pueden ser incluidas como regiones prioritarias.
- b) La Alternativa 3 contribuirá significativamente a mejorar la calidad del agua del lago Amatitlán y llamará el interés del público demostrando al mismo tiempo la intención del gobierno de mejorar el medio ambiente.
- c) La Alternativa 3 cubre muchas municipalidades y posee una gran población, la instalación de alcantarillado/saneamiento tendrá un impacto significativo sobre mayor número de residentes, lo cual producirá como resultado un mejor entendimiento y apreciación de los esfuerzos de la administración pública para la protección ambiental.

Los análisis y las discusiones de arriba han llevado a la conclusión que la Alternativa 3 (la región Sur 3 es la que tiene el puntaje más alto, representando la proporción combinada de los siete parámetros, seguida por las Alternativas 2 (región Sur 2) y 1 (región Sur 1).

11.3.3 Regiones prioritarias recomendadas

Concluimos que el sistema de calificación adoptado arriba refleja razonablemente y cuantifica tanto las condiciones presentes como las futuras en el Área Metropolitana de Guatemala en relación a la necesidad de provisión de alcantarillado/saneamiento. El resultado es considerado como una buena indicación de las necesidades relativas generales de las diferentes regiones y deberá ser utilizado para determinar la prioridad del programa de construcción del sistema de alcantarillado/saneamiento.

Se recomienda la construcción de sistemas de alcantarillado/saneamiento en las regiones Central y Sur 3 como regiones prioritarias en el Plan Maestro de Manejo de Aguas Residuales.

Tabla 11-5 Evaluación de Prioridad de las Regiones

Parámetros de Evaluación	Peso	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Bases de la Evaluación		Puntos	
		Puntuación	Total	Puntuación	Total	Puntuación	Total	Alto	Bajo	Alto	Bajo
EFICIENCIA DE LA INVERSION											
Por reducción unitaria de cargas contaminantes	4	5	20	4	16	3	12			Bajo	Alto
Por cápita servida	2	5	10	4	8	3	6			Bajo	Alto
MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA											
Protección de los recursos hídricos	4	2	8	1	4	5	20	Muchas/pocas fuentes de agua		Muchos	Pocos
Protección del lago Amatitlán	3	4	12	3	9	5	15	La reducción de la carga es alta/baja		Alto	Bajo
INTERES DEL PUBLICO SOBRE LAS MEDIDAS PARA PROTECCION AMBIENTAL											
IMPACTO DE LA IMPLEMENTACION DE LOS PROYECTOS (Retorno de los resultados)	3	3	9	4	12	5	15	La velocidad es alta/baja		Alto	Bajo
PUNTUACION TOTAL			68		64		83	Nivel de interés es alta/baja			

Fuente : Grupo de Estudio

11.4 Plan de desarrollo de las regiones prioritarias

11.4.1 Programación de implementación

Para determinar las etapas del programa de construcción del alcantarillado y de saneamiento, se tomaron en consideración los componentes del proceso de construcción y las obras preparatorias necesarias.

Se asume que el programa de construcción para construir el sistema de alcantarillado/saneamiento comenzará en el año 1999 en las regiones prioritarias Central y Sur 3. Toda la duración del programa está dividida en tres etapas consecutivas; la primera etapa está programada de 1999 al 2001, la segunda etapa del 2002 al 2006 y la tercera etapa del 2007 al 2011. La programación está resumida en la Fig. 11-4. Esta división por etapas con su flexibilidad inherente, permitirá la reevaluación periódica como sea necesaria.

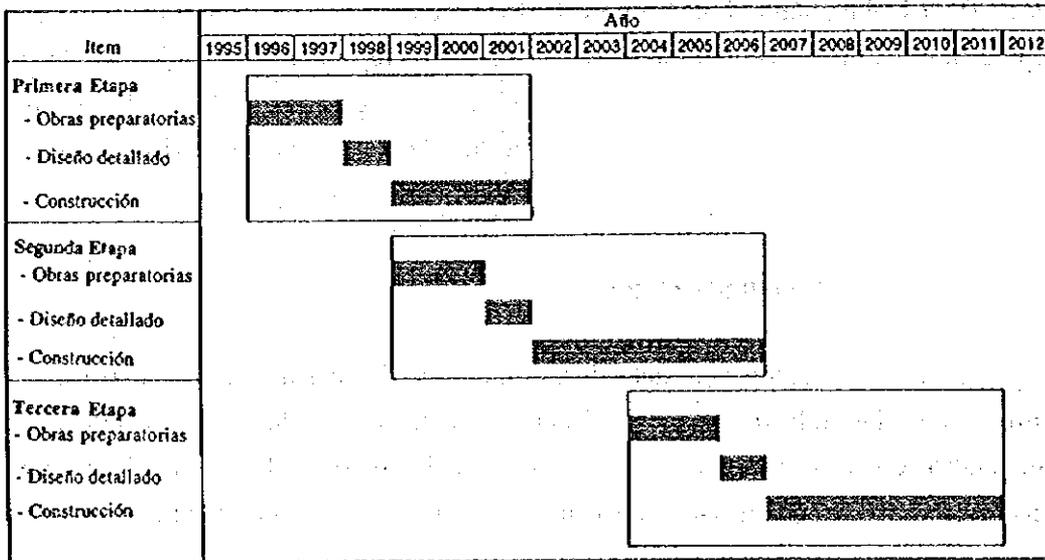
11.4.2 Implementación por etapas

El programa de construcción del alcantarillado y de saneamiento consistirá de dos componentes interrelacionados; recolección de aguas residuales e instalaciones de tratamiento. Cada componente tiene su lugar en las recomendaciones del programa de construcción, basada en los requisitos estimados para el período particular.

Las instalaciones básicas del sistema de aguas residuales a ser construidas al principio son la alcantarilla colectora principal y las plantas de tratamiento de aguas residuales. Después de terminar estas instalaciones comunes, es posible ser flexible en la implementación para servir diferentes áreas dentro de las regiones de alcantarillado, conectando las reticulaciones existentes y las nuevas alcantarillas a estos interceptores y colectores.

El desarrollo de la capacidad de tratamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales será aumentado en por etapas para adecuarse al influente proyectado. Las etapas para aumentar la capacidad de tratamiento de las plantas de las regiones Central y Sur 3, están mostradas en la Fig. 11-5. El programa del sistema de saneamiento incluye la construcción de alcantarillas ramales y laterales y plantas comunitarias de tratamiento.

Fig. 11-4



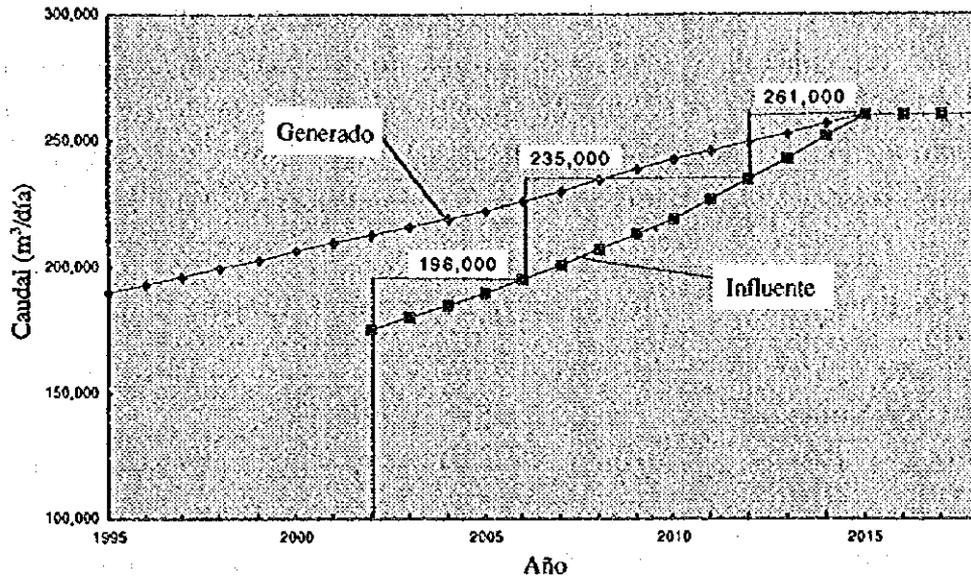
REPUBLICA DE GUATEMALA
 EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA
 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA
 (EMPAGUA)

ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL
 MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL
 AREA METROPOLITANA DE GUATEMALA

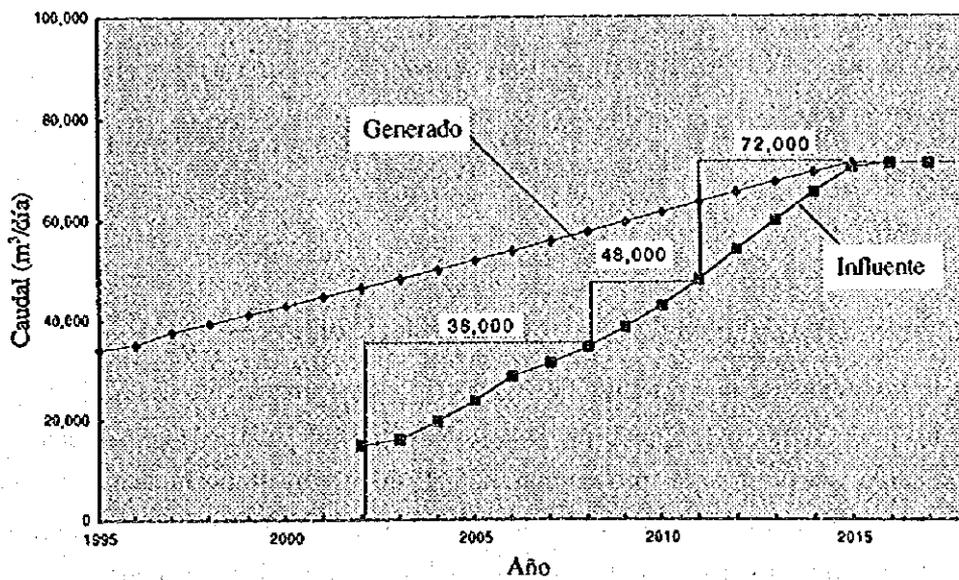
AGENCIA DE COOPERACION
 INTERNACIONAL DEL JAPON

TITULO
 PROGRAMA DE CONSTRUCCION
 PARA EL SISTEMA DE
 ALCANTARILLADO/SANEAMIENTO

Volumen total proyectado de aguas residuales generadas y caudal proyectado hacia la planta de tratamiento de aguas residuales - Región Central



Volumen total proyectado de aguas residuales generadas y caudal proyectado hacia la planta de tratamiento de aguas residuales - Región Sur 3



REPÚBLICA DE GUATEMALA
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA
DE LA CIUDAD DE GUATEMALA
(EMPAGUA)

ESTUDIO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL
MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL
ÁREA METROPOLITANA DE GUATEMALA

AGENCIA DE COOPERACION
INTERNACIONAL DEL JAPON

TITULO

ETAPAS PARA AUMENTO DE LA
CAPACIDAD DE TRATAMIENTO
EN LAS REGIONES CENTRAL Y
SUR 3

a) Primera etapa del programa de construcción (1999 a 2001)

Se recomienda que la implementación de la primera etapa sea iniciada en 1999 y termine en el 2001. Los componentes de las obras de alcantarillado incluyendo los colectores principales de 25 km aproximadamente, las alcantarillas ramales y las instalaciones de tratamiento primario y comunes (tales como la sala de control, calles de acceso, etc.), tendrán una capacidad diaria máxima de tratamiento de 195,800 m³/día para la región Central, y las instalaciones de tratamiento secundario y comunes tendrán una capacidad de tratamiento diario máximo de 35,600 m³/día para la región Sur 3. Los componentes del programa de construcción de la primera etapa están resumidos en la Tabla 11-6.

Tabla 11-6 Programa de Construcción Propuesto para la Primera Etapa

Instalaciones Componentes	Región Central	Región Sur 3
1. Sistema de alcantarillado		
Colectores principales	3,000 mm diám. × 10.1 km	300 a 1,500 mm diám. × 15.5 km
Alcantarillas ramales y laterales	---	Reticulaciones a colector principal
Plantas de tratamiento de aguas residuales	Adquisición de terreno	Adquisición de terreno
"	Instalaciones comunes	Instalaciones comunes
"	Tratamiento primario, 15 trenes	Tratamiento secundario, 3 trenes
2. Sistema de saneamiento		
Alcantarillas ramales y laterales	56 km aproximadamente	10 km aproximadamente
Plantas comunitarias de tratamiento	Adquisición de terreno para 35 plantas Construcción de 35 plantas	Adquisición de terreno para 3 plantas Construcción de 3 plantas

Fuente : Grupo de Estudio

b) Segunda etapa del plan de construcción (2002 a 2006)

Con la terminación de los sistemas de recolección de aguas residuales y de disposición para la primera etapa, se propone que la segunda etapa del plan de construcción sea del 2004 al 2006 se base a la proyección actual de desarrollo. Durante esta etapa de construcción, se suministrarán colectores principales, parte de las instalaciones de tratamiento secundario e instalaciones adicionales de tratamiento primario en la región Central y un tren adicional en la región Sur 3. Para el sistema de saneamiento, se construirán 35 plantas comunitarias de tratamiento en la región central y se conectarán pequeñas reticulaciones del alcantarillado. Los componentes a ser construidos están resumidos en la Tabla 11-7.

Tabla 11-7 Programa de Construcción Propuesto para la Segunda Etapa

Instalaciones Componentes	Región Central	Región Sur 3
1. Sistema de alcantarillado		
Colectores principales		200 a 1,500 mm de diám. × 21,48 km
Alcantarillas ramales y laterales	Conexión al colector principal	Reticulaciones a colector principal
Plantas de tratamiento de aguas residuales	Tratamiento primario, 3 trenes	Tratamiento primario, 1 tren
"	Tratamiento secundario, 10 trenes	Tratamiento secundario, 1 tren
2. Sistema de saneamiento		
Alcantarillas ramales y laterales	56 km aproximadamente	—
Plantas comunitarias de tratamiento	Adquisición de terreno para 35 plantas	—
"	Construcción de 35 plantas	—

Fuente : Grupo de Estudio

c) Tercera etapa del plan de construcción (2007 a 2011)

Después de completar la segunda etapa de construcción, se programa la tercera etapa para que comience en el 2007 y termine en el 2011 aproximadamente. Durante esta etapa, se construirán las alcantarillas principales, ramales y laterales restantes, y los trenes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Cuando la obra esté finalizada, un total de 1,140,400 personas dentro de las regiones Central y Sur 3, tendrán fácil acceso al sistema de alcantarillado y de saneamiento en el año 2015. Los componentes del sistema de aguas residuales a ser provisto en esta etapa están resumidos en la Tabla 11-8.

Tabla 11-8 Programa de Construcción Propuesto para la Tercera Etapa

Instalaciones Componentes	Región Central	Región Sur 3
1. Sistema de alcantarillado		
Colectores principales	—	—
Alcantarillas ramales y laterales	Reticulaciones a colector principal	Reticulaciones a colector principal
Plantas de tratamiento de aguas residuales	Tratamiento primario, 2 trenes	Tratamiento primario, 2 trenes
"	Tratamiento secundario, 10 trenes	Tratamiento secundario, 2 trenes
2. Sistema de saneamiento		
Alcantarillas ramales y laterales	65 km aproximadamente	—
Plantas comunitarias de tratamiento	Adquisición de terreno para 40 plantas	—
"	Construcción de 40 plantas	—

Fuente : Grupo de Estudio

11.4.3 Programa de inversión

El plan recomendado para la implementación de los sistemas de alcantarillado y saneamiento exige la construcción, operación y mantenimiento en tres etapas de construcción. La Tabla 11-9 muestra el costo de construcción para cada período, incluyendo las porciones en moneda local y extranjera. La Tabla 11-10 resume los costos de operación y mantenimiento por etapa.

a) Costos de construcción

El costo total de la construcción del alcantarillado y de las instalaciones sanitarias en estas tres etapas fue estimado en Q879 millones a los precios a mediados de 1995 en Guatemala, pero no se consideró la elevación de precios. Todos los costos de construcción incluyen extras para contingencias físicas del 10 por ciento, para administración del 3 por ciento, y para costos de ingeniería del 6 por ciento. Los costos para la construcción de cada tamaño de alcantarilla derivan de los costos unitarios resultantes de las obras civiles y del equipamiento, asumiendo que la mayoría de los materiales para las obras civiles estará disponible en Guatemala, mientras que algunos equipos serán importados.

Tabla 11-9 Costos de Construcción por Etapa

(Unidad: Millones de Quetzales)

Componentes	Primera Etapa (1999 - 2001)	Segunda Etapa (2002 - 2006)	Tercera Etapa (2007 - 2011)	Total
1. Sistema de alcantarillado				
Región central	162.3	154.0	149.2	465.5
Región sur 3	103.5	97.7	113.6	314.8
Subtotal	265.8	251.7	262.8	780.3
2. Sistema de saneamiento				
Región central	30.1	30.1	34.7	94.9
Región sur 3	3.8	0.0	0.0	3.8
Subtotal	33.9	30.1	34.7	98.7
3. Total General	299.7	281.8	297.5	879.0

Fuente : Grupo de Estudio

b) Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento para las alcantarillas y plantas de tratamiento fueron estimados basándose en la mano de obra necesaria, costos de transporte de fango y reparaciones por encomienda de las instalaciones.

Los costos de mano de obra y de transporte fueron asumidos como siendo proporcionales al nivel de desarrollo de la instalación y al porcentaje de influente proyectado para las plantas de tratamiento. Los costos de reparación fueron estimados como siendo del 0.5% del costo directo de construcción de las instalaciones.

Los costos anuales de operación y mantenimiento estimados para los sistemas de alcantarillado y saneamiento están resumidos en la Tabla 11-10.

Tabla 11-10 Costos Anuales de O/M por Región

(Unidades: Miles de Quetzales)

Año	Región Central			Región Sur 3			Total General
	Alcantarillado	Saneamiento	Total	Alcantarillado	Saneamiento	Total	
2002	3,736	151	3,887	996	79	1,075	4,962
2003	3,850	200	4,050	1,113	79	1,192	5,242
2004	3,969	266	4,235	1,241	79	1,320	5,555
2005	4,088	333	4,421	1,372	79	1,451	5,872
2006	4,212	399	4,611	1,506	79	1,585	6,196
2007	5,158	462	5,620	1,749	79	1,828	7,448
2008	5,282	528	5,810	1,909	79	1,988	7,798
2009	5,404	587	5,991	2,104	79	2,183	8,174
2010	5,527	653	6,180	2,270	79	2,349	8,529
2011	5,660	724	6,384	2,441	79	2,520	8,904
2012	6,536	776	7,312	2,728	79	2,807	10,119
2013	6,582	818	7,400	2,782	79	2,861	10,261
2014	6,628	849	7,477	2,806	79	2,885	10,362
2015	6,668	880	7,548	2,856	79	2,935	10,483
2016	6,672	897	7,569	2,859	79	2,938	10,507
2017	6,674	903	7,577	2,859	79	2,938	10,515
2018	6,675	908	7,583	2,859	79	2,938	10,521

Fuente : Grupo de Estudio

11.5 EVALUACION DE LOS PROYECTOS EN LAS REGIONES PRIORITARIAS

11.5.1 Evaluación técnica

La viabilidad técnica de las instalaciones propuestas para manejo de aguas residuales fue examinado en relación a los siguientes puntos de vista:

- Nivel apropiado de tecnología;

- Posibilidad de implementación del proyecto en relación al nivel técnico local
- Viabilidad de operación y mantenimiento requeridos para operar el sistema propuesto.

a) Instalaciones para recolección de aguas residuales

El sistema propuesto para recolección de aguas residuales funciona por gravedad, no necesitando de equipamiento eléctrico, mecánico o suministro de energía. La operación y mantenimiento son fáciles y de bajo costo.

Los grandes colectores mayores de 1,500 mm de diámetro y los registros hombre (conductos verticales), serán construidos por medio de túneles.

Los colectores existentes en la región Central fueron construidos por medio de túneles. EMPAGUA tiene experiencia y confianza en la construcción de túneles. Así, es apropiado aplicar la tecnología de construcción de túneles para construir los colectores propuestos.

b) Instalaciones para tratamiento de aguas residuales

El proceso de tratamiento de aguas residuales aplicado a los sistemas de alcantarillado y saneamiento son filtros percoladores y tanques sépticos con pozo de absorción/filtro anaeróbico respectivamente. Las instalaciones pequeñas con filtros percoladores y los tanques sépticos existen y funcionan en Guatemala.

Los sistemas propuestos son fáciles de construir con materiales disponibles en el lugar y no requieren equipamiento mecánico ni eléctrico importado. El O/M de los sistemas propuestos es fácil y de bajo costo, habiendo experiencia local y conocimientos acumulados en base a las instalaciones existentes. Así, se puede concluir que las instalaciones propuestas para tratamiento de aguas residuales son técnicamente viables.

c) Instalación para tratamiento de fango

Se propone transportar el fango del sistema de saneamiento a las plantas de tratamiento de aguas residuales propuestas para que reciba mayor tratamiento. El proceso de tratamiento de fango propuesto consiste de digestores anaeróbicos, sin tapas ni calentadores, y lechos para secado de fango.

Este proceso está siendo usado en las instalaciones existentes, habiendo experiencia de operación y conocimientos acumulados. El O/M del proceso es fácil y de bajo costo. Así,

se puede concluir que las instalaciones propuestas para tratamiento de fango son técnicamente viables.

11.5.2 Evaluación financiera

a) Tarifas para los servicios de alcantarillado

Las tarifas para el servicio de alcantarillado fueron estimadas en base a la tarifa de agua consumida, como tarifa extra. De acuerdo con la tarifa actual, la tasa es el 20% de la porción específica del agua potable consumida.

Para saber la tarifa unitaria promedio de los servicios de agua y alcantarillado se clasificaron los usuarios típicos; esto es, usuario doméstico promedio, comercial e industrial. Como el consumo unitario propuesto de agua está establecido en 200lit./cápita/día, y el tamaño promedio de una familia es calculado en 5.3 personas, el volumen mensual de agua residual de una familia fue estimado en 32 m³/mes como promedio. Este valor de 32 m³/mes/familia es el volumen de descarga de aguas residuales de una familia típica. La tarifa de EMPAGUA para este volumen a ser puesta en vigencia en enero de 1995, establece una tarifa específica de consumo de agua de Q 0.80/m³, por eso la tarifa unitaria de servicio de alcantarillado fue calculada en Q 0.16 m³/ (20% de Q 0.80 m³). Para usuarios de negocios típicos tales como establecimientos comerciales e industriales, las tarifas de servicio de alcantarillado fueron calculadas en Q 0.40/m³ y Q 0.50/m³, respectivamente.

El ingreso anual fue estimado como un producto del volumen anual generado de aguas residuales de los consumidores individuales y la tarifa unitaria de servicio de alcantarillado para de los consumidores correspondientes. La Tabla 11-11 indica el ingreso anual acumulado de las regiones Central y Sur 3 en los años 2002 y 2015.

De acuerdo con los resultados del "Estudio de la Actitud Pública", el precio mensual promedio que una familia podría pagar por el servicio de alcantarillado fue calculado en Q 13.3. El consumo mensual de agua fue calculado en 27 m³ promedio, de aquí que el precio unitario que una familia puede pagar por el servicio de alcantarillado fue calculado en Q 0.49/m³ como promedio. Aplicando este precio unitario promedio en lugar de la tarifa actual (Q 0.16/m³), los ingresos serían aproximadamente tres (3) veces mayores que los actuales.

Tabla 11-11 Información Básica Sobre Ingresos del Servicio de Alcantarillado con la Tarifa Actual

Categoría del Usuario	Descarga Promedio (m ³ /conex./mes)	Tarifa Unitaria ¹ (Q/m ³)	Volumen Entrante (10 ⁶ m ³ /año)		Ingreso (Millones de Q/año)	
			2002	2015	2002	2015
Región Central						
Doméstico ²	32	0.16	36.6	61.2	5.9	9.8
Comercial ²	70	0.40	17.4	26.1	6.9	10.4
Industrial	200	0.50	1.7	1.7	0.8	0.8
Total	-	-	55.7	89.0	13.6	21.0
Región Sur 3						
Doméstico ²	32	0.16	3.7	18.5	0.6	3.0
Comercial ²	70	0.40	0.4	1.8	0.2	0.7
Industrial	200	0.50	0.8	0.8	0.4	0.4
Total	-	-	4.9	19.3	1.2	4.1

Nota : ¹ Aplicando la tarifa de EMPAGUA

² El balance de las descargas de aguas residuales domésticas y de establecimientos comerciales fue asumido como siendo el mismo que el actual.

Fuente : Grupo de Estudio

El aumento de las tarifas de servicio sería indispensable para la implementación de este nuevo proyecto propuesto. A pesar de que el margen de aumento deberá ser discutido más específicamente y con una visión realista en la sección posterior, se proponen dos alternativas de tarifa de servicio como los que se describen más abajo para proceder al examen de factibilidad del proyecto propuesto.

Las dos alternativas de tarifa de servicio de alcantarillado fueron preparadas en base a la conexión, debido a la indisponibilidad de informaciones. Según la tarifa revisada en enero de 1995, el promedio de la tarifa de servicio se estima en alrededor de Q10 por conexión al mes, de acuerdo con el análisis de los ingresos de EMPAGUA en 1994, de los que se describen en el Informe de Apoyo H, Volumen III.

- Tarifa alternativa I: Doble del promedio de la tarifa actual, de Q20 por conexión al mes como promedio.

Es de notar que en la región Central, la mitad de la tarifa se destinarán al mantenimiento de la red de alcantarillado existente por EMPAGUA, y la mitad restante (Q10/conexión /mes) de la tarifa será aplicada al manejo del proyecto propuesto. Mientras tanto, en la región Sur 3, dado que el sistema de alcantarillado es casi nuevo, la tarifa de servicio de alcantarillado recaudada de los beneficiarios podría ser enteramente dedicada al proyecto propuesto.

- Tarifa alternativa II: Triple del promedio de la tarifa actual, de Q30 por conexión al mes como promedio.

En la región Central, Q10/conexión /mes serán destinados al mantenimiento de la red de colectores existente, y Q20/conexión/mes restantes podrían destinarse al proyecto proyecto. Mientras tanto, en la región Sur 3, toda la tarifa recaudada de servicio de alcantarillado, es decir Q30/conexión /mes podría ser aplicada al proyecto propuesto.

b) Viabilidad financiera del proyecto propuesto para las regiones prioritarias

El proyecto propuesto es examinado en términos de viabilidad desde el punto de vista financiero en esta sección. Los costos de construcción fueron estimados en detalle en la Sección 9.3 y en la Sección 10.4. Los costos de operación y mantenimiento también fueron estimados en esas secciones. Los costos fueron estimados en base a los precios unitarios en septiembre de 1995. El programa de inversión fue explicado en la Sección 11.4 de este Capítulo.

Los ingresos financieros fueron estimados como la suma global de (i) volumen generado de aguas residuales de cada categoría de conexión, y (ii) tarifa unitaria para las conexiones correspondientes a cada categoría. El volumen generado de aguas residuales por categoría de conexión, según usuarios domésticos e industriales fue estimado en el Informe de Apoyo A, Volumen III. Las tarifas unitarias están basadas en la tarifa alternativa I y II mencionada en la sección anterior.

Comparando los ingresos con los costos de arriba, la relación interna financiera de retorno (FIRR) para el capital bruto fue calculada como se muestra en la Tabla 11-12 para la tarifa alternativa I, y en la Tabla 11-13 para la tarifa alternativa II. El período de evaluación fue establecido dentro de la vida económica de las instalaciones, que fue asumido en 30 años, después de completar la construcción de la obra. La Tabla 11-12 muestra la FIRR que fue negativa (-1.1%) con la tarifa alternativa I. Esto significa que el total de ingresos previstos para la vida del proyecto es menor que el costo total de construcción y los gastos de O/M para la vida del proyecto.

Por otra parte, aunque la FIRR en la tarifa alternativa II no fue grande, las FIRR fueron positivas, 4.1% como se muestra en la Tabla 11-13. Este porcentaje fue menor que las tasas de interés de IBRD (7.72%) e IDB (8.1%), que están listadas en la Tabla 5-17. Por lo tanto, aun en el caso de que los beneficiarios aceptasen las tarifas de servicio que fueron sugeridas a partir del "Estudio de la Actitud Pública", el proyecto propuesto no sería viable desde el punto de vista financiero.

Para que el proyecto propuesto alcance un nivel financieramente viable del 8%, una de las contramedidas más efectivas es recibir subsidios o contribución. La dificultad para la implementación del proyecto fue causada por el peso financiero de los esquemas de la región Sur 3. Cuando el 40% del costo total de construcción sea cubierto por contribución para mitigar este peso, la FIRR sería del 8.4%. En este caso, el total de este subsidio o contribución sería de Q 350 millones, que corresponde a 1.1 veces los costos totales de construcción del sistema de alcantarillado (Q 315 millones) de los esquemas de la región Sur 3. La corriente financiera para este caso está tabulada en la Tabla 11-14.

**Tabla 11-12 Gastos Financieros y Corriente de Ingresos del Proyecto
Propuesto con la Tarifa Alternativa I**

(Unidad: Q1,000)

No. de Serie	Año	Construcción			Doméstico			Balance
		Gastos	O/M	Total	Ingresos	Industria	Total	
1	1999	99,900	0	99,900	0	0	0	-99,900
2	2000	99,900	0	99,900	0	0	0	-99,900
3	2001	99,900	0	99,900	0	0	0	-99,900
4	2002	56,300	4,962	61,262	14,371	1,672	16,042	-45,220
5	2003	56,300	5,242	61,542	14,939	1,672	16,610	-44,932
6	2004	56,300	5,555	61,855	15,833	1,672	17,504	-44,351
7	2005	56,300	5,872	62,172	16,781	1,672	18,453	-43,719
8	2006	56,600	6,196	62,796	17,888	1,672	19,560	-43,236
9	2007	59,500	7,448	66,948	18,735	1,672	20,407	-46,541
10	2008	59,500	7,798	67,298	19,652	1,672	21,324	-45,974
11	2009	59,500	8,174	67,674	20,626	1,672	22,298	-45,376
12	2010	59,500	8,529	68,029	21,684	1,672	23,355	-44,674
13	2011	59,500	8,904	68,404	22,975	1,672	24,647	-43,757
14	2012		10,119	10,119	24,370	1,672	26,042	15,923
15	2013		10,261	10,261	25,759	1,672	27,431	17,170
16	2014		10,362	10,362	27,169	1,672	28,841	18,479
17	2015		10,483	10,483	28,381	1,672	30,053	19,570
18	2016		10,507	10,507	28,521	1,672	30,192	19,685
19	2017		10,515	10,515	28,533	1,672	30,205	19,690
20	2018		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
21	2019		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
22	2020		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
23	2021		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
24	2022		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
25	2023		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
26	2024		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
27	2025		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
28	2026		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
29	2027		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
30	2028		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
31	2029		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
32	2030		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
33	2031		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
34	2032		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
35	2033		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
36	2034		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
37	2035		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
38	2036		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
39	2037		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
40	2038		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
41	2039		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
42	2040		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696
43	2041		10,521	10,521	28,546	1,672	30,217	19,696

FIRR : -1.1%

**Tabla 11-13 Gastos Financieros y Corriente de Ingresos del Proyecto
Propuesto con la Tarifa Alternativa II**

(Unidad: Q1,000)

No. de Serie	Año	Construcción			Doméstico		Balance
		Gastos	O/M	Total	Ingresos	Industria	
1	1999	99,900	0	99,900	0	0	-99,900
2	2000	99,900	0	99,900	0	0	-99,900
3	2001	99,900	0	99,900	0	0	-99,900
4	2002	56,300	4,962	61,262	28,116	2,936	-30,210
5	2003	56,300	5,242	61,542	29,251	2,936	-29,355
6	2004	56,300	5,555	61,855	30,934	2,936	-27,985
7	2005	56,300	5,872	62,172	32,696	2,936	-26,540
8	2006	56,600	6,196	62,796	34,727	2,936	-25,133
9	2007	59,500	7,548	67,048	36,346	2,936	-27,766
10	2008	59,500	7,798	67,298	38,077	2,936	-26,284
11	2009	59,500	8,174	67,674	39,875	2,936	-24,863
12	2010	59,500	8,529	68,029	41,820	2,936	-23,273
13	2011	59,500	8,904	68,404	44,186	2,936	-21,281
14	2012		10,119	10,119	46,714	2,936	39,531
15	2013		10,261	10,261	49,240	2,936	41,915
16	2014		10,362	10,362	51,792	2,936	44,367
17	2015		10,483	10,483	53,994	2,936	46,447
18	2016		10,507	10,507	54,259	2,936	46,689
19	2017		10,515	10,515	54,296	2,936	46,718
20	2018		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
21	2019		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
22	2020		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
23	2021		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
24	2022		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
25	2023		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
26	2024		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
27	2025		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
28	2026		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
29	2027		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
30	2028		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
31	2029		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
32	2030		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
33	2031		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
34	2032		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
35	2033		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
36	2034		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
37	2035		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
38	2036		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
39	2037		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
40	2038		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
41	2039		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
42	2040		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
43	2041		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749

FIRR : -4.1%

Tabla 11-14 Gastos Financieros y Corriente de Ingresos del Proyecto Propuesto con la Tarifa Alternativa II, con Subsidio del 37% del Costo de Construcción

(Unidad: Q1,000)

No. de Serie	Año	Construcción			Doméstico		Balance
		Gastos	O/M	Total	Ingresos	Industria	
1	1999	59,940	0	59,940	0	0	-59,940
2	2000	59,940	0	59,940	0	0	-59,940
3	2001	59,940	0	59,940	0	0	-59,940
4	2002	33,780	4,962	38,742	28,116	2,936	-7,690
5	2003	33,780	5,242	39,022	29,251	2,936	-6,835
6	2004	33,780	5,555	39,335	30,934	2,936	-5,465
7	2005	33,780	5,872	39,652	32,696	2,936	-4,020
8	2006	33,960	6,196	40,156	34,727	2,936	-2,493
9	2007	35,700	7,548	43,248	36,346	2,936	-3,966
10	2008	35,700	7,798	43,498	38,077	2,936	-2,484
11	2009	35,700	8,174	43,874	39,875	2,936	-1,063
12	2010	35,700	8,529	44,229	41,820	2,936	527
13	2011	35,700	8,904	44,604	44,186	2,936	2,519
14	2012		10,119	10,119	46,714	2,936	39,531
15	2013		10,261	10,261	49,240	2,936	41,915
16	2014		10,362	10,362	51,792	2,936	44,367
17	2015		10,483	10,483	53,994	2,936	46,447
18	2016		10,507	10,507	54,259	2,936	46,689
19	2017		10,515	10,515	54,296	2,936	46,718
20	2018		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
21	2019		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
22	2020		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
23	2021		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
24	2022		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
25	2023		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
26	2024		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
27	2025		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
28	2026		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
29	2027		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
30	2028		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
31	2029		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
32	2030		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
33	2031		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
34	2032		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
35	2033		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
36	2034		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
37	2035		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
38	2036		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
39	2037		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
40	2038		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
41	2039		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
42	2040		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749
43	2041		10,521	10,521	54,334	2,936	46,749

FIRR : -8.4%

c) Solidez financiera del responsable del proyecto

Como se discutió en la sección previa, el proyecto propuesto sería viable si las tarifas del servicio de alcantarillado de la alternativa II fuesen aplicadas, y el 40% del costo total de inversión fuese subsidiado o contribuido por los gobiernos. Para manejar el presente Proyecto con solidez, también debería considerar la obtención de un préstamo de corto plazo para cubrir el déficit financiero anual. De aquí que, se asumieron los términos de los préstamos de la siguiente manera:

- (1) Préstamo extranjero a largo plazo: Tasa de interés del 8.1% por año, con período de pago de 20 años incluyendo un período de gracia de 5 años.
- (2) Préstamo a corto plazo: Tasa de interés del 10% por año para el fondo de trabajo, en caso de cubrir el déficit financiero a corto plazo.

El balance de efectivo para el proyecto propuesto se muestra en la Tabla 11-15. De acuerdo con la tabla, para que el responsable (EMPAGUA), pueda realizar el manejo sólido del proyecto durante la vida económica del mismo, es necesario que el 66% del interés del préstamo a corto plazo sea subsidiado por los gobiernos. De lo contrario, el interés del préstamo a corto plazo puede significar un peso excesivo para el manejo del proyecto en el futuro. Como se puede apreciar en la tabla, en el año 2026 el mismo será un monto máximo de Q 264 millones, 28 años después de haberse iniciado el proyecto. Sin embargo una vez que EMPAGUA obtenga el subsidio del interés, podrá obtener un superávit de efectivo de Q40 millones, al fin de la vida del proyecto.

d) Presupuesto familiar de los usuarios domésticos

En el "Estudio de la Actitud Pública", el ingreso mensual de las familias fue clasificado en los siguientes niveles: clase de ingreso alto (más de Q 5,000); clase de ingreso medio (entre Q2,001 y Q5,000); y clase de ingreso bajo (menos de Q2,000). En el estudio, el volumen promedio del consumo de agua (descarga de aguas residuales) fue analizado de la siguiente manera: 43 m³/mes para la clase de ingreso alto, 25 m³/mes para la clase de ingreso medio; y 23 m³/mes para la clase de ingreso bajo. La Tabla 11-16 muestra el nivel de las tarifas de servicio de alcantarillado como porcentaje del ingreso familiar por nivel de ingreso. De aquí, cada familia fue asumida como consumiendo el volumen arriba mencionado de agua.

Tabla 11-15 Corriente Financiera de Ingresos y Gastos del Proyecto Propuesto con la Tarifa Alternativa II con Subsidio del 40% del Costo de Construcción y Préstamo a Largo Plazo del 60% del Costo de Construcción

Sem. Año No.	Ingresos		Expendit. Capital		Expendit. Operativa		Ingresos		Residuos		Balance		Balance de Ingresos		Expendit. Interés del Préstamo		Balance		Fondo de Trabajo		Balance de Efectivo		Balance al Frente	
	Préstamo	Subsidio	Total	Costo de Construcción	Principales	Pago	Total	Residuos Domésticos	Residuos Industriales	Total	Gastos de O.M.	Deposición	Total	Interés del Préstamo	Total	Préstamo	Pago	Total	Préstamo	Pago	Efectivo	"1		
1 1999	60	40	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2 2000	60	40	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3 2001	60	40	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4 2002	34	23	56	56	0	0	0	28	3	31	0	42	5	17	11	11	42	5	17	11	12	3	3	
5 2003	34	23	56	56	0	0	0	30	3	33	0	46	5	20	13	13	46	5	20	13	0	15	18	
6 2004	34	23	56	56	12	12	-12	31	3	34	0	49	6	22	14	14	49	6	22	14	0	4	22	
7 2005	34	23	56	56	12	12	-12	33	3	36	0	51	5	24	16	16	51	5	24	16	0	5	27	
8 2006	34	23	56	56	12	12	-12	35	3	38	0	54	5	25	17	17	54	5	25	17	0	5	32	
9 2007	36	24	60	60	23	23	-23	36	3	39	0	57	7	10	17	17	57	7	10	17	0	-11	21	
10 2008	36	24	60	60	23	23	-23	38	3	41	0	59	8	10	18	18	59	8	10	18	0	-10	12	
11 2009	36	24	60	60	23	23	-23	40	3	43	0	62	8	10	19	19	62	8	10	19	0	0	3	
12 2010	36	24	60	60	23	23	-23	42	3	45	0	64	9	10	19	19	64	9	10	19	0	0	0	
13 2011	36	24	60	60	23	23	-23	44	3	47	0	67	9	10	20	20	67	9	10	19	0	0	0	
14 2012	35	23	58	58	15	15	-15	46	3	49	0	69	10	16	18	18	69	10	16	18	0	0	0	
15 2013	35	23	58	58	15	15	-15	48	3	51	0	71	10	16	18	18	71	10	16	18	0	0	0	
16 2014	35	23	58	58	15	15	-15	51	3	54	0	74	10	16	19	19	74	10	16	18	0	0	0	
17 2015	35	23	58	58	15	15	-15	53	3	56	0	76	10	16	20	20	76	10	16	18	0	0	0	
18 2016	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
19 2017	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
20 2018	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
21 2019	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
22 2020	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
23 2021	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
24 2022	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
25 2023	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
26 2024	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
27 2025	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
28 2026	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
29 2027	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
30 2028	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
31 2029	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
32 2030	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
33 2031	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
34 2032	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
35 2033	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
36 2034	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
37 2035	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
38 2036	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
39 2037	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
40 2038	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
41 2039	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
42 2040	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
43 2041	35	23	58	58	15	15	-15	54	3	57	0	77	11	16	20	20	77	11	16	18	0	0	0	
Total	527	352	879	879	527	527	-527	1,067	117	1,184	383	475	442	508	1,809	527	3,376	383	475	442	508	1	40	40

Nov. 21. (Balance de Capital) = (Balance de Ingresos) - (Depreciación)
 *2 66% de la posición de interés del préstamo a largo plazo
 *3 Tasa de interés del fondo de trabajo: 10% p.a.
 *4 Términos del préstamo extranjero: Interés: 20 años (incluyendo 5 años de gracia) Periodo de Pago:

En el momento actual las tarifas del servicio de alcantarillado son menos del 0.13% del ingreso familiar para la clase de ingreso alto; 0.08% a 0.20% para la clase de ingreso medio; y más del 0.18% para la clase de ingreso bajo. Si la tarifa alternativa (b) fuese reflejada en la tarifa de servicio de alcantarillado, las tarifas se incrementarían a menos del 0.38% del ingreso familiar para la clase de ingreso alto; 0.24% a 0.60% para la clase de ingreso medio; y más del 0.55% para la clase de ingreso bajo. Esos porcentajes son bajos en comparación con la cifra de referencia del 3%. Sin embargo, se puede decir que la estructura tarifaria será más pesada para las clases de ingreso bajo y medio que para la clase de ingresos familiares altos.

Tabla 11-16 Nivel de Tarifas del Servicio de Alcantarillado Como Porcentaje del Ingreso Familiar

Item	Ingreso Bajo	Ingreso Medio	Ingreso Alto
Ingreso mensual (Quetzales)	Menos de 2,000	2,001 a 5,000	Más de 5,001
Consumo de agua (m ³ /mes)	23	25	43
Tarifa del servicio de alcantarillado			
Tarifa actual	3.68	4.00	6.40
Tarifas basadas en tarifa II ^{*1}	11.04	12.00	19.20
Porcentaje del ingreso			
Tarifa actual	Más del 0.18%	0.08% a 0.20%	Menos del 0.13%
Tarifas basadas en tarifa II ^{*1}	Más del 0.55%	0.24% a 0.60%	Menos del 0.38%
Tarifa de referencia ^{*2}	Máximo de 3%	Máximo del 3%	Máximo del 3%

Nota : *1 Tarifa alternativa II, o sea tres veces al tarifa actual

*2 Sancamiento de bajo costo, World Bank Economic Development Institute

Fuente : Grupo de Estudio

Para reducir el impacto del aumento en las familias de ingresos más bajos, es posible considerar cierto tipo de subsidio cruzado. Por ejemplo, si EMPAGUA emplea una tarifa progresiva de dos pasos con corte del volumen consumido en 40 m³ por mes, se puede esperar un efecto de subsidio cruzado de las familias con ingresos altos cuyo consumo promedio mensual es más de 40 m³, hacia las familias de ingreso bajo o medio. Otro ejemplo es un sistema de tarifa por distrito. Si EMPAGUA establece una tarifa más alta para las zonas y áreas donde viven familias con ingresos más altos, los residentes de las otras áreas se transformarán en los beneficiarios del subsidio cruzado.

También, se puede cobrar una asignación a los beneficiarios, lo cual será otra fuente de inversión de capital, por eso el nivel del aumento en total puede ser reducido. Tal tarifa especial de asignación puede ser cobrada al siguiente grupo de personas cuyos perfiles no son necesariamente iguales: