

## **CAPÍTULO 5**

# **SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE Y PLANES FUTUROS**

### **5.1 GENERALIDADES**

Las condiciones actuales del sistema existente de alcantarillado en el Área de Estudio se resumen en este capítulo, con base en la información disponible en los informes de GTE e INRH y demás organizaciones relacionadas. También se describen las investigaciones realizadas al alcantarillado existente y a las conexiones cruzadas que se efectuaron en este Estudio.

También se resumen en este capítulo los planes de desarrollo del alcantarillado realizados para el mejoramiento de la calidad del agua en la Bahía de la Habana, a partir de los datos disponibles en los informes del Proyecto GEF y en los informes de GTE. Se describen también los planes para resolver los problemas actuales de O/M que afectan al sistema existente de alcantarillado.

### **5.2 SISTEMA EXISTENTE DE ALCANTARILLADO**

#### **5.2.1 ÁREA ACTUAL SERVIDA /DISTritos**

El Área servida por el alcantarillado en el Área en Estudio se muestra en la figura 5.1. En la parte Occidental del Área en Estudio existe un sistema de alcantarillado. El área servida, unas 4,500 hectáreas, está cubierta por el Sistema de Alcantarillado Central: redes de alcantarillado, colectores de estación de bombeo, un sifón y una estación principal de bombeo, un túnel de conducción y una estructura de descarga. El mantenimiento del sistema de alcantarillado lo realiza una empresa “Aguas de La Habana”. En la parte Sur-Oriental del Área en Estudio existen también pequeñas áreas con alcantarillado. Estos pequeños alcantarillados se construyeron para descargar las aguas residuales en el río o a corrientes vecinas. El mantenimiento de estos alcantarillados lo efectúa una empresa “Acueducto del Este”.

#### **5.2.2 ALCANTARILLADOS**

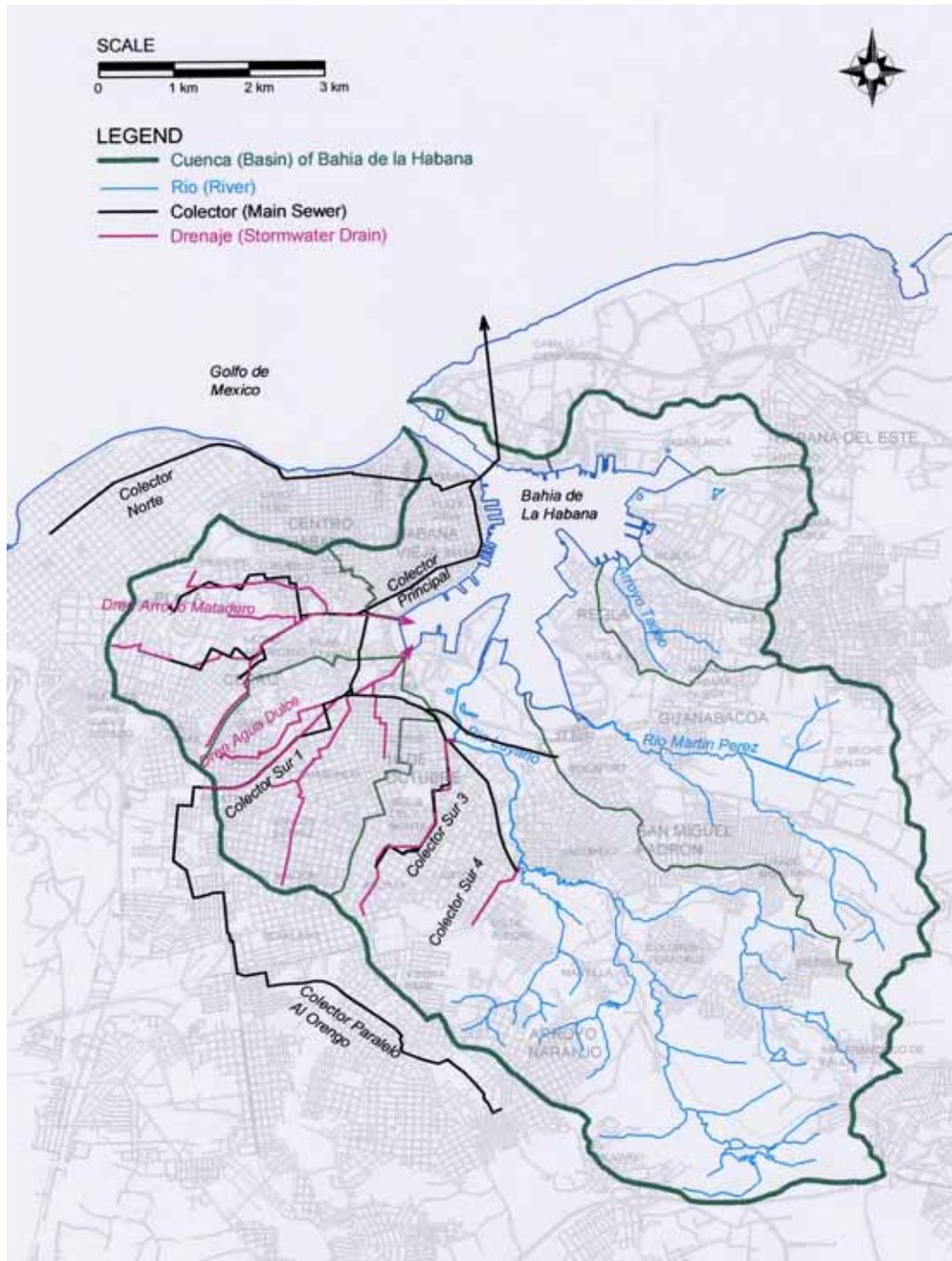
##### **(1) Redes de Alcantarillado**

Las redes del alcantarillado Central fueron construidas entre 1905 y 1915; así, las redes han estado en uso por más de 90 años. Los otros alcantarillados pequeños fueron construyéndose a medida que se desarrollaba el área, junto con otra infraestructura como acueducto y drenajes. El diámetro mínimo de las alcantarillas es 150 mm.

Se tiene la información de que en el área servida por el alcantarillado existen conexiones cruzadas. En este Estudio se realizaron investigaciones para identificar la situación actual de las conexiones cruzadas y entender los antecedentes de la práctica de estas conexiones.

##### **(2) Colectores**

El alcantarillado Central tiene los siguientes 9 colectores: Norte, Sur, Sur 1, Sur 2, Sur 3, Sur 4, Paralelo al Orenge, Cerro y Centro Habana. La ubicación de cada colector se muestra en la figura 5.1. En la Tabla siguiente se resume el área de servicio de cada colector y su diámetro:



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 5.1  
Colectores del Sistema de Alcantarillado Central

**Tabla 5.1 Colectores del Sistema de Alcantarillado Central**

Colector	Área Servida (ha)	Diámetro (mm)
Norte	959.6	450 – 1500
Sur	253.8	1500 – 2100
Sur1	601.5	900
Sur2	96.2	750 – 900
Sur3	280.3	600 – 750
Sur4	147.2	375 – 750
Cerro	622.1	675 – 1350
Centro Habana	228.9	450 – 750
Paralelo al Orengo	1275.4	750 – 900

Fuente: “Análisis Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Principal de Ciudad de La Habana”

De todos los colectores, el Colector Sur 2, Sur 4 y parte del colector Paralelo al Orengo no están conectados al sistema de alcantarillado Central: el colector Sur 2 está roto en el sifón bajo el Río Luyanó descargando sus aguas en este río, el colector Sur 4 está roto en el cruce sobre el Arroyo Pastrana y además está obstruido en el cruce con la Línea de Ferrocarril cercana a la Calzada de Luyanó, por lo que existe una conexión al sistema de drenaje que vierte al Arroyo Pastrana y parte del colector Paralelo al Orengo tiene dos roturas en los cruces con el Arroyo Orengo dentro del Municipio Arroyo Naranjo.

Los datos básicos de los colectores se cargarán en un Software (SEWER CAD) para calcular la capacidad actual de cada colector. Los datos básicos de los colectores son los siguientes: diámetro nominal, longitud, cota de invertida y material de la tubería. La capacidad actual será calculada con la fórmula de Manning, con un coeficiente de rugosidad “n” de 0.016, teniendo en cuenta la edad de las tuberías. Durante la preparación del plan maestro de alcantarillado para la Bahía de la Habana, la capacidad calculada de los colectores existentes será confirmada, para saber si cada uno de los colectores tiene suficiente capacidad para transportar el volumen futuro de agua residual.

La investigación de calidad de agua en las alcantarillas existentes se ha llevado a cabo en Caballería en octubre y diciembre del 2002 por CENHICA/CIMAB bajo este estudio. Los resultados se resumen en Capítulo 6 para comparar con los resultados de aguas residuales descargados a través de los canales de drenaje.

### (3) Sifón

Entre la cámara de sedimentación y de rejillas y la Estación de Bombeo de Casablanca existe un sifón. Este sifón, está construido con tubería de concreto de 2.13 m de diámetro y con una longitud total de 375 m, fue instalado a 12 m bajo el fondo del mar y en su parte más profunda está 30 m bajo el nivel del mar.

Para la limpieza, se instaló una tubería por dentro del sifón desde su punto más bajo y a través de ésta, los sedimentos acumulados son removidos por medio de una bomba. La bomba de limpieza debe funcionar de cuatro a seis horas diarias para evitar la obstrucción.

Debido a que la estructura del sifón tiene más de 90 años de uso, en algunas partes del sifón pueden estar presentándose filtraciones de agua residual o entradas de agua de mar por succión. Sin embargo, no se ha realizado ninguna investigación reciente para identificar estos problemas. Será necesario efectuar unas pruebas preliminares para determinar el estado técnico del sifón.

#### (4) Túnel de Conducción

Entre la Estación de Bombeo de Casablanca y el emisario submarino, existe un túnel de conducción de 1,447m de longitud. El túnel es revestido en concreto, con sección transversal en forma de herradura, de 2.0 metros de altura, 2.15m de ancho y 30cm de espesor de muros. Los últimos trabajos de rehabilitación se realizaron en 1991, para reparar la rotura parcial de la superficie interna. Se preparó un estudio de factibilidad para su rehabilitación; pero su aprobación aún está pendiente.

#### (5) Emisor Submarino

El emisario submarino, de 1,500 mm de diámetro (5 pies) y 140 m de longitud, fue construido para descargar el agua residual en el mar a una profundidad de 9 m. Puesto que este emisario está en uso desde hace más de 90 años y en algunos puntos está dañado; una inspección efectuada por buzos identificó grietas en las uniones de los tubos y roturas que provocan salideros de agua residual.

Se realizó un estudio de factibilidad para construir dos emisarios submarinos, de 300 m de longitud con difusores de 140 m y descarga en el mar a una profundidad de 26 m. Su aprobación está pendiente.

### 5.2.3 INVESTIGACIÓN DE CONEXIONES CRUZADAS

#### (1) Antecedentes y propósito

Una gran cantidad de agua residual se descarga en los principales canales de drenaje como el de Agua Dulce y Arroyo Matadero. Se informa que la razón principal son las conexiones cruzadas que han sido instaladas del sistema de alcantarillado al sistema de drenaje. A las conexiones cruzadas las llaman “conexiones ilegales” en el Área de Estudio. La información técnica detallada se limitó a entender las situaciones. Como resultado, en este estudio se realizó una investigación de conexiones cruzadas (ilegales) para identificar las situaciones reales de éstas y obtener sus datos básicos.

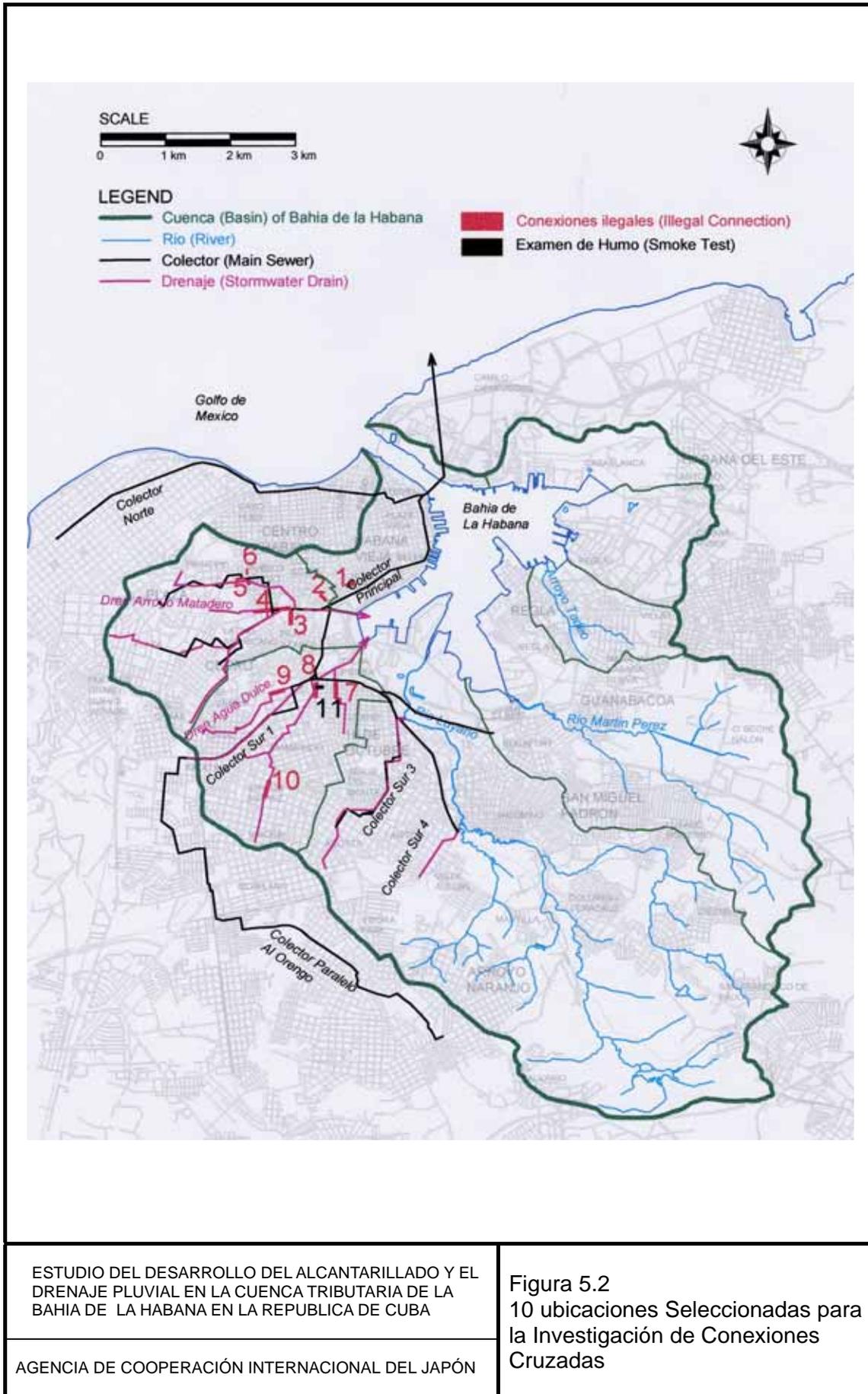
#### (2) Método

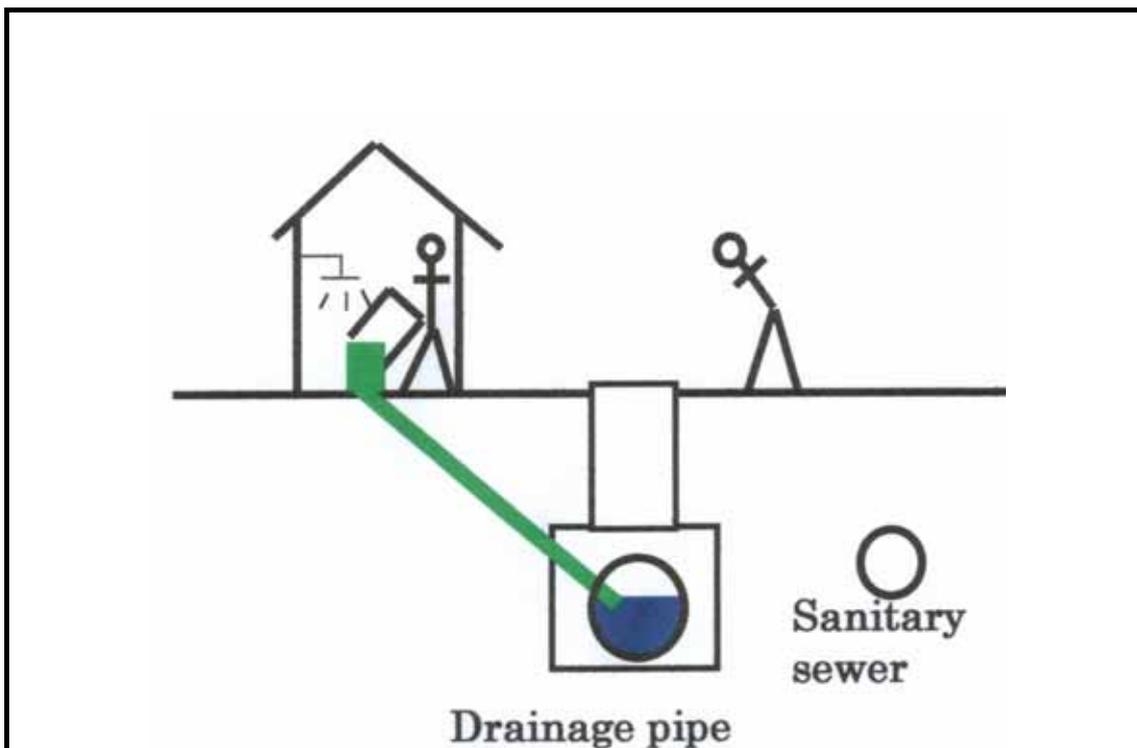
En Figura 5.2 se muestra la ubicación de 10 sectores seleccionados para ser investigados por conexiones cruzadas. Los sectores piloto a investigar se ubicaron en las principales áreas de drenaje de Agua Dulce, Arroyo Matadero y San Nicolás, con base en lo discutido con la contraparte Cubana, teniendo en cuenta el actual uso del suelo.

El método apropiado de investigación se escogió de pruebas simples, como la prueba con humo o añadiendo colorantes al agua, teniendo en cuenta la condición de flujo del agua residual en cada tubería investigada, el diseño de la conexión domiciliar y otras condiciones locales. Luego de una investigación de campo preliminar, se determinó que la prueba con colorantes era el mejor método por las siguientes razones:

- Un volumen grande de agua residual que fluye por la tubería interfiere hasta suspender el flujo y, en consecuencia, la prueba con humo es muy difícil de realizar. La prueba con colorantes es fácil de ejecutar; sin embargo requiere observaciones cuidadosas de los flujos en las tuberías de drenaje y de alcantarillado.
- No existen registros de inspección en las conexiones domiciliarias; el desagüe es conectado directamente a la tubería principal de la calle. La prueba con humo es difícil de realizar ya que el humo inyectado solo se detecta en las tuberías rotas, al no existir registro de inspección domiciliar.

La prueba con colorantes para las conexiones domiciliarias se muestra esquemáticamente y se explica en Figura 5.3.





**Procedimiento de investigación:**

Realizar una investigación de campo preliminar para verificar la localización de los registros de inspección, los sistemas de drenaje y alcantarillado sanitario en la calle y las conexiones domiciliarias.

Explicar el propósito de la prueba con colorantes a los residentes de las propiedades en donde se efectuarán las pruebas.

Destapar el registro de inspección relacionado con el sistema de drenaje.

Preparar el colorante e inyectarlo en los desagües de cocina e inodoros; informar al observador ubicado en el registro de inspección sobre el inicio de la prueba.

Detectar el colorante cuando fluye por el registro de inspección del sistema de drenaje.

Cuando el colorante que fluye es identificado, se considera que la prueba es positiva; los desagües sanitarios están conectados ilegalmente al sistema de drenaje.

Pasar a la siguiente propiedad a ser investigada y

Repetir el proceso anterior hasta terminar la investigación del sector.

<p>ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA</p>	<p>Figura 5.3 Procedimiento de Investigación de Conexiones Cruzadas. Método de Prueba con Colorantes.</p>
<p>AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN</p>	

**(3) Resultados de la Investigación**

Los resultados de la investigación se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 5.2 Resultados de la Investigación de Conexiones Cruzadas**

<b>Área de Drenaje</b>	<b>Ubicación No. en la figura 5.2</b>	<b>Número de propiedades investigadas</b>	<b>Número de conexiones cruzadas detectadas</b>
<b>I) San Nicolas</b>	1	31	0
<b>II) Arroyo Matadero</b>	2	31	0
	3	24	0
	4	8	0
	5	33	2
	6	13	0
<b>III) Agua Dulce</b>	7	5	0
	8	17	1
	9	20	0
	10	35	0
<b>Total</b>		<b>217</b>	<b>3</b>

Los resultados muestran que no se detectaron mayores conexiones cruzadas; casi todas las conexiones domiciliarias están conectadas correctamente al alcantarillado.

No obstante, es un hecho que un gran volumen de aguas residuales fluye por los sistemas de drenajes, aún en tiempo seco y, eventualmente, se descargan directamente a la Bahía de la Habana, sin tratamiento. En consecuencia, se realizó una posterior investigación de conexiones cruzadas para encontrar las razones. Se encontraron conexiones cruzadas del sistema de alcantarillado sanitario al sistema de drenaje, las cuales fueron confirmadas por medio de pruebas con colorantes. Es también claro que dichas conexiones cruzadas fueron realizadas por la anterior autoridad de planeación, construcción y mantenimiento del alcantarillado, para resolver el problema urgente de descargar a las corrientes vecinas el creciente volumen de aguas residuales, producto del aumento en la población. El problema debió resolverse construyendo nuevos alcantarillados para cubrir la insuficiente capacidad de las tuberías existentes. Estas prácticas erróneas se efectuaron durante severas restricciones financieras y, desafortunadamente, las memorias de diseño y los planos de las estructuras de las conexiones cruzadas no están disponibles, incluso la información sobre su ubicación.

La construcción de estructuras de conexiones cruzadas es la causa de la descarga directa de aguas residuales en la Bahía de la Habana, a través de los sistemas de drenaje. Para resolver este serio problema, se requiere un estudio completo, para ubicar las estructuras de conexiones cruzadas, investigar dichas estructuras, preparar planes alternativos y seleccionar el plan más adecuado. La investigación de campo detallada para identificar las conexiones cruzadas se requiere con urgencia.

**5.2.4 ESTACION DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES**

Una estación de bombeo de aguas residuales opera en el Área de Estudio. La Estación de Bombeo de Casablanca fue construida entre 1908 y 1915, junto con la cámara de sedimentación y de rejillas, el sifón, el túnel de conducción y el emisario submarino.

**(1) Cámara de Sedimentación y de Rejas**

Existen tres estructuras para retener la arena, provistas de rejas de operación automática. La

arena acumulada en el fondo de las estructuras se elimina de forma manual sin embargo la limpieza de los desarenadores requiere de la utilización de medios y hombres, además del personal propio de la instalación, lo cual no permite una sistematización de la limpieza de éstos, debe buscarse una solución más racional y sencilla que permita con el personal que allí labora la limpieza periódica de estos canales.

Las tres rejas automáticas que existen no tienen caseta; dos de las rejas están fuera de servicio debido a dificultades con el funcionamiento de los sistemas de izaje. Los desperdicios que se quedan a las rejas rotas se limpian manualmente.

Existen unas rejas gruesas al final de la cámara de sedimentación que para su limpieza se coordina con la Estación de Bombeo de Casablanca para mantener el agua en su nivel más bajo y que el operario pueda bajar a la parilla y extraer los sólidos retenidos. Esta limpieza se realiza periódicamente.

Existe una estructura para desviar el flujo de agua residual a la bahía en los siguientes casos: falla de energía, falla por rotura o mantenimiento de la Estación de Bombeo de Casablanca. La estructura de desviación es controlada, manualmente, por medio de compuertas de acero; no hay grúa, de tal modo que es necesario utilizar un camión grúa para instalar y retirar las compuertas.

La estructura y los equipos son operados por tres equipos de operadores; cada equipo está conformado por tres operarios. Los equipos de trabajo tienen los siguientes turnos: un día de labores y dos días de descanso.

Los materiales extraídos se depositan transitoriamente y luego son retirados en camión hasta los sitios de disposición de desechos sólidos.

Se han detectado los siguientes problemas de O/M:

- Existe una deficiente remoción de arenas y material grueso que sedimenta en el punto más bajo del sifón, obstruyendo la tubería de limpieza cuando la bomba suspende su operación.
- Se ofrece un aspecto desagradable al público y turistas al exponer el sistema de rejas, sin caseta de cerramiento, dejando los materiales extraídos, expuestos, sin ningún tipo de cuidado, en el sitio.

Se recomienda una rehabilitación urgente de los equipos mecánicos de las rejas y la limpieza de la cámara de sedimentación, para minimizar la acumulación de sedimentos en el punto más bajo del sifón y mejorar la operación de las bombas de aguas residuales.

## (2) Estación de Bombeo de Casablanca.

La Estación de Bombeo de Casablanca se construyó en 1915. Los equipos de bombeo y sus accesorios han sido reemplazados y rehabilitados varias veces; las bombas actuales se instalaron en 1991.

Los trabajos de reposición efectuados en 1991 fueron los siguientes:

- Reposición de tres bombas alemanas, incluida una de reserva, con capacidad de 2.6 m<sup>3</sup>/segundo, carga de bombeo de 8 m y potencia de 256 Kw.
- Reposición de la tubería de descarga, de 1.2m de diámetro, 12mm de espesor del tubo de acero.
- Instalación de un equipo controlador automático de voltaje variable y frecuencia variable (VVVF)
- Instalación del tablero de control.

Después de la reposición se han efectuado las siguientes reparaciones:

- Reemplazo del eje por rotura, una vez en 1999
- Reemplazo de dos impulsores gastados.
- Reemplazo de chumaceras.

Cuando se rompió el eje en 1999, se tomó un año repararlo. Debido a la vejez de las bombas, sus repuestos no se consiguen en el mercado y los ejes deben fabricarse por encargo con base en sus propias especificaciones. Se tardó un año en el suministro del eje.

Las bombas se operan, manualmente, en la forma siguiente: el operario lee el nivel del agua que marca un medidor de nivel instalado en el pozo húmedo y controla la capacidad requerida con el controlador automático VVVF. Cuando se instaló este equipo se intentó el control automático de las bombas pero el medidor de nivel no era lo suficientemente preciso para utilizarlo. En estos momentos se está adaptando un nuevo modelo de medidor de nivel y se espera que en un futuro se pueda lograr el control automático de las bombas y además darle una información más precisa al operador para trabajarlo manualmente. Dos bombas se utilizan para bombear el agua residual (y una tercera de reserva) y una de ellas se utiliza para la limpieza del sifón.

La energía es suministrada por medio de una línea especial de la Empresa Eléctrica; en esta forma, las fallas de energía son muy escasas, excepto cuando se hace mantenimiento a la línea. La duración de los cortes de energía es, como máximo, de seis horas y éstos son anunciados previamente. Una vez, en 2001, se presentó una falla de energía de dos días, cuando un huracán golpeó la isla; entonces, el agua residual fue desviada de la cámara de sedimentación y rejas y descargada a la bahía directamente. Se instalaron tres generadores con motor diesel pero ya fueron abandonados por carencia de piezas de repuestos.

Las estaciones de bombeo se operan con el siguiente personal: un jefe de planta, siete operarios (incluido uno de reserva) y un auxiliar de mantenimiento. Existen tres equipos de trabajo, cada uno de dos operarios; cada equipo trabaja un turno de 24 horas y descansa dos días.

Se han identificado los siguientes problemas:

- La capacidad del pozo húmedo de las bombas es muy pequeña y genera en éste variaciones muy grandes en el nivel del agua cuando se operan los equipos sin el VVVF, lo cual dificulta su operación.
- Una de las tres bombas se utiliza para la limpieza del sifón; cuando la bomba de limpieza está fuera de servicio por daño o en mantenimiento, la tubería de limpieza del sifón se obstruye.
- No existen medidores de caudal; la información sobre los volúmenes de agua residual bombeada es esencial para un O/M apropiado y para preparar los planes futuros de rehabilitación y expansión.

### **5.2.5 PLAN DE REHABILITACION DE LAS CONDUCCIONES DE AGUA RESIDUAL EXISTENTES**

Las conducciones de agua residual desde el sifón hasta el emisario submarino han estado en uso durante más 90 años y necesitan rehabilitación para mantenerlas funcionando. Los siguientes tres planes de rehabilitación fueron preparados por Aguas de La Habana, con base en un estudio dirigido por CIMAB por instrucciones del INRH. Sin embargo, no se ha tomado la decisión para seleccionar la mejor alternativa y tampoco se han adoptado medidas para ejecutar el plan. Las alternativas se resumen en la tabla siguiente.

**Tabla 5.3 Alternativas de Planes Rehabilitación para las Conducciones de Agua Residual Existentes**

Componente	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<b>1) Sifón</b>	Instalación del Nuevo sifón.	Instalación del Nuevo sifón.	Se abandona.
<b>2) Estación de Bombeo de Casablanca</b>	Reposición de bombas, con las mismas especificaciones: Q=2.6 m <sup>3</sup> /sec, Carga =8m, 3 unidades, 1 de reserva incluida.	Reposición de bombas, con nuevas especificaciones: Q=1.4 m <sup>3</sup> /sec, Cabeza =16m, 4 unidades, 1 de reserva incluida.	Se abandona.
<b>3) Túnel de conducción</b>	Trabajos de rehabilitación de las zonas desgastadas del túnel	Trabajos de rehabilitación de las zonas desgastadas del túnel, incluye refuerzo con placas de acero.	Se abandona.
<b>4) Nueva Estación de Bombeo</b>	Nueva Estación de Bombeo a construir: Q=2.6 m <sup>3</sup> /sec, Carga =4m, 3 unidades, 1 de reserva incluida. El sitio para la obra está disponible.	No se requiere.	Nueva estación de bombeo a construir cerca de las rejas existentes.
<b>5) Emisario Submarino</b>	Dos tuberías, de 300m de longitud, con emisores de 140m de longitud. El agua residual será descargada a 26m de profundidad.	Igual a la de la alternativa 1.	Nuevo emisario submarino con punto de descarga en el fondo del canal.

Fuente: "Informe preliminar del Estudio de Factibilidad Económica del Emisario Playa del Chivo", Departamento de Proyectos de Aguas de La Habana

### 5.2.6 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En el Área de Estudio no existen plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Sin embargo, para conocer la práctica de la ingeniería y las experiencias cercanas al Área de Estudio, se investigaron dos PTAR existentes en la Ciudad de la Habana y una en Varadero. Lo siguiente describe brevemente los esquemas de las PTAR y los hallazgos más importantes.

Las tres PTAR son Quibú, María del Carmen y Taínos 1. Las dos primeras tienen el mismo proceso y están ubicadas en la Ciudad de La Habana; no obstante, María del Carmen, que entró en funcionamiento en 1986, no está operando debido a una rehabilitación y modernización para recibir las aguas residuales industriales. Con base en el informe de un estudio sobre problemas de operación y medidas para resolverlos, preparado en Mayo de 2000, se están ejecutando trabajos de rehabilitación.

La tabla siguiente resume las características más importantes de las PTAR de Quibú y Taínos 1.

**Tabla 5.4 Características de las Dos PTAR Investigadas**

<b>Item</b>	<b>PTAR</b>	<b>Quibú</b>	<b>Taínos I (Varadero)</b>
1) Objetivos y antecedentes.		Para el mejoramiento de la calidad del agua del Río Quibú. Esta PTAR fue construida en 2000. Su capacidad se amplió de 100 L/s a 300 L/sec.	Tratar el agua residual producida por los hoteles del Área turística de Varadero. La PTAR fue construida por el sector privado y entró en funcionamiento en Febrero de 1992. Su capacidad total es de 1,500 m <sup>3</sup> /día.
2) Organización para O/M		Emresa “Aguas de La Habana”	Corporación pública de acueducto y alcantarillado “Aguas Varadero”
3) Cuerpo de agua receptor.		Río Quibú.	Bahía Cardenas.
4) Concentración de la DBO <sub>5</sub> del afluente.		Diseño: 250-300 mg/L Informes (Marzo 2000 a Julio 2002): Promedio: 121mg/L (Min. 62 mg/L; Máx.160 mg/L)	Diseño: 300 mg/L
5) Concentración de la DBO <sub>5</sub> del agua tratada.		Informes (Marzo 2000 a Julio 2002): Promedio: 30 mg/L (Min. 15 mg/L, Máx.55 mg/L)	Diseño: 20 mg/L
6) Proceso de tratamiento.		Filtros percoladores (2 rejillas, 2 desarenadores, 1 separador de aceites, 2 tanques de sedimentación primaria, 2 filtros biológicos, 2 tanques de sedimentación secundaria y 3 bombas de agua residual y 3 bombas de lodos)	Lodos activados convencional (desarenadores, separador de aceite, cámara de distribución, 4 tanques aireados, 4 tanques de sedimentación final, tanque de cloración)
7) Tratamiento del lodo y método de disposición final.		Digestión anaerobia, lechos de secado de lodo y disposición final en el campo.  La digestión anaerobia es de sistema simplificado: tanque abierto sin calentamiento externo.	Digestión anaerobia, lechos de secado de lodo y disposición final en el campo.  La digestión anaerobia es de sistema simplificado: tanque abierto sin calentamiento externo.
8) Personal de O/M		9 personas en total (1 capataz, 1 químico, grupo de 3 [1 operario + 1 asistente], 1 reserva)	Dos operarios trabajan 8 horas diarias solamente. Se utiliza control automático las 24 horas del día.
9) Trabajos de O/M		Se instalaron bombas españolas. Se están haciendo importantes trabajos de reparación de los conductores eléctricos y de los impulsores de las bombas de lodos en el taller de “Aguas de La Habana”.	Se aplicó aireación extendida: 24 horas de aireación y retorno de lodo al 85%.  Luego de entrar en operación se presentó mal funcionamiento de las bombas y del sistema de aireación; hubo taponamiento de los difusores (tres veces) y desgaste y rotura de chumaceras. La reparación de los equipos la ha realizado Aguas Varadero.
10) Otros		El agua residual es interceptada en un canal que hay conectado al Río Quibú. Los datos de DPRH indican que la DBO <sub>5</sub> del efluente es menor de 50 mg/L.	Se instalaron dos líneas de alimentación de energía. No hay un generador de energía. No se han producido cortes importantes de energía; sin embargo, cuando el huracán, que dañó el suministro de energía, hubo un corte durante tres días.

Con base en la investigación de las PTAR existentes, se destacan los puntos siguientes, como consideraciones más importantes para tener en cuenta en la preparación del Plan Maestro de Alcantarillado:

- Concentración de  $DBO_5$  del afluente.
- Aguas Residuales Industriales.
- Equipo Mecánico.
- Tecnología de O/M.

Se presentan bajas concentraciones de  $DBO_5$  en el afluente a las PTAR de Quibú y María del Carmen. La baja concentración de  $DBO_5$  en el afluente, afecta la eficiencia del tratamiento. El proceso aplicado para el tratamiento del agua residual, filtros percoladores (o extendiendo su eficiencia con la utilización de filtros plásticos, este proceso puede llamarse “filtro biológico”), es un reactor de película fija. El reactor de película fija puede manejar el afluente con baja concentración de  $DBO_5$  en comparación con el reactor de crecimiento suspendido, como es el proceso convencional de lodos activados. En la selección del proceso apropiado de tratamiento del agua residual, la concentración de la  $DBO_5$  en el afluente será considerada, con base en los análisis de la calidad del agua residual que se realicen durante el Estudio.

El Agua Residual Industrial, no cumple con las normas sobre desechos industriales, es vertida al alcantarillado público y es dañina o inhibe el proceso de tratamiento biológico debido a los componentes peligrosos que contiene. La cantidad y calidad del agua residual industrial que se vierte al alcantarillado público son parámetros muy importantes a tener en cuenta para la selección del tipo apropiado de proceso de tratamiento del agua residual y de los procesos de tratamiento, reutilización y disposición final lodo.

Equipamiento Mecánico, importado de otros países, el cual está bien mantenido y se repara en el propio taller, cuando los repuestos están disponibles. Sería ideal instalar equipos mecánicos sencillos, con repuestos de fácil adquisición.

La tecnología de O/M es esencial para operar los sistemas de alcantarillado y contribuir al mejoramiento de la calidad del agua de la Bahía de La Habana. En el Área de Estudio no hay procesos de tratamiento de agua residual que requieran alta tecnología de operación y mantenimiento. La tecnología de O/M requerida para el tratamiento del agua residual y del lodo son los factores más importantes a considerar al momento de seleccionar un proceso de tratamiento apropiado. Cuando se aplica un proceso biológico de crecimiento suspendido, como es el de lodos activados y sus modificaciones, se hará necesaria una serie de programas de entrenamiento. Adicionalmente, como se tiene planeado construir algunas PTAR en el Área de Estudio, se recomienda preparar y ejecutar programas de entrenamiento para O/M de tratamiento de aguas residuales y tratamiento y disposición de lodos, utilizando equipos e instalaciones reales.

## **5.3 PLANES ACTUALES DE DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO**

### **5.3.1 PROYECTO GEF/UNDP**

Durante la Fase Piloto del Proyecto GEF (1995-1997), “Planeación y Gestión de Bahías y Áreas Costeras Altamente Contaminadas del Caribe” el cual incluía la Bahía de La Habana, se recomendaron algunas acciones para rehabilitar la bahía y reducir la contaminación resultante de las fuentes de origen terrestre en el Mar Caribe. Las acciones con respecto al tratamiento de las aguas residuales se describen a continuación:

En este Proyecto se identifican siete zonas para tratamiento de agua residual, las cuales, a través de los ríos, descargan directamente dentro de la cuenca de la Bahía de La Habana, tal como se muestra en la figura 5.4; junto con el sistema existente, servido por el Colector Principal, se han seleccionado para ejecutar las acciones.

**(1) Sistema Existente**

Para las acciones, se ha incluido el Colector Principal, el cual recoge las aguas residuales de la parte Occidental de la Bahía de La Habana, dentro y fuera de la cuenca de ésta; el colector ya está sobrecargado y contribuye a la contaminación de la bahía a través de desbordamientos y conexiones del sistema de alcantarillado al sistema de drenaje, el cual descarga en la bahía. El mejoramiento, en la forma de tratamiento de las aguas residuales del Dren Agua Dulce, se propone para la Zona 6, como se describe en el párrafo siguiente.

**(2) Zona 6**

La PTAR de la Zona 6 se propone tratar las aguas residuales que son bombeadas desde el Dren Agua Dulce, las industrias y el río Luyanó. La PTAR de la Zona 6 está cofinanciada por el Gobierno de Italia y Cuba, mientras que la Estación de Bombeo de Aguas Residuales del Dren Agua Dulce está cofinanciada por el Gobierno de Bélgica y Cuba.

Following are the design capacity of the proposed pumping station and Agua residual treatment plant.

Estación de Bombeo del Dren Agua Dulce

Capacidad total de bombeo: 750 L/s

Número de bombas: cuatro (4) en total, una (1) de reserva.

Capacidad de cada bomba : 250 L/s

Tubería de conducción: 1 km total (ø800 mm x 300 m de tubería de impulsión y ø1200 mm x 700 m de tubería por gravedad)

PTAR de Zona 6

Capacidad de tratamiento: 1,000 L/s (750 L/s del Dren Agua Dulce y el resto del Río Luyano)

Proceso de tratamiento : Tratamiento primario con adición de químicos.

Este Proyecto se ha retrasado debido a inesperadas dificultades de las condiciones del terreno.

**(3) Zona 4**

La PTAR propuesta puede utilizar el proceso avanzado de lodos activados, con remoción de nutrientes por medio de zonas alternadas de anaerobia/anóxica/aerobia, dentro de las unidades de tratamiento. Los criterios de diseño de la PTAR se muestran en la Tabla 5.5.

**Tabla 5.5 Criterios de Diseño para la PTAR de Zona 4**

Parámetro	Carga en el Afluyente	Calidad del Efluente
Caudal medio de agua residual	1,100 m <sup>3</sup> /h	
Caudal máximo de agua residual	2,400 m <sup>3</sup> /h	
Carga Orgánica (DBO <sub>5</sub> )	2,880 kg/d	< 20 mg/L
Sólidos Suspendidos (SS)		< 30 mg/L
Nitrógeno Total (T-N)	528 kg/d	Remoción > 70%
Fósforo Total (T-P)	120 kg/d	Remoción > 56%

Fuente: Estudio de caso: Bahía de La Habana, Cuba, "Proyecto GEF/RLA/93/G41 Proyecto Regional Planificación y Manejo de Bahías y Áreas costeras Fuertemente Contaminadas del Gran Caribe".



El costo total (alrededor de US\$3,5 millones) por la PTAR de Zona 4 fue elegida para la recaudación financiera a través de la financiación substitutiva del GEF.

**Tabla 5.6 Zonas para Tratamiento de Agua Residual y sus Planes de Desarrollo**

Zona	Condiciones de Planeación	Cuerpo de Agua Receptor	Observación
<b>Zonas en la periferia de la bahía</b>			
Zona Principal (Colector Principal)	Área Servida : Occidente de la Bahía de La Havana (1,490 ha) y cuenca exterior de la bahía. Población servida : 900,000 (estimado)	Emisario submarino en Playa del Chivo (Golfo de Méjico)	Dren San Nicolas, Dren Arroyo Matadero y Dren Agua Dulce que corren junto con el colector en el cual existen conexiones cruzadas y desbordes.
Zona 6	Área Servida : 0.5 km <sup>2</sup> Población servida: 200,000 Agua residual : 86,400 m <sup>3</sup> /d (incluida la del Dren Agua Dulce)	Boca del Río Luyano	Proyecto en ejecución para la PTAR con fondos de Italia y de Bélgica para la Estación de Bombeo del Dren Agua Dulce
Zona 4	Área servida: 5.4 km <sup>2</sup> Población servida: 40,630 Agua residual : 17,280 m <sup>3</sup> /d	Río Luyano	Proyecto en ejecución para la PTAR financiada por GEF/UNDP.
Zona 5	Área servida : 0.8 km <sup>2</sup> Población servida : 30,000 Agua residual : 25,930 m <sup>3</sup> /d	Río Martin Perez	
Zona 7	Área servida : 2.0 km <sup>2</sup> Población servida : 74,000	Arroyo Tadeo	
<b>Zonas en el area interior de la Cuenca</b>			
Zona 1	Área servida : 5.3 km <sup>2</sup> Población servida : 15,925 Agua residual : 6,650 m <sup>3</sup> /d	Río Martin Perez	
Zona 2	Área servida : 2.3 km <sup>2</sup> Población servida : 19,685 Agua residual : 8,575 m <sup>3</sup> /d	Río Luyano	
Zona 3	Área servida : 2.0 km <sup>2</sup> Población servida : 13,462 Agua residual : 6,000 m <sup>3</sup> /d	Río Luyano	

## CAPÍTULO 6

### SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE

#### 6.1 GENERALIDADES

El área de estudio que excluye la Bahía de La Habana, con alrededor de 68 km<sup>2</sup>, puede dividirse en las siguientes cuencas de drenaje pluvial: tres ríos tributarios, áreas de descarga directa en la zona de la bahía, y el área existente de drenaje pluvial según se muestra en la Figura 6.1.

Los rasgos de las cuencas de drenaje pluvial, que no están cubiertos por el sistema de drenaje pluvial existente, puede resumirse de la siguiente manera:

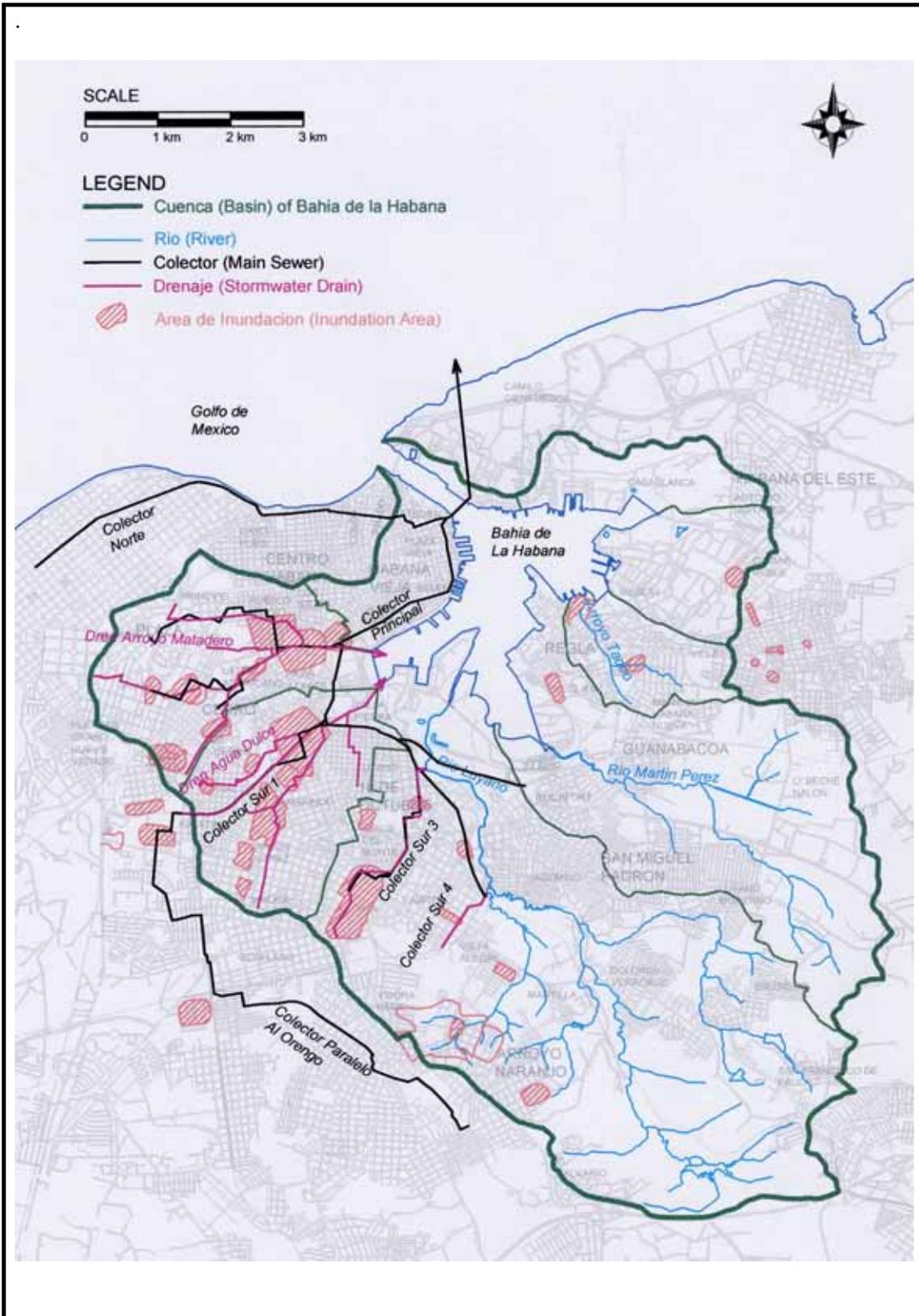
- La cuenca del río Luyanó, que se encuentra en la parte sur del área de estudio: la frontera sur que la divide es de cerca de 100 m de altura por encima del nivel del mar y la frontera al sureste es de cerca de 60 m de altura. El curso medio de la cuenca está urbanizado y el curso bajo está industrializado.
- La cuenca del río Martín Pérez se encuentra en la parte sureste del área de estudio, con un área de altitud máxima extendida hacia la frontera sureste de alrededor de 50 m de altura por encima del nivel del mar. El curso medio de la cuenca está urbanizado pero el curso superior está explotado fundamentalmente para la agricultura.
- La cuenca del Arroyo Tadeo, ubicada entre la parte oriental del área de estudio y la cuenca del Río Martín Pérez, está urbanizada, pero principalmente se han desarrollado casas de una sola planta. Parte de las aguas del arroyo están entubadas.
- El área nordeste de drenaje pluvial natural, forma una pequeña elevación entre 20 y 30 m de altura por encima del nivel del mar, y donde la superficie se inclina suavemente hacia la bahía. Se han desarrollado industrias en esta área, tales como la refinería de petróleo.
- El área norte de drenaje pluvial natural, formada por colinas de aproximadamente 50 m de altura por encima del nivel del mar. El área de drenaje tiene un ancho de entre doscientos y trescientos metros solamente. En la cima de la montaña, se encuentran el Observatorio Meteorológico de Casablanca y la estatua del Cristo de La Habana.

Las siguientes secciones describirán los rasgos generales y los descubrimientos sobre el sistema de drenaje pluvial basado en los estudios de reconocimiento del terreno y los análisis preliminares de datos e información recogidos durante la Fase I del estudio básico.

#### 6.2 SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE

##### 6.2.1 ÁREA DE SERVICIO ACTUAL

El sistema de drenaje pluvial en la Ciudad de La Habana ha sido desarrollado desde 1908. El sistema de drenaje está conformado por 386 km. de longitud total de tuberías y alcantarillas, con 28,470 tragantes, los cuales han sido instalados según se muestra en la tabla siguiente. De ellos, 146 km. de longitud se construyeron entre 1908 y 1915 para cubrir el área urbana de 25 km<sup>2</sup>.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHÍA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 6.1 Instalaciones de Drenaje Existentes en la Ciudad de la Habana

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

**Tabla 6.1 Instalaciones de Drenaje Pluvial Existente en la Ciudad de la Habana**

Municipio	Longitud de los canales/tuberías de drenaje pluvial instalados, km	Número de tragantes
Habana Vieja *	70.3	1,626
Centro Habana *	65.0	2,265
Plaza de la Revolución *	65.3	4,151
Cerro *	38.3	2,192
10 de Octubre *	50.0	5,000
Playa	11.0	4,000
La Lisa	18.0	1,203
Marianao	9.6	1,800
Habana del Este	20.7	1,546
Guanabacoa	10.0	271
Boyeros	8.7	1,741
San Miguel del Padrón *	8.1	670
Arroyo Naranjo	4.0	1,250
Regla *	4.0	255
Cotorro	3.0	500
<b>TOTAL</b>	<b>386.0</b>	<b>28,470</b>

Nota: Los municipios marcados con\* se refieren al área de estudio.

Las redes de drenaje pluvial existentes se desarrollaron desde la parte occidental del área de estudio. Las descargas de las áreas más pequeñas se realizan directamente hacia la Bahía de La Habana o a través de ríos tributarios cercanos. Las descargas que vienen desde las redes de drenaje se envían hasta los canales de drenaje pluvial y vierten en la Bahía de La Habana por gravedad, sin ninguna estación de bombeo de aguas pluviales. Los principales canales de drenaje son Agua Dulce, Arroyo Matadero y San Nicolás.

El sistema de drenaje pluvial Agua Dulce cubre la parte suroeste del área de estudio con una capacidad de 690 hectáreas, área urbana que incluye la Víbora, Santos Suárez, y parte de Luyanó. En el área de servicio, existen muchas casas viejas construidas hace más de cien años. El sistema de drenaje pluvial fue construido entre 1908 y 1915

El sistema de drenaje pluvial de Arroyo Matadero cubre la parte occidental del área de estudio, con un área de 730 hectáreas que abarca los municipios Cerro, Plaza, Centro Habana y Habana Vieja. El área fronteriza occidental se encuentra a cerca de 40 m por encima del nivel del mar. La primera estructura soterrada del sistema de drenaje pluvial desde la Avenida de Infanta hasta la Avenida Aménidad que desemboca en la bahía, fue construida entre 1908 y 1915. Y las estructuras de drenaje pluvial tributarias fueron desarrolladas para cubrir las restantes áreas.

El resto del territorio noroeste del área de estudio, parte de La Habana Vieja, está cubierto por cerca de 17 pequeños sistemas de drenaje pluvial, incluyendo San Nicolás. Las aguas pluviales recolectadas están siendo descargadas en la Bahía de La Habana directamente.

## 6.2.2 ÁREAS DE INUNDACIÓN Y DAÑOS

Los escurrimientos se producen superficialmente por las calles o por los sistemas de drenaje donde penetran en estos a través de tragantes colocados a intervalos de 30 a 50 m , para luego ser descargados ya sea directamente en los ríos o en la Bahía de La Habana o a través de canales de drenaje pluvial cercanos. En mayo y durante la época de lluvia que abarca desde julio hasta noviembre, especialmente en octubre, ocurren problemas de inundación con frecuencia, pero no se han reportado daños serios provocados por desbordamientos o inundaciones, excepto en

algunas áreas bajas limitadas cerca del río Luyanó.

La Figura 6.1 también muestra las áreas donde ocurren inundaciones ocasionalmente. Las áreas típicas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Áreas bajas cercanas a los tres ríos tributarios
- Áreas bajas y llanas planas en el centro urbano,
- Áreas donde la superficie de la tierra tiene grandes cambios de inclinación, es decir, desde una colina hasta un área llana
- Áreas donde se unen las principales tuberías de drenaje pluvial.

En las áreas bajas cercanas a los ríos tributarios, se han experimentado inundaciones y desbordamientos. En el río Luyanó, ocurrió una inundación en 1982 que provocó daños a los residentes de la zona y a las industrias aledañas. Han ocurrido inundaciones ocasionales en las siguientes zonas: Virgen del Camino, zona del Arroyo Pastrana, la zona de intercepción entre la Avenida de Luyanó y Calzada de Concha y Calle F entre Calle 12 y Línea del Ferrocarril.

En el centro urbano, tanto en las áreas bajas como en las llanas, la pendiente de las tuberías de drenaje pluvial instaladas es generalmente pequeña, por lo tanto la capacidad de drenaje pluvial de las tuberías tiende a ser ineficiente. En el lugar donde las pendientes generales del terreno cambian significativamente, o sea, de un área montañosa a un área llana de la bahía, la capacidad de las tuberías y canales se reduce rápidamente, porque el índice de flujo del agua en el sistema de drenaje pluvial es elevado en zonas montañosas e inmediatamente se vuelve bajo en áreas llanas. En las zonas donde las principales tuberías de drenaje pluvial se unen, ocurren inundaciones cuando las aguas pluviales exceden la capacidad del sistema de drenaje pluvial corriente abajo.

La operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial en el presente estudio están dirigidos por el sistema gerencial del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), tales como la empresa mixta “Aguas de La Habana” en el área de estudio. Con regularidad, planes de operación y mantenimiento (O/M) semanales y mensuales se preparan, se ejecutan y finalmente se reportan como rutina de trabajo. Sin embargo, estos planes y trabajos de O/M se realizan solamente para tuberías de drenaje pluvial de las calles que tienen un diámetro menor a 20” (500 mm), debido a la inexistencia de equipamiento de mantenimiento para un sistema mayor de drenaje.

No se ha experimentado ningún daño por inundaciones en esas áreas. Las principales molestias ocasionadas son interrupciones en el tráfico normal del área.

El derramamiento incontrolable de basura y otros desperdicios sólidos en las redes y canales abiertos de drenaje pluvial, traerá consigo la acumulación de desperdicios sólidos, y causará estancamientos de aguas que derivarán en la contaminación de las mismas con los consiguientes problemas de emanación de malos olores. Tales inundaciones pueden ocurrir frecuentemente en áreas densamente pobladas. En el área de estudio, no se han reportado problemas serios relacionados con el derramamiento incontrolado de desperdicios sólidos en el sistema de drenaje pluvial existente. Se espera una continua y adecuada gestión de desperdicios sólidos.

### **6.2.3 CONDICIONES FÍSICAS DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL**

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y su Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de la Ciudad de La Habana (DPRH) son los responsables de la planificación e implementación del sistema de drenaje pluvial en el área de estudio. Y como hemos mencionado anteriormente, la empresa mixta “Aguas de La Habana” y “Acueducto del Este” son las entidades responsables de la O/M del sistema del área de estudio.

Debido a que el sistema de drenaje pluvial existente se ha estado utilizando por más de 90 años, la capacidad actual del sistema en comparación con la capacidad original debe haber disminuido. La capacidad del diseño del sistema de drenaje pluvial existente no puede ser evaluada fácilmente porque los documentos originales del diseño, sus documentos de cálculo, y los perfiles de las tuberías de drenaje pluvial instaladas ya no están disponibles.

Los únicos datos e informaciones disponibles sobre el sistema de drenaje pluvial existente son un plan de instalación descrito en un mapa de dos hojas a una escala de 1 a 5,000, donde aparecen la ubicación y las dimensiones de las tuberías y los canales instalados según se muestra en la Figura 6.2.

En la siguiente sección, se explicará brevemente una metodología preliminar para evaluar la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial.

#### **6.2.4 CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL**

Como hemos mencionado en la sección anterior, la capacidad del sistema de drenaje pluvial existente no puede examinarse debido a la escasez de datos. Por lo tanto, en este estudio se examinarán y evaluarán la capacidad de drenaje pluvial del sistema de drenaje pluvial existente de la siguiente manera y procedimiento:

- Estimación de las descargas de aguas pluviales
- Estimación y evaluación de la capacidad de drenaje pluvial de las principales instalaciones de drenaje pluvial existentes.

##### **(1) Estimación de las descargas de aguas pluviales**

Las descargas de aguas pluviales se estimarán sobre la base del método racional. El método racional de análisis hidrológico consiste en una fórmula empírica que tiende a relacionar la lluvia y las descargas a través del uso de un único coeficiente. Esta ecuación básica es:

$$Q = 1/360 CIA$$

Donde, Q: índice del escurrimiento pico de descarga, m<sup>3</sup>/seg

C: coeficiente de escurrimiento que refleja las características del área de drenaje y el sistema de recolección.

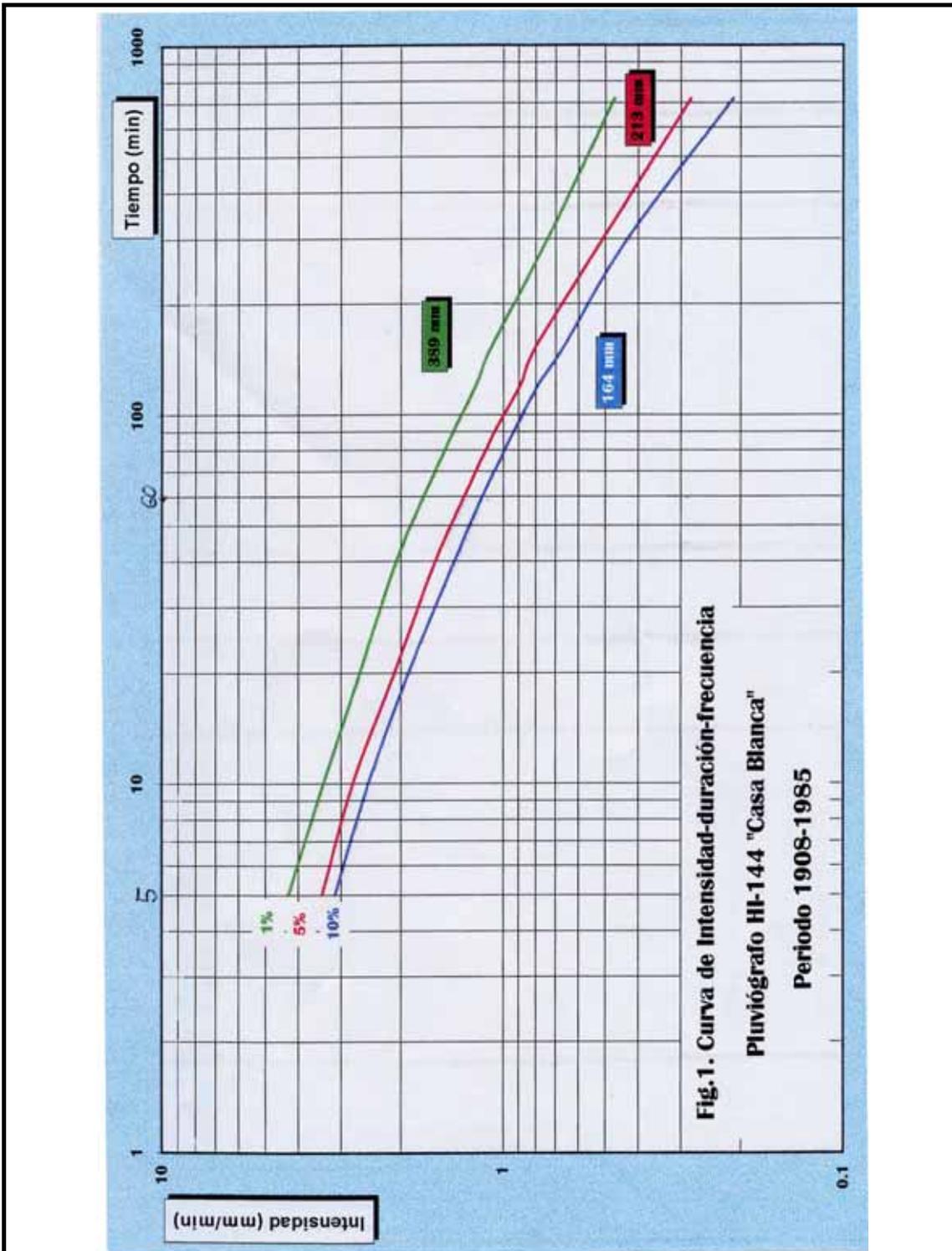
I: intensidad promedio de la caída de la lluvia, mm/hr

A: área de drenaje pluvial, ha

En la fórmula, el coeficiente de descarga será dado sobre la base de los criterios cubanos de diseño para cada área de drenaje pluvial que se examinará, teniendo en cuenta las condiciones del área de drenaje pluvial del terreno, las características del suelo, y las vertientes generales de la topografía.

La intensidad de la lluvia puede establecerse sobre la base de los récords de lluvia del Observatorio Meteorológico de Casablanca, que se encuentra en el área de estudio. Los datos análogos de lluvia en el Observatorio Meteorológico de Casablanca registrados durante 78 años desde 1908 hasta 1985 fueron leídos para analizar y buscar relación entre la intensidad de la lluvia (mm/min.) y la duración de la lluvia (min.), con parámetros de probabilidades de uno a veinte por ciento, que equivale desde una vez cada cien años, hasta una vez cada cinco años. Los datos analizados se muestran en la Figura 6.3. La siguiente tabla muestra los datos referentes a la intensidad de la lluvia.





Source: "ESTUDIO SOBRE LOS CICLOS DEL AGUA EN LA HABANA, TOMO I, Ciudad de La Habana, Enero 1997", financed by METROPOLIS-UNION EUROPA

<p>ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA</p>	<p>Figura 6.3                  Relacion Entre la Intensidad y la Duracion de Lluvias Caidas Basadas en los Datos del Observatorio Meteorológico de Casablanca Para un Periodo de 78 Anos Entre 1908 y 1985</p>
<p>AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN</p>	

**Tabla 6.2 Datos Analizados sobre la Lluvia**

Probabilidad (%)	Intensidad de la Lluvia (mm/min)										
	5min	10min	20min	40min	60min	90min	120min	150min	300min	720min	1440min
1	4.28	3.38	2.64	2.06	1.71	1.40	1.20	1.09	0.74	0.47	0.27
5	3.40	2.79	2.09	1.58	1.30	1.06	0.89	0.81	0.51	0.28	0.15
10	3.12	2.49	1.90	1.39	1.15	0.93	0.79	0.67	0.43	0.21	0.11
20	2.72	2.23	1.71	1.24	1.02	0.79	0.67	0.54	0.35	0.16	0.086
Probabilidad (%)	Intensidad de la Lluvia (mm/hr)										
	5min	10min	20min	40min	60min	90min	120min	150min	300min	720min	1440min
1	257	203	158	124	103	84	72	65	44	28	16
5	204	167	125	95	78	64	53	49	31	17	9
10	187	149	114	83	69	56	47	40	26	13	7
20	163	134	103	74	61	47	40	32	21	10	5

Como referencia, los datos son analizados por “métodos de coeficientes específicos” y se muestran para expresar la intensidad de la lluvia como forma de “Talbot”.

$$I_N = R_N \quad I_N^{10} = R_N a' / (t + b)$$

$$I_N^{10} = I_N^{10} / I_N^{60}, \quad I_N^{60} = R_N$$

$$a' = b + 60, \quad b = (60 - 10 I_N^{10}) / (I_N^{10} - 1)$$

Donde, : Coeficiente específico  
 R: 60 min. Lluvia (mm/hr)  
 N: Probablilidad anual en N años

La Figura 6.4 muestra la intensidad de la lluvia tipo Talbot calculada para comparar los datos recopilados.

En el caso de un período de diez años, la intensidad de la lluvia tipo Talbot es como se expresa a continuación:

$$I = 6,400 / (T + 33)$$

**2) Cálculo del escurrimiento pluvial en las cuencas de drenaje existentes**

El área actual de drenaje se divide en cuatro sub-cuencas de drenaje para calcular las descargas pluviales, como se muestra en la Figura 6.5: Cuenca colectora del Dren Matadero, cuenca colectora del Dren Agua Dulce, cuenca colectora del Dren Pastrana y cuenca colectora del Dren Lawton. Tales sub-cuencas de drenaje se subdividen en zonas más pequeñas tomando en consideración la alineación de las tuberías de drenaje existentes con el fin de calcular el escurrimiento pluvial y compararlo con la capacidad de la tubería de drenaje pluvial correspondiente.

El coeficiente de escurrimiento C para el método racional se estima en 0.6 para la cuenca de colección del Dren Matadero y 0.5 para las otras tres sub-cuencas de drenaje pluvial. La duración del flujo, es decir, el tiempo que necesita el agua para fluir en un canal de drenaje desde el punto de entrada hasta un lugar cualquiera dado más allá de la bocatoma, se calcula como la combinación del tiempo de concentración y la duración del viaje en la tubería, tal y como se muestra seguidamente:

$$\begin{aligned} \text{Duración del flujo (Duración del Sistema)} &= \text{Tiempo de concentración} + \text{Duración del viaje en la tubería} \\ &= \text{Tiempo de concentración} + (\text{Longitud de la} \end{aligned}$$

tubería/Velocidad)/60

Donde se asume que el tiempo de concentración es de 5 minutos y la velocidad en la tubería se estima en 3 m/s como promedio.

## **(2) Estimados de la Capacidad de Drenaje Pluvial del Principal Sistema de Drenaje Pluvial**

La capacidad de drenaje pluvial del sistema será estimada sobre la base de las dimensiones de las tuberías, de las alcantarillas y las pendientes del terreno donde se encuentran estas estructuras. La capacidad será calculada por la fórmula de colocación personal, usando coeficientes aproximados,  $n=0.016$ , teniendo en cuenta la edad del sistema de drenaje pluvial.

La capacidad calculada del sistema principal de drenaje pluvial será comparada con las respectivas descargas pluviales estimadas para evaluar la capacidad de drenaje pluvial.

Los resultados de la evaluación serán usados para preparar un plan estratégico de reducción de los agentes contaminantes a través del mejoramiento del sistema de drenaje pluvial existente.

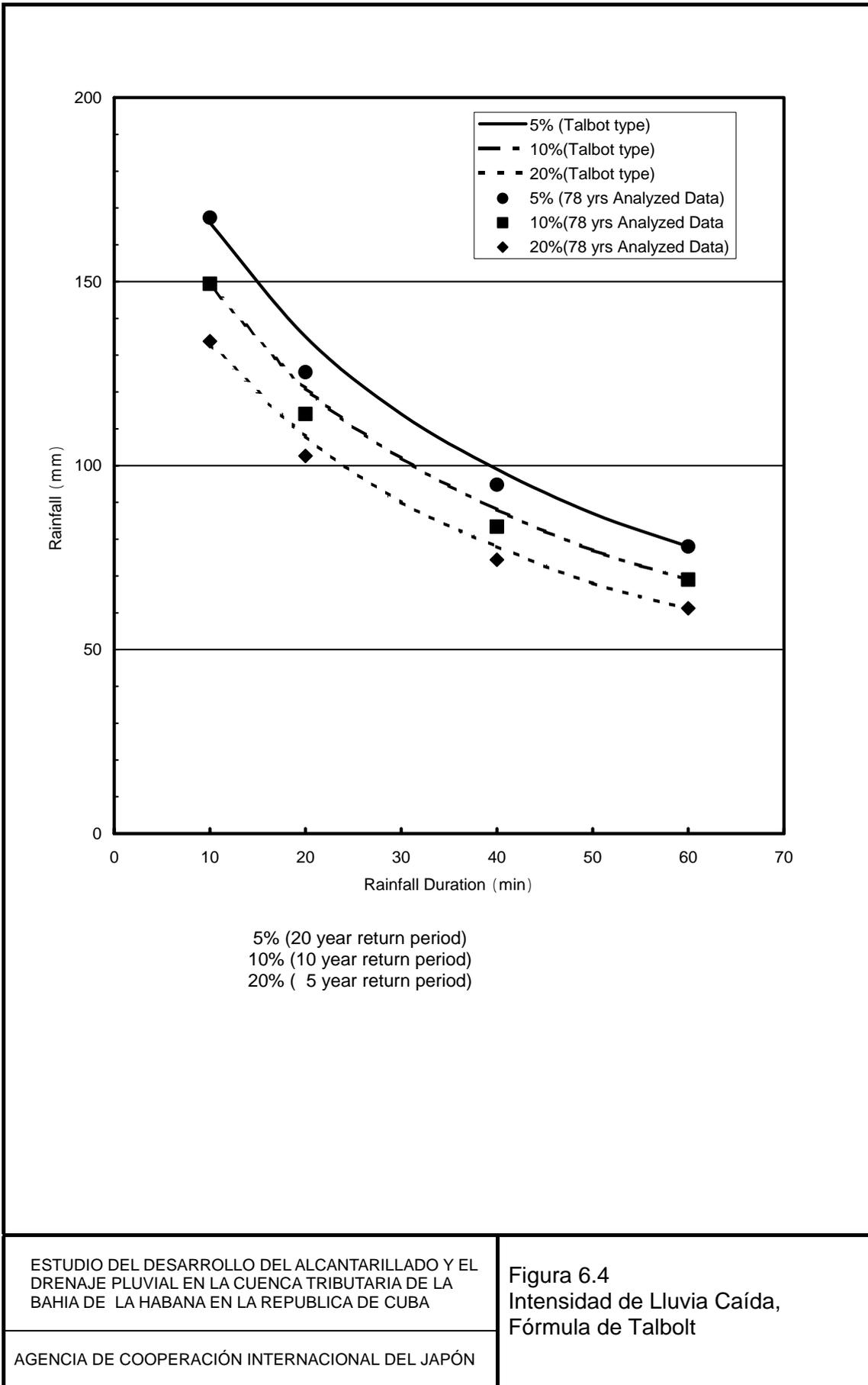
### **6.2.5 OTROS DESCUBRIMIENTOS**

El sistema de alcantarillado separativo se desarrolló para recolectar las aguas negras y descargar las aguas pluviales por separado. Sin embargo, de acuerdo a los resultados de los estudios de conexiones ilegales en el sistema sanitario de alcantarillado existente, como se ha mencionado en la anterior Sección 5.2, algunas tuberías del sistema de alcantarillado fueron conectadas a los sistemas de drenaje pluvial por medio de conductos y estructuras para solucionar afectaciones puntuales del alcantarillado (obstrucciones, roturas en conductos, falta de capacidad en algunos tramos, etc.), en lugar de resolver estos problemas según lo requiere el caso. Esta práctica provisional del uso del sistema de drenaje pluvial hace que dichos sistemas se conviertan en uno de los principales agentes contaminantes de la Bahía de La Habana.

### **6.3 PLANES FUTUROS**

No existe un plan futuro de drenaje pluvial integrado y completo basado en un estudio de la situación actual del drenaje pluvial en el área de estudio.

Sin embargo, para solucionar los problemas de inundación y para mejorar la situación de drenaje pluvial, las instituciones responsables han preparado y propuesto diversos planes, pero la implementación de los mismos ha sido muy limitada. Los planes de O/M para el sistema de drenaje pluvial existente se preparan con regularidad, semanal y mensualmente, y también se hacen informes sobre la ejecución de los planes.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 6.4  
 Intensidad de Lluvia Caída,  
 Fórmula de Talbolt

## 6.4 DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES DESDE LOS CANALES DE DRENAJE EXISTENTES

### 6.4.1 DATOS EXISTENTES

Los resultados reportados por el CIMAB para Matadero y Agua Dulce se resumen en la Tabla 6.3.

No se observa una tendencia fija, excepto que las concentraciones de DBO y DQO en Matadero y Agua Dulce se han reducido notablemente en el 2002 en comparación con 1985 y 1994. Sin embargo, los datos existentes sobre calidad del agua de los canales de drenaje son muy limitados (solamente una fecha cada año), por lo que es difícil evaluar los cambios en la calidad del agua de estos canales de drenaje.

Además, las concentraciones de T-P son más altas que las de T-N, y la causa puede ser que algunas fábricas de detergente (tales como Debon Suchel, situada en la cuenca de Matadero, y Jaiper Suchel, situada en la cuenca de Agua Dulce) vertían aguas residuales que contenían una concentración mayor de fósforo en los canales de drenaje.

**Tabla 6.3 Calidad del Agua de los Canales de Drenaje 1985-2002**

Parámetro	Matadero				Agua Dulce			
	1985	1990	1994	2002	1985	1990	1994	2002
Caudal, m <sup>3</sup> /d	109,964	67,991	64,800	77,760	48,384	35,701	45,144	62,675
DBO <sub>5</sub> , mg/L	202	307	264	115	97	123	91	83
DQO, mg/L	449	697	581	144	458	475	353	139
T-N, mg/L	5.3	-	-	7.8	2.5	-	-	14.6
T-P, mg/L	-	43.4	-	13.5	16.6	23.9	6.9	30
SS, mg/L	-	-	-	291	81	-	-	85

Fuente: CIMAB <sup>4)</sup>

### 6.4.2 ESTUDIO SOBRE CALIDAD DEL AGUA DE LOS CANALES DE DRENAJE Y EL ALCANTARILLADO

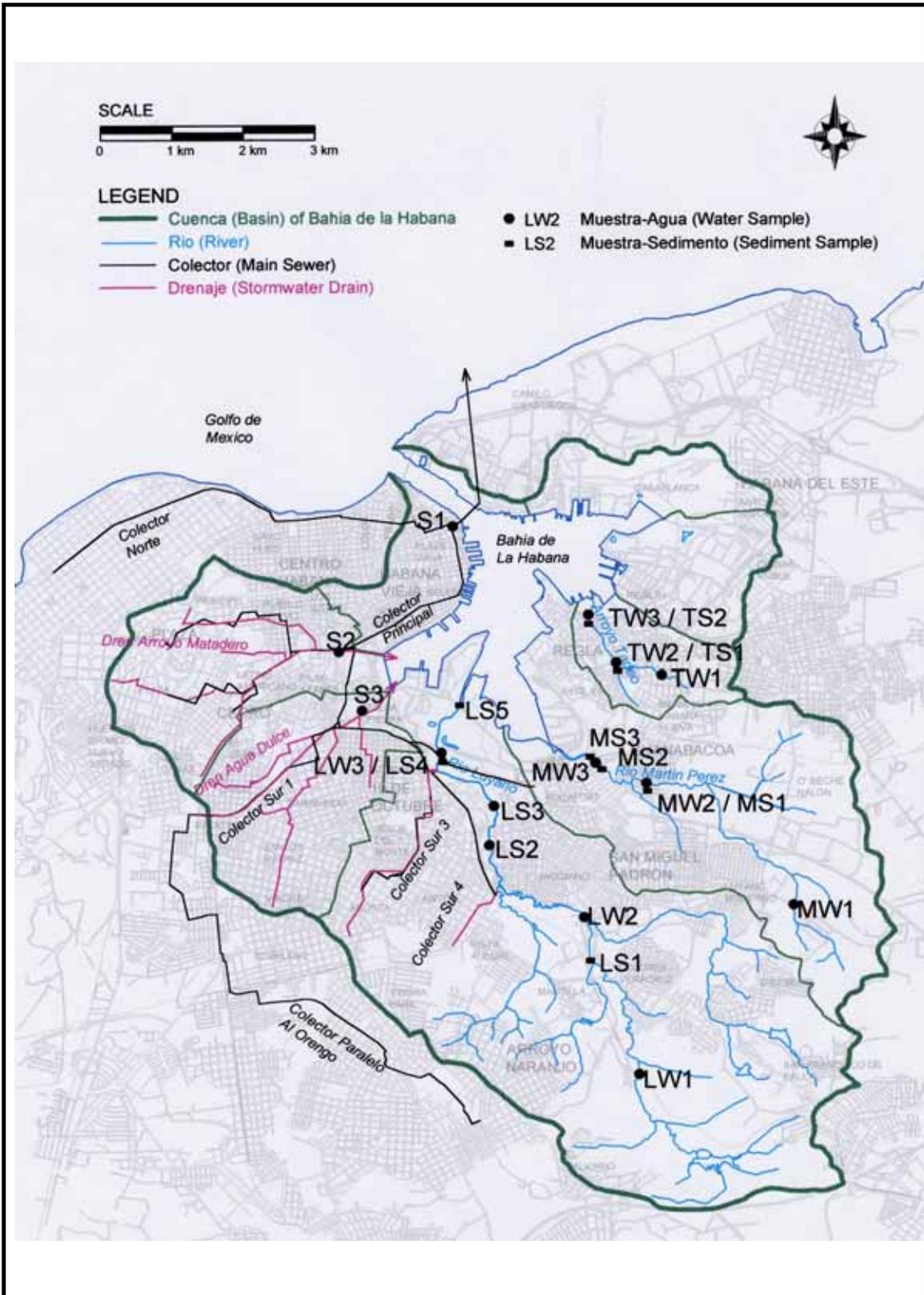
#### (1) Generalidades

El estudio sobre la calidad del agua de los canales de drenaje fue realizado en octubre y diciembre del 2002 por el CENHICA/CIMAB, como parte del presente Estudio. Los puntos de muestreo aparecen en la Figura 6.5. La Tabla 6.4 muestra los detalles del muestreo.

**Tabla 6.4 Estudio sobre Calidad del Agua de los Canales de Drenaje y el Alcantarillado**

Canales de drenaje y alcantarillado	Puntos de muestreo del agua y fecha	
	Temporada húmeda	Temporada seca
Matadero	1 punto (S2) 10-11 octubre 2002 (9:00 a 6:00)	1 punto (S2) 17-18 diciembre 2002 (9:00 a 6:00)
Agua Dulce	1 punto (S3) 12-13 octubre 2002 (9:00 a 6:00)	1 punto (S3) 18-19 diciembre 2002 (9:00 a 6:00)
Caballería	1 punto (S1) 9-10 octubre 2002 (9:00 a 6:00)	1 punto (S1) 16-17 diciembre 2002 (9:00 a 6:00)
Total	3 puntos	3 puntos

Fuente: Equipo de Estudio de JICA



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 6.5  
Puntos de Muestreo del Estudio sobre Calidad del Agua de los Canales de Drenaje y el Alcantarillado (S1,S2,S3)

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

En cada punto se preparó una muestra compuesta combinando las muestras tomadas cada una hora en proporción con el caudal fluvial. Los parámetros analíticos son los siguientes:

pH, temperatura del agua, conductividad, DQO, DBO<sub>5</sub>, OD, SS, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, T-N, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, T-P, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SiO<sub>2</sub>, hidrocarburos de petróleo, coliformes fecales, fenol, arsénico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), mercurio total (Hg), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb), vanadio (V) y zinc (Zn).

## (2) Resultados del estudio

### 1) Caudal

Los resultados de la medición del caudal en los desagües de Matadero y Agua Dulce y en Caballería se muestran en la Figura 6.6. No se aprecian variaciones estacionales significativas en los caudales de los canales de drenaje de Matadero y Agua Dulce. Los caudales promedio, basados en mediciones de 24 horas, son cercanos a los de los datos existentes, como se muestra en la Tabla 6.3.

### 2) Calidad del agua

Las principales características del agua de los canales de drenaje de Matadero y Agua Dulce se resumen en la Tabla 6.5.

**Tabla 6.5 Calidad del Agua de los Canales de Drenaje y el Alcantarillado**

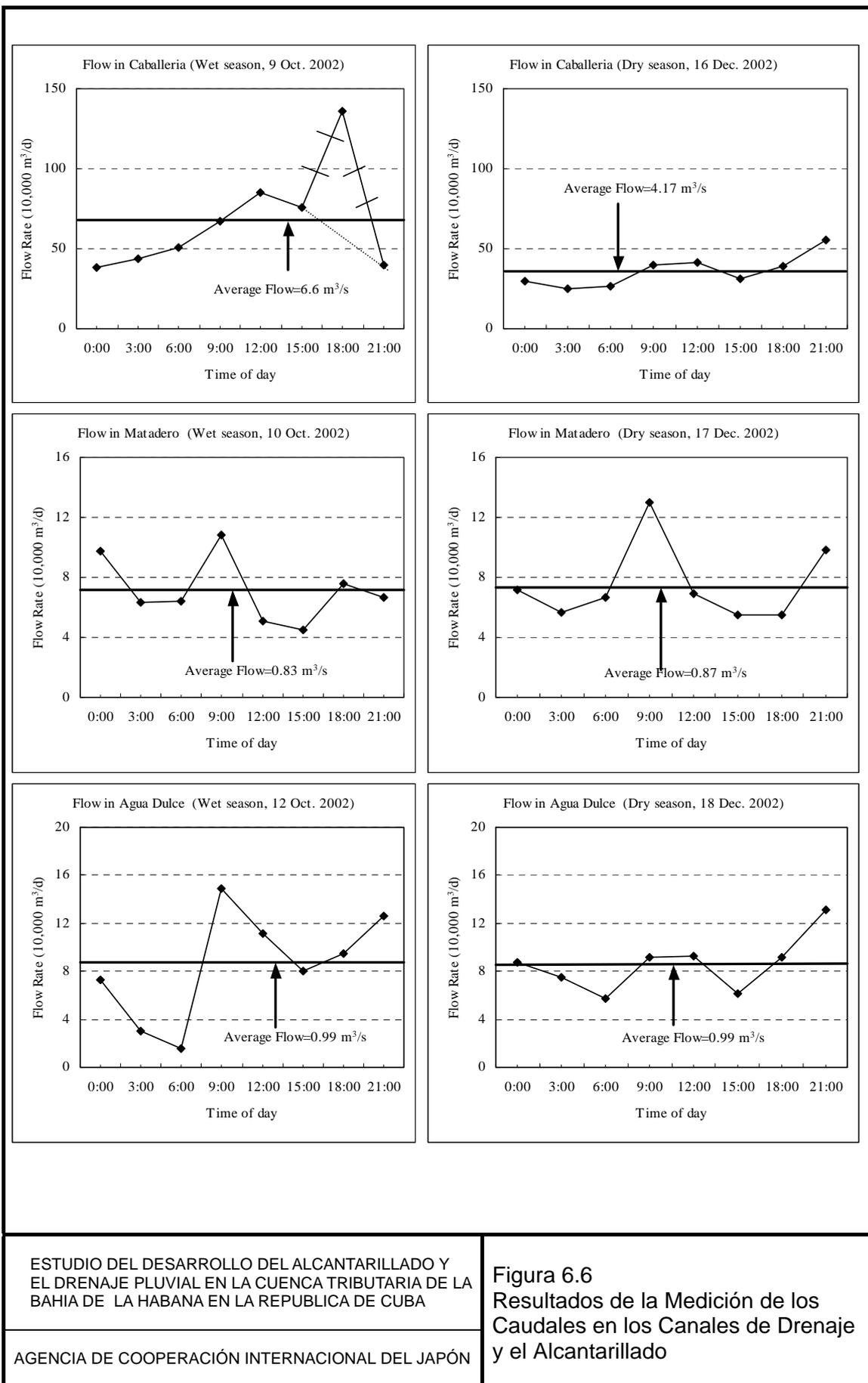
Parámetro	Matadero		Agua Dulce		Caballería (Alcantarillado)		Norma Cubana NC27 (C)
	Estación húmeda	Estación seca	Estación húmeda	Estación seca	Estación húmeda	Estación seca	
DBO, mg/l	32	30	22	29	30	15	60
DQO, mg/l	62	98	44	106	73	33	120
SS, mg/l	89	58	61	86	71	66	-
T-N, mg/l	10	8.4	7.5	9.2	6.5	8.5	20
T-P, mg/l	1.0	0.6	1.3	0.9	5.4	1.2	10
Coliformes fecales, NMP/100ml	70×10 <sup>5</sup>	40×10 <sup>3</sup>	50×10 <sup>5</sup>	30×10 <sup>5</sup>	17×10 <sup>6</sup>	30×10 <sup>5</sup>	-

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

No se observan diferencias significativas en las características de las aguas residuales de los canales de drenaje y el alcantarillado, lo que indica que los canales de drenaje recogen y vierten aguas residuales que tienen las mismas características que las aguas residuales del alcantarillado.

La concentración orgánica de las aguas residuales del alcantarillado, tanto en la estación húmeda como en la seca, es muy débil en comparación con las aguas residuales domésticas típicas del sistema de alcantarillado ordinario tomado por separado: una concentración débil de 100 mg/L y media de 200 mg/L en lo referente a la concentración de DBO. Los datos existentes (Tabla 6.3) muestran que esas concentraciones orgánicas típicas de las aguas residuales se han producido. Los motivos por los que aguas residuales de muy débil concentración son recogidas por el alcantarillado deben ser identificadas mediante estudios más abarcadores. Una de las causas es una dilución con escurrimientos e infiltración / entrada de aguas subterráneas debido a la existencia de conexiones ilegales, como se indica en la sección anterior. Dicha dilución puede contener agua potable que se ha infiltrado en la misma.

Los altos valores de coliformes fecales (observados en los canales de drenaje de Matadero (0.4 a 30 x 10<sup>5</sup> NMP/100 mL) y Agua Dulce (30 a 50 x 10<sup>5</sup> NMP/100 mL) también indican que las aguas residuales de los canales de drenaje contienen una gran cantidad de albañales crudos.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 6.6  
Resultados de la Medición de los Caudales en los Canales de Drenaje y el Alcantarillado

## **CAPITULO 7 ORGANIZACIÓN ACTUAL**

### **7.1 GENERALIDADES**

En términos generales, se puede decir que existen dos organismos fundamentales que están a cargo del sector de las aguas en Cuba.

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) es el organismo gubernamental responsable del abasto de agua y del sector sanitario. El Ministerio de Salud Pública juega también un papel importante en el control y monitoreo del abasto de agua potable.

El Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente es el organismo gubernamental responsable por la dirección de medio ambiente del país.

Además, los Poderes Populares en Cuba están formados por las Asambleas del Poder Popular establecidas dentro de las jurisdicciones político-administrativas a nivel nacional, municipal y provincial. Ellos son los órganos superiores de gobierno y están dentro de las autoridades más altas del Estado a través de administraciones locales para dirigir las actividades económicas, la producción y los servicios de carácter local.

En relación a la operación de suministro de agua y del sector sanitario, sumándolo a los dos organismos dirigentes, existen una gran cantidad de organismos extra sectoriales que también contribuyen con el sector. La organigrama general se ofrece en la Figura 7.1 y la de Agencia extra sectorial en la Figura 7.2.

En el caso de Ciudad de la Habana, la ciudad por si misma es una provincia y el que gobierna es el Consejo Administrativo Provincial. Para el cumplimiento de la Ley y la base legal sobre los recursos del agua y del medio ambiente, el cuerpo que gobierna es la Delegación Provincial de Recursos de Ciudad de la Habana del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (DPRH).

### **7.2 INSTITUCIONES RELACIONADAS AL MEDIO AMBIENTE EN LA BAHÍA DE LA HABANA**

#### **7.2.1 INSTITUCIONES CENTRALES GUBERNAMENTALES**

Como se planteó anteriormente, el Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) es el organismo gubernamental responsable de la dirección de medio ambiente de la nación y por lo tanto es el organismo gubernamental central responsable en asuntos de Medio Ambiente concerniente a la Bahía de la Habana. Las siguientes instituciones gubernamentales centrales juegan un papel importante:

- MITRANS      Ministerio de Transporte
- MINSAP      Ministerio de Salud Pública
- MIP            Ministerio de la Pesca
- MINAG        Ministerio de Agricultura

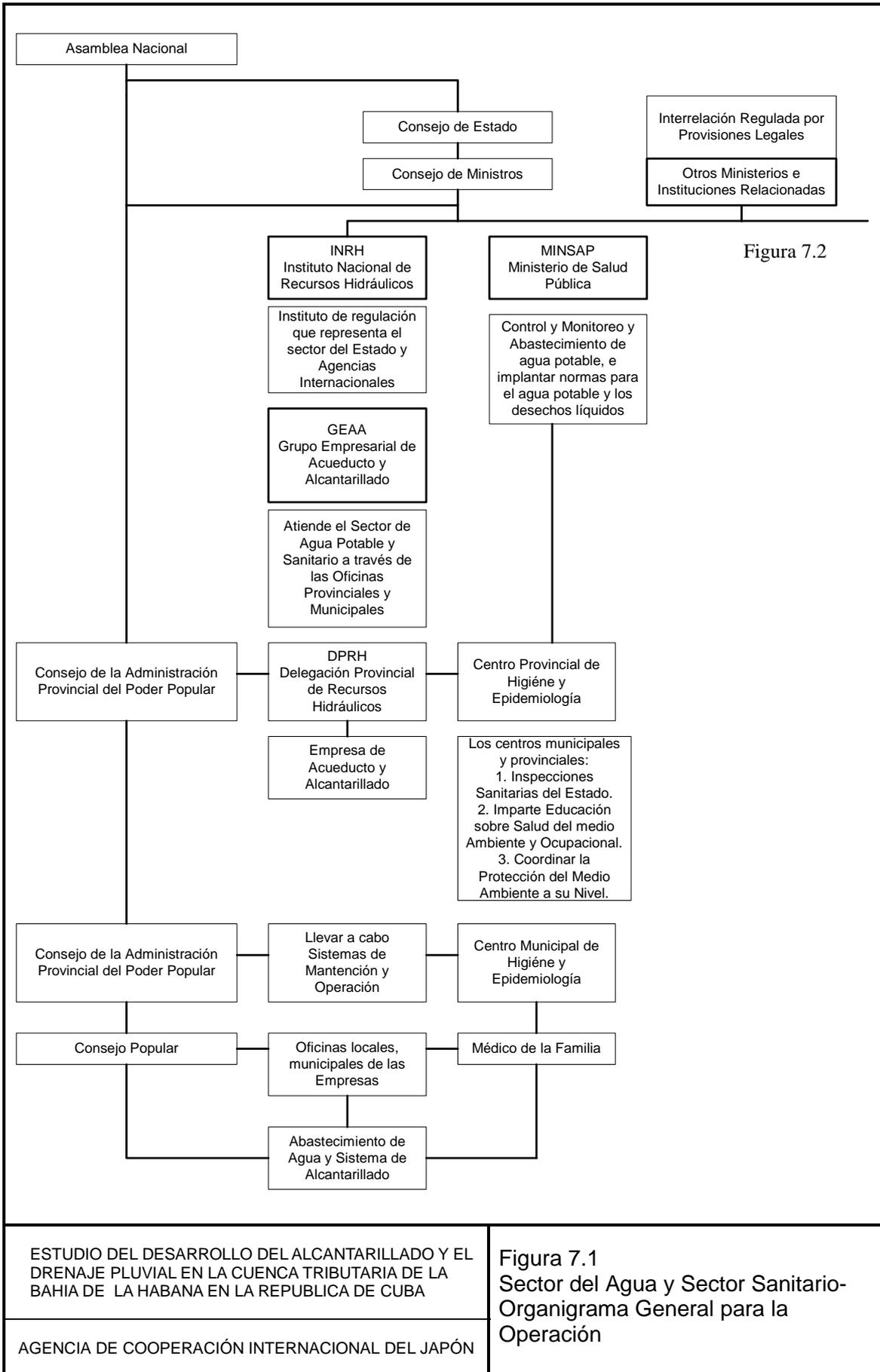


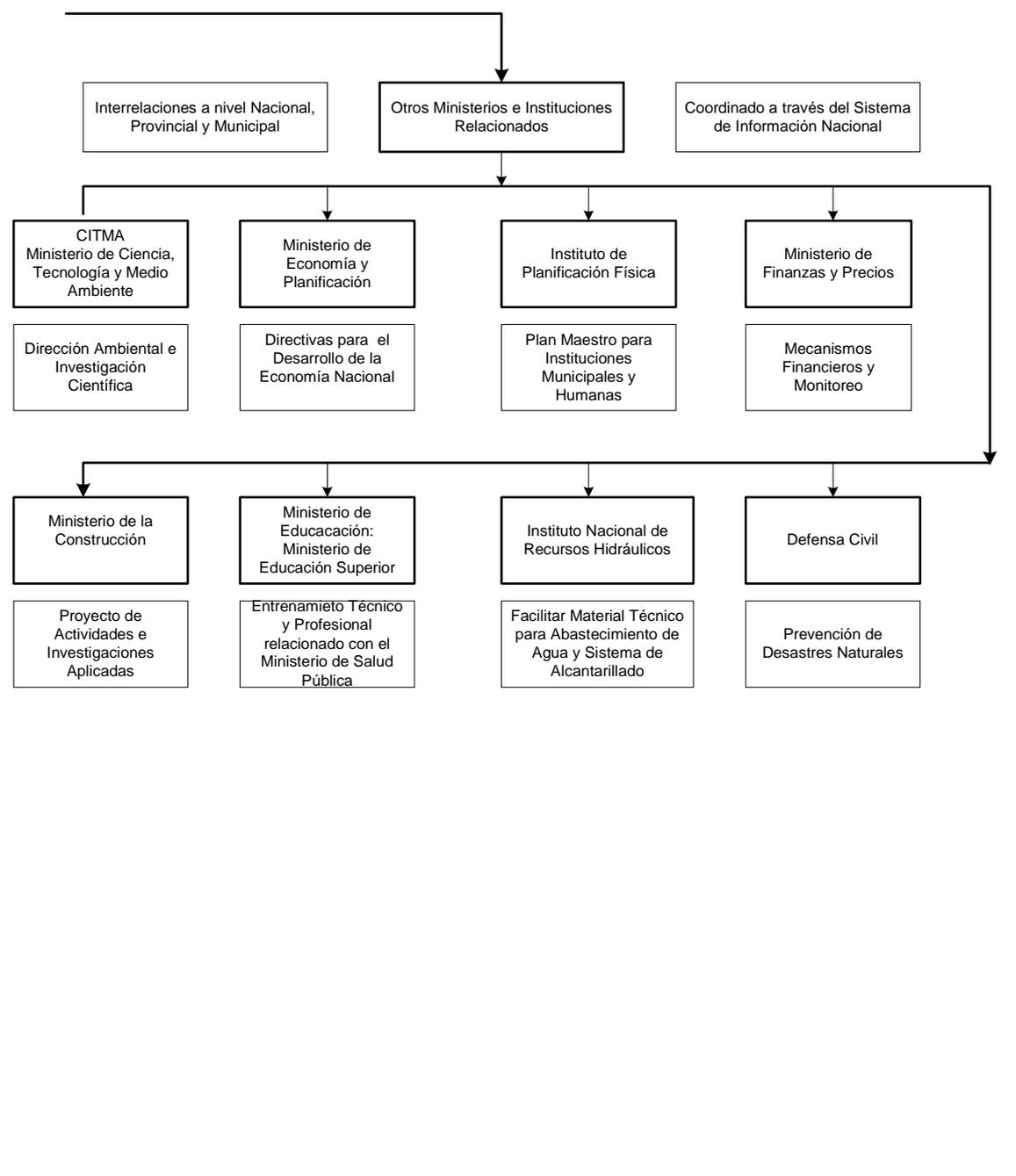
Figura 7.2

ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 7.1  
Sector del Agua y Sector Sanitario-Organigrama General para la Operación

Figura 7.1



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

---

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 7.2 Organismos Extra Sectoriales para el Sector del Agua y para el Sector Sanitario

Las funciones de los Ministerios en relación a la Bahía se muestran en la figura 3.10.

También hay un Consejo Nacional para la Cuenca Hidráulica que comprende representantes del INRH y del CITMA. En estas operaciones a nivel provincial, y por la Ciudad de la Habana, el CITMA asigna al presidente y el INRH al vice- presidente.

### **7.2.2 OTRAS INSTITUCIONES**

Dos de las más importantes instituciones relacionadas con la Bahía de La Habana son:

- (CENHICA) Centro Nacional para la Hidrología y la Calidad del Agua, el cual conduce a investigaciones científicas, promueve tecnologías para la protección de la cuenca y produce normas para la calidad del agua.
- (CIMAB) Centro Cubano de Ingeniería y Dirección de Medio Ambiente de Bahías y Zonas Costeras, la cual es una empresa para proyectos de medioambiente y juega un papel importante en la calidad de las aguas y la contaminación de la Bahía.

Las agencias del Gobierno Central, junto con otras organizaciones están envueltos en la protección del medio ambiente de la Bahía, incluyendo los ríos tributarios que contribuye ala contaminación , estos son:

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| • Calidad de las aguas de la Bahía | CIMAB y GTE (subordinadas al ministerio de transporte)     |
| • Contaminación de la Bahía        | CIMAB, GTE y CITMA (nivel provincial, Ciudad de la Habana) |
| • Calidad de las aguas de los ríos | “Empresa de Aprovechamiento Hidráulico” (EAH)              |
| • Contaminación de los Ríos        | “Empresa de Aprovechamiento Hidráulico” (EAH)              |

EAH recauda los cargos por el uso del agua cruda, además es el responsable de la calidad del agua. También hay un Comité Técnico, el cual funciona como un grupo técnico, administrativo y científico para la Bahía de la Habana.

## **7.3 GTE**

### **7.3.1 OBJETIVOS Y POLÍTICAS**

El grupo Estatal para el saneamiento, Conservación y Desarrollo de la Bahía de la Habana, (GTE) fue aprobado el 15 de junio del 1998, por el Acuerdo 3300 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros de la República de Cuba.

GTE está subordinado al Ministerio de Transporte y su Presidente tiene toda la responsabilidad, conjuntamente con la Consejo Administrativo Provincial del Poder Popular de la Ciudad de La Habana y los Vice- Presidentes del CITMA.

GTE está relacionado con todas las actividades de desarrollo de la Bahía, junto con organizaciones e instituciones nacionales e internacionales.

Los objetivos de GTE son elaborar, coordinar y proyectar acciones para soluciones para mantener control de las descargas de residuos y reducir las cargas contaminantes. Demandar a otras organizaciones y empresas que son fuentes directas o indirectas de contaminación de la Bahía, para eso ellos tienen soluciones a corto, mediano o largo plazo de los problemas.

Controlar los impuestos aprobados por el Ministerio de Finanzas y Precios en relación al turismo y el comercio en la Bahía de la Habana.

Debido a la situación actual de la Bahía, GTE mira hacia el futuro con procedimientos, identificación de soluciones permanentes y alternativas, en un proceso continuo, progresivo, de dirección de medioambiente a nivel local con el objetivo de

- Rehabilitación (trabajar con el pasado)
- Resolución (trabajar con el presente)
- Prevención (trabajar con el futuro)

### **7.3.2 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA**

GTE está liderado por un presidente que procede del Ministerio de Transporte, quien controla a dos Vicepresidentes, uno que es el enlace con el CITMA, y el otro con el gobierno de Ciudad de la Habana. Existe un departamento legal y cuatro vice directores quienes son responsables de otras secciones. La organigrama se puede ver en la Figura 7.3.

### **7.3.3 ROLES Y RESPONSABILIDADES**

La Bahía de la Habana es el ecosistema más contaminado del país y tiene un impacto negativo en el medio ambiente en la región del Caribe. Impone limitaciones sobre el desarrollo de la Bahía en relación a las actividades marítimas portuarias, paisajística, culturales, recreativas turísticas.

La función de GTE es por lo tanto, fortalecer las actividades de inspección estatal para la seguridad, funcionamiento y saneamiento de la Bahía. Consultar los servicios de construcción e inversión para asegurar que no ocurran daños en el medio ambiente. Actuar como un intermediario para acuerdos internacionales, resoluciones nacionales, en el control y prevención de la contaminación, incluyendo el marco legal.

## **7.4 INRH**

### **7.4.1 OBJETIVOS Y POLÍTICAS**

Decreto Ley No. 114 del 6 de junio del 1989, se creó el INRH como una institución de la administración central del Estado para dirigir, ejecutar y controlar que se ejecuten las políticas del gobierno relacionadas con los recursos hidráulicos del país y algunas otras funciones de la administración central del Estado.

Decreto Ley Nro 138 del 1 de julio del 1993 con relación a las aguas terrestres, otorgó al INRH la responsabilidad de desarrollar los principios básicos planteados en la Constitución de la República y en la protección del Medio Ambiente y las leyes para el uso de los recursos naturales de las aguas subterráneas y superficiales.

### **7.4.2 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA**

El INRH tiene tres ramas en la Organización que son las siguientes:

- Mejoramiento Profesional y Centros de Entrenamiento (2 centros)
- Delegaciones Provinciales (14 mas la Isla de la Juventud )
- Sistema Empresarial

El sistema de Dirección controla tres grupos:

- Grupo de Empresas Nacionales ( 4 )
- Grupo para otras Empresas ( 5 )
- Grupo Empresarial

El Grupo Empresarial también controla tres grupos:

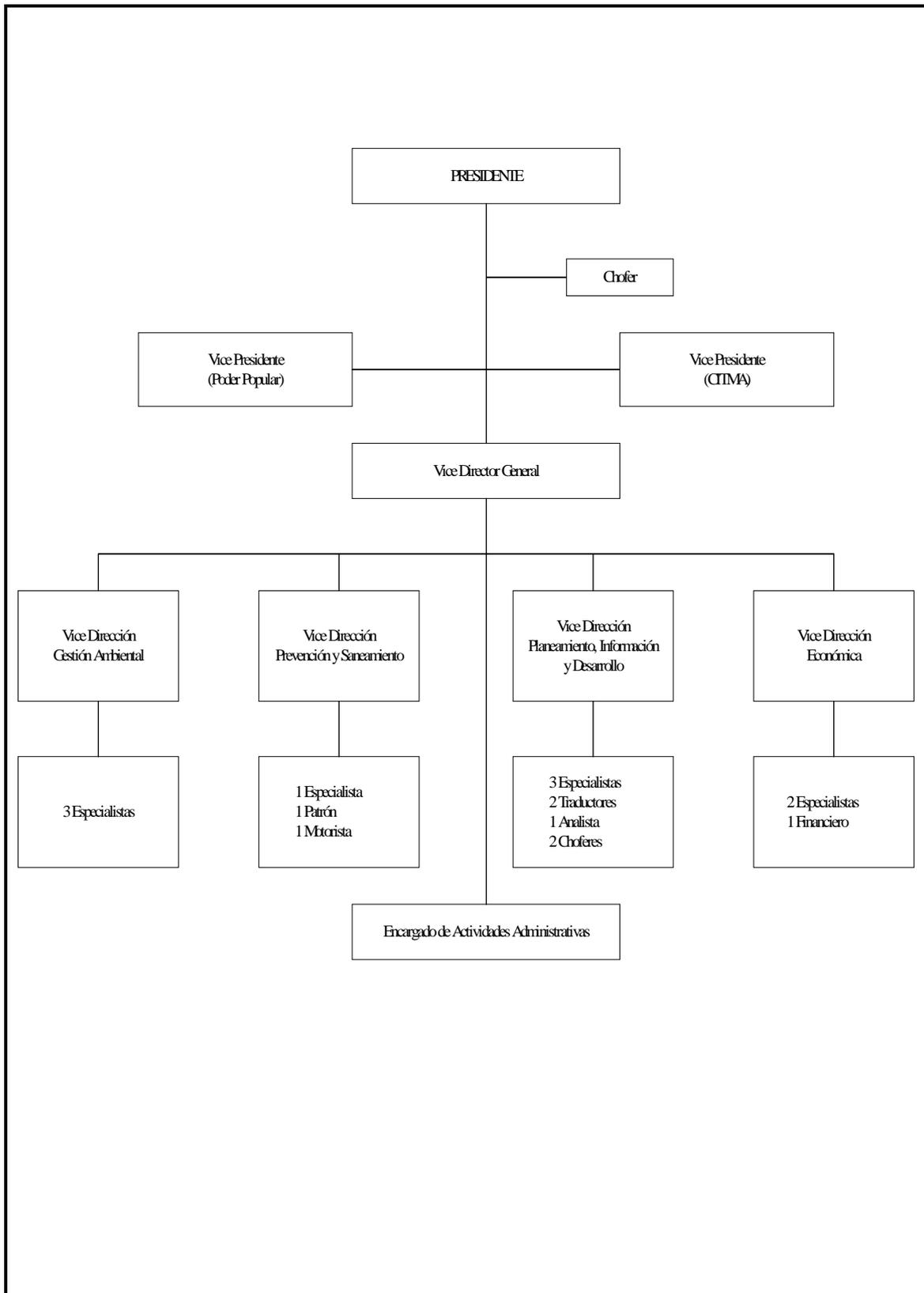
- Grupo Empresarial de Aprovechamiento Hidráulico (14 empresas)
- Grupo Empresarial de Acueductos y Sanitarios (21 empresas)
- Grupo Empresarial de Proyecto e Ingeniería (7 grupos). (N.B. CENHICA o Centro Nacional de Hidrología y Calidad de Aguas que recientemente fue agregado como centro Investigativo).

La organigrama, que muestra las estructuras y funciones de las distintas secciones, con estas que se aplican a este estudio, se pueden observar en la Figura 7.4

### **7.4.3 ROLES Y RESPONSABILIDADES**

El INRH tiene las siguientes funciones y responsabilidades:

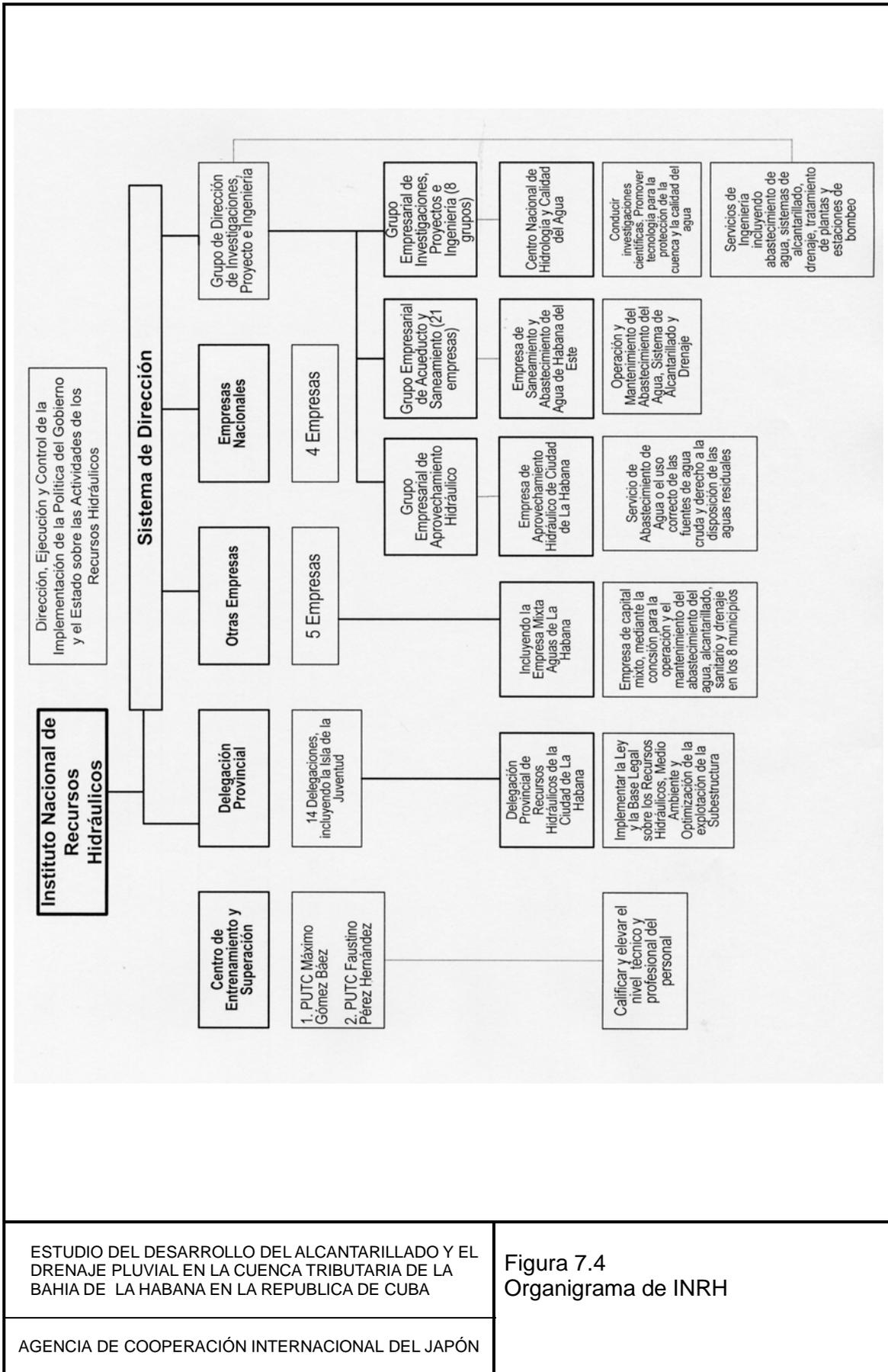
- Organizar y dirigir en coordinación con otras organizaciones gubernamentales, la protección de las aguas terrestres, embalses, camas naturales, trabajos hidráulicos e instalaciones contra la contaminación y los otros problemas de deterioro y degradación, tan bueno como el control sistemático de la calidad del agua.
- Determinar, conjuntamente con otras organizaciones, las regulaciones requeridas para proteger los objetivos económicos y sociales y los efectos nocivos contra el medio ambiente aguas territoriales. Organizar seguros y acciones para el control, medidas y buen funcionamiento de todas las instalaciones hidráulica, protegiendo contra inundaciones, drenajes subterráneos y la capacidad de rendimiento de las camas naturales y artificiales.
- Determinar y mantener actualizados los datos hidráulicos para el potencial hidráulico del país y proveer los datos hidrológicos en la superficie y aguas subterráneas, lluvias y evaporación.
- Proponer estrategia de desarrollo hidráulico y regular y controlar proyectos e inversiones para trabajos hidráulicos.
- Planear, regular y controlar recursos hidráulicos y la operación, vigilancia técnica y mantenimiento de los trabajos hidráulicos y las instalaciones.
- Determinar y mantener actualizados los estudios y las evaluaciones del potencial de la fuerza hidroeléctrica, etc.
- Regular y controlar las actividades de acueducto, alcantarillado y drenaje pluvial.
- Organizar y garantizar la operación del registro Nacional de aguas terrestres. El registro contendrá los detalles de concesiones, asignaciones y permisos relacionados con el uso de las aguas y su preservación de acuerdo con las leyes.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 7.3 Organigrama de GTE

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

Figura 7.4 Organigrama de INRH

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

## **7.5 CITMA (MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE)**

### **7.5.1 OBJETIVOS Y POLÍTICAS**

La Ley Nro 81 de 1989 es la Ley de Medio Ambiente y el Artículo 11 establece:

“E l Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) es la Organización Gubernamental de la Administración Central del Estado que está a cargo de los propósitos de la política de Medio Ambiente y guiar su ejecución a través de la coordinación, y control de las direcciones nacionales de medio ambiente ,promover su integración coherente para contribuir a su desarrollo sustancial.”

El propósito de la Ley es establecer los principios legales para gobernar la política de medio ambiente y los requerimientos legales básicos para regular la dirección d medio ambiente.

CITMA prevé las políticas nacionales de medio ambiente para alcanzar los siguientes objetivos :

- Aumentar y fortalecer los controles de medio ambiente para asegurar la obediencia con la legislación .
- Redefinir procedimientos para asesorar impactos de medio ambiente y aplicar recomendaciones resultantes.
- Modernizar y completar la legislación nacional de medio ambiente.
- Alcanzar una mayor integración entre la Dirección de medio Ambiente y la y la Dirección de Ciencia Nacional.

Como CITMA es la Institución responsable de la dirección de medio ambiente, tiene la obligación de mantener los objetivos de las leyes, las cuales son:

- Crear un contexto legal que favorezca el diseño y desarrollo de las actividades socio-económicas en las vías que son compatibles con la protección del medio ambiente.
- Establecer principios para guiar las acciones de personas naturales y legales en asuntos de medio ambiente incluyendo los mecanismos para la coordinación entre las distintas Organizaciones y Agencias para una dirección eficiente.
- Promover la participación pública en la protección de medio ambiente y en un desarrollo sostenible.
- Desarrollar la conciencia pública en los problemas relacionados con el medio ambiente por la educación integral, descubrimiento e información del medio ambiente.
- Regular el desarrollo de evaluación, control y vigilancia de las actividades relacionadas con el medio ambiente .
- Promover la protección de la salud humana, mejoramiento de la calidad de viday del medio ambiente en general.

### **7.5.2 ESTRATEGIA DE MEDIO AMBIENTE**

La Estrategia Nacional de Medio Ambiente está dirigida a señalar las vías correctas para preservar y desarrollar los logros del medio ambiente de la Revolución. Cuba es muy responsable en la conducción para proteger el medio ambiente como se puede observar en los eventos que comenzaron hace 25 años.

En 1976 el medio ambiente fue incluido en la Constitución (Artículo 27) y fue creada una Comisión Nacional; para la protección del medio ambiente y preservación de los recursos naturales. La Ley Nro 33 “Protección del Medio Ambiente y el uso racional de los recursos

naturales” fue pasada en 1981 y el decreto Ley Nro 118 “Estructura, Organización y Función del sistema nacional para la protección del medio ambiente y su Órgano rector” fue pasada en 1990. ( Estas leyes fueron modificadas subsecuentemente por la emisión de leyes de medio ambiente Nro 81).

Siguiendo la participación de Cuba en la Cumbre de la Tierra en Río en 1992, Cuba adoptó la Agenda 21 como su Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo y creó el CITMA en 1994. La Estrategia Nacional de Medio Ambiente se formuló en 1996 y se actualiza continuamente.

CITMA prevé y coordina la implementación de la estrategia de medio ambiente, la cual es un sistema integrado por componentes interrelacionados que involucran a muchos Ministerios e Instituciones. Los instrumentos para la implementación de la estrategia son:

- Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo
- Planificación de Medio Ambiente
- Legislación de Medio Ambiente
- Valoración del Impacto de Medio Ambiente
- Proceso de Licenciamiento de Medio Ambiente
- Inspección de Medio Ambiente Estatal
- Investigación Científica e Innovación Tecnológica
- Educación Ambiental y Disseminación
- Instrumentos para la Regulación Económica
- Indicadores de Medio Ambiente para toma de decisiones
- Política de Medio Ambiente Internacional

Estos instrumentos se describen plenamente en la segunda emisión/mayo del 2000 de la Estrategia Nacional de Medio Ambiente.

## **7.6 EMPRESAS DE AGUA Y ALCANTARILLADOS**

### **7.6.1 GENERALIDADES**

Las empresas de agua y alcantarillados en la Ciudad de La Habana están bajo la jurisdicción del INRH en la sección de los Grupos Gerenciales (ver la Figura 7.4). La misión del INRH es la de dirigir, supervisar, controlar y evaluar los resultados de cada entidad.

Hasta 1998, la empresa de agua, alcantarillados y drenajes de Ciudad de La Habana estaban bajo la jurisdicción de la Autoridad Provincial del IHRH, DPRH. Ahora existen cuatro empresas que tienen como objetivo fundamental las operaciones y mantenimiento de los servicios de abasto de agua, sistemas de alcantarillados y los drenajes pluviales de la parte de los sistemas que controlan.

Estas cuatro empresas cubren un total de población de alrededor de 2.188 millones y un área de 727 km<sup>2</sup>, con alrededor de 4,000 km de redes de suministro de agua, 1,600 km de alcantarillas y 120,000 de tanques sépticos. Estos son:

- Aguas de la Habana
- Acueducto del Este

- Acueducto Sur
- Acueducto del Cotorro

#### **(1) Aguas de la Habana**

Esta organización es la mayor de la ciudad y sus servicios abarcan la mayor parte de centro Habana y la parte occidental de la ciudad, tanto dentro como fuera del Area de Estudio. El área de suministro abarca los municipios de Centro Habana, Habana Vieja, Diez de Octubre, Cerro, Plaza (todas partes del Area de Estudio), y Marianao, Playa, y La Lisa. La población a la que se le brinda servicio es de 1,221,130 (alrededor del 40% del área de estudio), con una red de abasto de agua de alrededor de 1,792 km, una red de alcantarillado de alrededor de 1,174 km, y más de 60,000 tanques sépticos. La fuerza laboral es de 2,865.

Aguas de la Habana es una empresa de capital mixto, siendo el 45% de las acciones propiedad de Agua Barcelona (Grupo Aguas de Barcelona), 5% de un individuo y 50% del INRH. Aguas de Barcelona es el responsable del mantenimiento y operación, y del mantenimiento del abasto de agua, saneamiento y de las instalaciones de drenaje en el área metropolitana de la ciudad. La concesión comenzó el 1ro de abril del 2000 y es por un período de 25 años (renovable). La entidad anterior era la Corporación de Agua y Alcantarillas del Oeste, establecida en 1998, brindando servicio a solamente los municipios de Marianao, Playa, y La Lisa.

#### **(2) Acueducto del Este**

El Acueducto del Este es una empresa cubana bajo la jurisdicción del INRH y es el responsable de la operación y mantenimiento de los recursos hidráulicos y la infraestructura de la parte este de la Ciudad de la Habana. El área de suministro cubre los municipios de Habana del Este, Guanabacoa, Regla, San Miguel del Padrón (todos dentro del área de estudio), parte de los municipios de Diez de Octubre y Cotorro, y Guanabo incluyendo el área de las playas del este. La población beneficiada es de 487,839 (alrededor del 47% del área de estudio), con una red de abasto de agua de alrededor de 1,148 km, una red de alcantarillado de alrededor de 562 km, y alrededor de 33,500 tanques sépticos. El total de la fuerza laboral es de 1,113.

#### **(3) Acueducto Sur**

Es una empresa cubana bajo la jurisdicción del INRH y es responsable de la operación y mantenimiento de los recursos hidráulicos y de la infraestructura de la parte sur de la Ciudad de la Habana. El área de suministro es de 217 km<sup>2</sup> abarcando los municipios de Arroyo Naranjo y Boyeros. Además, el abasto de agua por tubería y de aguas de alcantarillados es de alrededor de 27,000 tanques sépticos. El total de la fuerza laboral es de 723, y la empresa fue formada en 1999.

Mientras que Arroyo Naranjo queda dentro del área de estudio, la población solamente compone alrededor de un 4% del total de la población del Area de Estudio y el alcantarillado no será extendido en este municipio por el presente estudio.

#### **(4) Acueducto del Cotorro**

Es una empresa cubana bajo la jurisdicción del INRH y es responsable de la operación y mantenimiento de los recursos hidráulicos y de la infraestructura en el municipio del Cotorro que queda fuera del área de estudio. El área de suministro es de alrededor de 66 km<sup>2</sup> con una población beneficiada de 74,400. 48% de la población esta conectada a las alcantarillas y hay alrededor de 4,000 tanques sépticos. El total de la fuerza laboral es de 228, y la empresa se formó en 1999.

## (5) Principales Empresas en el Area de Estudio

Aguas de la Habana y el Acueducto del Este son los temas principales de este capítulo ya que ambos tienen gran número de población dentro del área de estudio, que serán afectadas por cualquier rehabilitación o extensión de su sistema de alcantarillado, como resultado de este estudio.

Más detalles estadísticos de la información sobre la operación de estas entidades se ofrecen en la siguiente tabla 7.1

**Tabla 7.1 Estadísticas - Aguas de la Habana & Acueducto del Este**

Descripción	Unidad	Aguas de la Habana	Acueducto del Este
Volumen de Agua Producida	Hm <sup>3</sup> /año	323	154
Población abastecida de agua por tubería	Personas	1,221,130	487,839
Longitud de la Red de Distribución de Agua	km	1,792	1,148
Población abastecida por medio de Pipas	Personas	27,594	15,511
Promedio de Población abastecida por tuberías	%	98%	96%
Población conectada a las alcantarillas	Personas	854,723	30,414
Longitud de la Red de Alcantarillas	km	1,174	562
Población beneficiada por tanques sépticos	Personas	388,000	457,425
Promedio de Población beneficiada por alcantarillas	%	69%	6%
No. de Tanques sépticos	Número	60,224	33,500
Limpieza de Tanques sépticos	Veces/year	9,873	2,790
Volumen de aguas residuales a las alcantarillas	Hm <sup>3</sup> /año	116	20
Volumen de aguas residuales tratadas	Hm <sup>3</sup> /año	20	N/D
Limpieza de Alcantarillas	Veces/año	20,408	N/D
Limpieza de Drenajes de Tormenta	Veces/año	98,142	N/D

Fuente: Aguas de la Habana, Acueducto del Este

## 7.6.2 AGUAS DE LA HABANA

### (1) Estructura General

Bajo la dirección del Gerente General y del Vicegerente General, esta empresa mixta está compuesta por los ocho departamentos siguientes:

Técnico	(Personal 1567)
Ingeniería y Construcción	(Personal 174)
Comercial	(Personal 97)
Contaduría y logística	(Personal 151)
Sistemas de Información	(Personal 71)
Recursos Humanos	(Personal 39)
Secretaría General y Legal	(Personal 6)
Atención al Cliente	(Personal 97)

Más detalles sobre la organización se ofrecen en la Figura 7.5.

### (2) Departamento Técnico

El Departamento Técnico es el responsable de la operación y mantenimiento de todo el sistema hidráulico, las seis principales secciones son:

- Zonas y agua no contabilizada
- Producción, Eléctrico y Mecánico
- Operaciones
- Construcción
- Mantenimiento de las tuberías de agua
- Alcantarillas y Drenaje

De una fuerza de trabajo de 1567, la División de Alcantarillados y Drenaje tiene 437 trabajadores. Esta división es la responsable de la sección técnica de las alcantarillas, sección de tratamiento y de las bases de drenaje de centro y occidente. Más detalles sobre la organización se brindan en la Figura 7.6.

### (3) Operación & Mantenimiento de Alcantarillas y Drenajes

Este subdepartamento (Personal 2) del principal Departamento Técnico tiene dos secciones y dos bases, como se describe más abajo:

- Sección Técnica (Personal 8)

En la Sección Técnica trabajan ingenieros y es responsable de todos los aspectos técnicos y de ingeniería relativos a la operación y el mantenimiento del sistema de alcantarillado.

- Sección de Tratamiento (Personal 57)

Esta sección se ocupa principalmente de las operaciones del principal sistema de colección de Casablanca y del la pequeña planta de tratamiento Quibú y de las lagunas en el aérea occidental. El sistema de Casablanca incluye las rejas, sifones, la estación de bombeo de Casablanca, el túnel y entrada de agua de mar. Además, la responsabilidad incluye la operación de otras nueva estaciones de bombeo de alcantarillas y de vaciar los grandes tanques sépticos y desechos en nueve diferentes puntos del sistema colector.

- Base Central de Alcantarillas y Drenaje (Personal 169)

Las operaciones de mantenimiento son realizadas desde esta base en dos áreas, que son:

No. 1 La Habana Vieja y Centro Habana

No. 2 Cerro y Diez de Octubre

- Base de Alcantarillas y Drenaje de Occidente (Personal 201)

Las operaciones de mantenimiento son realizadas desde esta base en dos áreas, que son:

No. 3 Marianao y Plaza de la Revolución

No. 4 La Lisa y Playa

La base occidental es además la responsable de vaciar y verter en los colectores los pequeños tanques sépticos domésticos y de toda la perforación y el desarrollo de pozos para los tanques sépticos.

### (4) Ingeniería y Construcción

Este departamento tiene divisiones encargadas de las inversiones, los Sistemas de Planificación, de Proyección y Planificación, del Control de la Calidad, Laboratorio (agua potable) y un

Laboratorio de Aguas Residuales. Se brinda más información sobre la organización la Figura 7.7.

#### **(5) Gerencia Comercial**

La Oficina de Ventas (Departamento Comercial), tiene secciones para la Atención y Cobro al Cliente (clientes que pagan en US\$), un sistema de recibos y cobro. Esta oficina recibe entrenamiento progresivo para que se conecte a las sucursales de cada municipio los que se conectan a la computadora central del sistema y le brindan al cliente información actualizada. Además se puede acceder a la información sobre incidentes relativos a la pérdida de suministros de agua, roturas, vaciado de tanques sépticos, etc.

#### **(6) Contaduría y Logística**

Este Departamento tiene divisiones para las finanzas, Contaduría y control Administrativo, Facturación y Cobro, y una sección administrativa para el cobro de los Clientes Principales.

#### **(7) Sistema de Información**

Las principales divisiones y secciones son las de Control Interno, Finanzas, Contaduría y Administración, Compras, Almacenaje y Transporte.

El sistema instalado adopta todas las aplicaciones corporativas de Aguas de Barcelona, y le permite a toda la empresa ser administrada de forma integral. Esta base de datos única, brinda una eficiente información gerencial y su tecnología de avanzada es la base de esta organización relativamente nueva.

#### **(8) Departamento de Recursos Humanos**

El Departamento de Recursos Humanos consta de tres secciones: Administración y Entrenamiento, medios de Seguridad/Salud/Empleo y Personal

En los dos primeros años como empresa con capital mixto se han desarrollado muchas tareas de importancia. La primera fue el desarrollo de una estructura organizativa (Número de Trabajadores y Salarios, etc.) tomando en consideración la legislación laboral, los Estatutos Sociales y las principales Instituciones relacionadas con Aguas de La Habana, en estrecha colaboración con los representantes sindicales.

A nivel del gobierno Central, la Resolución No.50-2001 del ministerio del Trabajo y Seguridad Social, establece regulaciones para los contratos laborales directos en las empresas mixtas, para los trabajadores del abasto de agua, alcantarillados, saneamiento y drenaje pluvial.

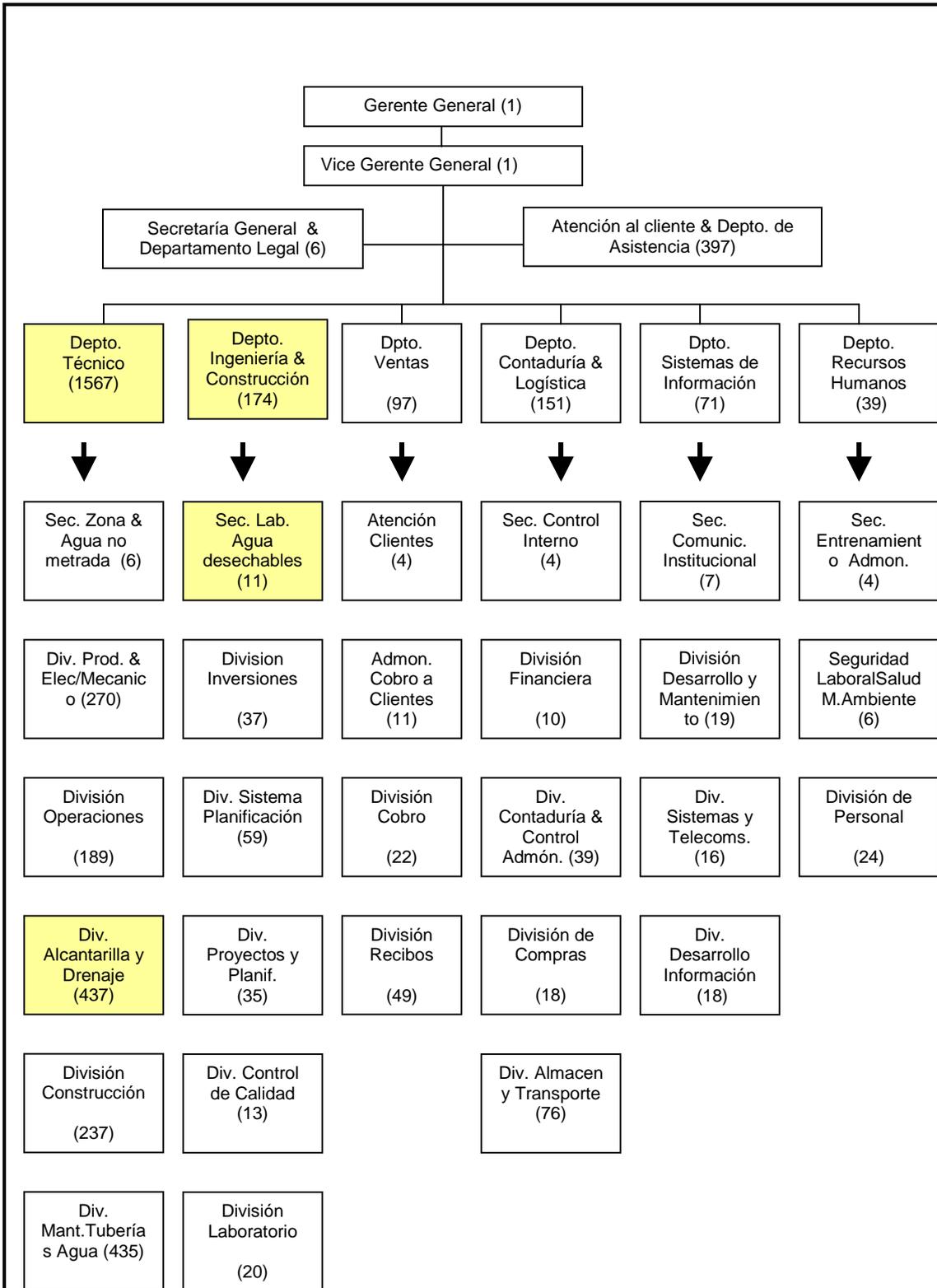
En la actualidad hay 700 profesionales y técnicos, un tercio del personal es femenino representando el 63% de los técnicos. Los trabajadores reciben un tratamiento especial y el entrenamiento en el año 2000 y 2001 fue de 25,000 y 32,000 horas respectivamente, representando 5% de las horas laborales. El programa se concentra en la seguridad, salud y el medio en el centro de trabajo.

#### **(9) Otros Servicios**

Estos incluyen una pequeña Secretaría y un Departamento Legal, un gran Departamento de Atención al Cliente, una sección de Servicios Generales, una de Servicios, una de Seguridad y Protección y la división de mecanización.

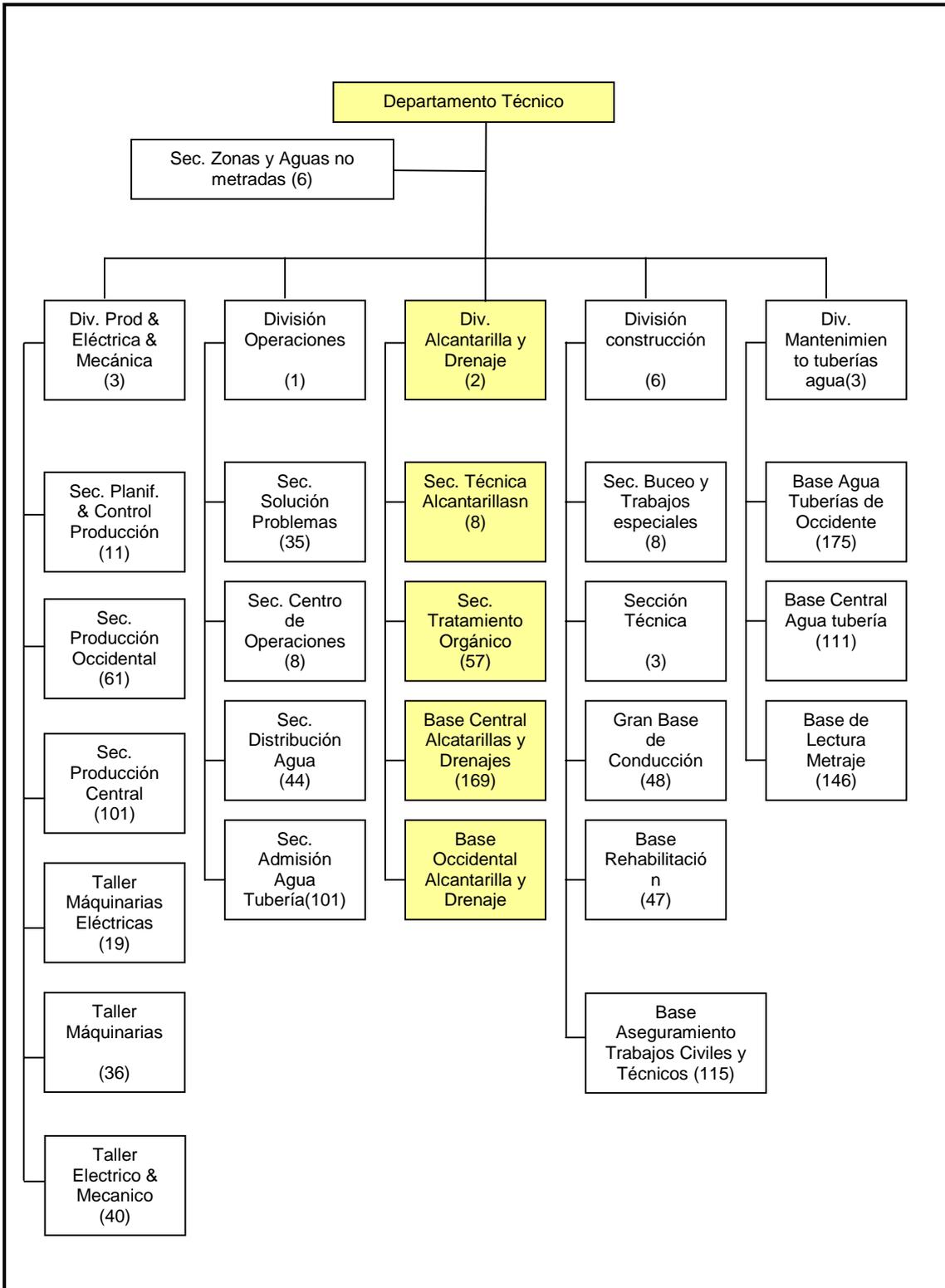
#### **(10) Oficinas de Apoyo**

Las oficinas de apoyo incluye a 8 trabajadores, 10 bases y 15 oficinas comerciales.



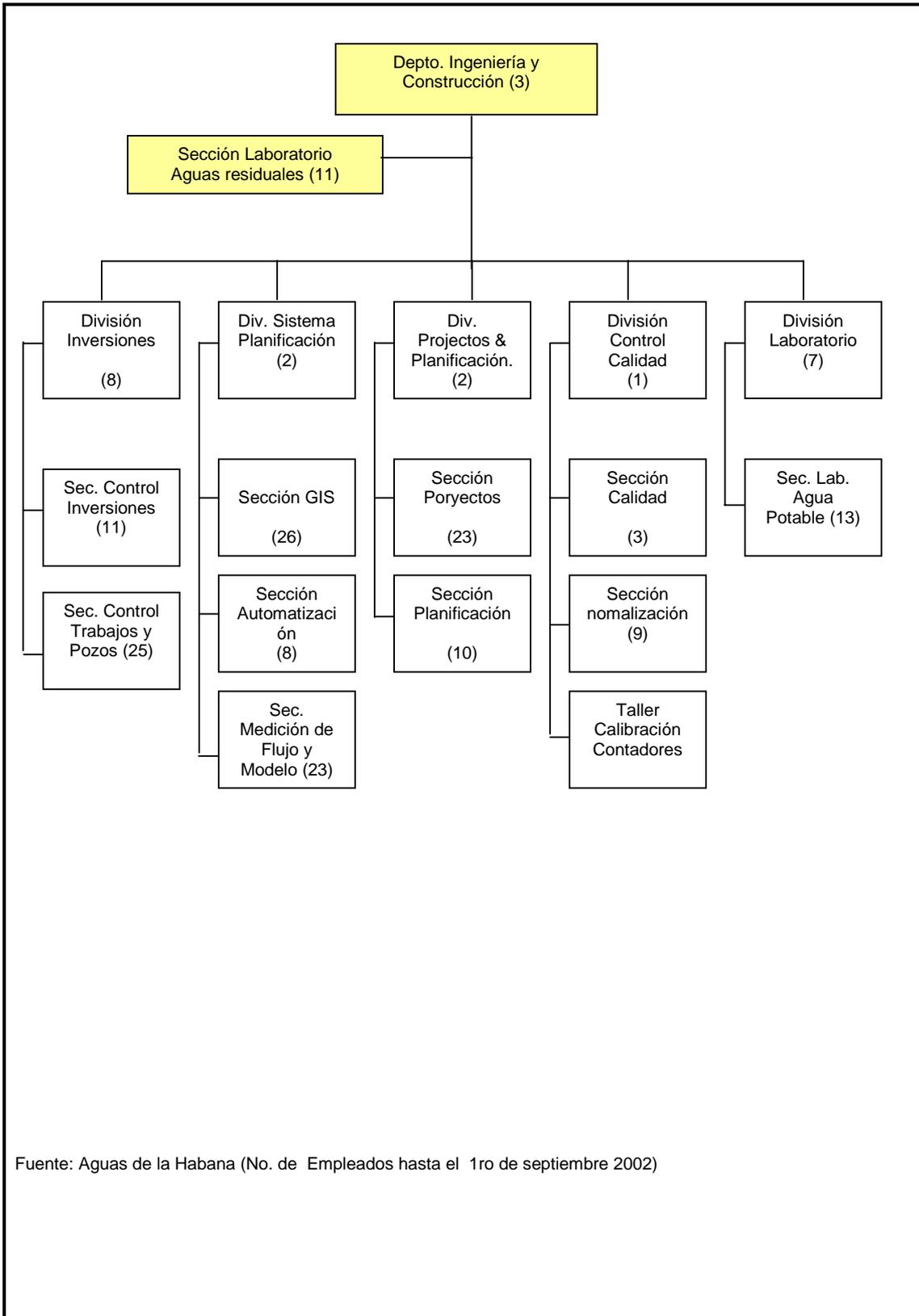
Fuente: Aguas de la Habana (No. de Trabajadores hasta el 1ro Septiembre 2002)

<p>ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA</p>	<p>Figura 7.5 Organigrama de Aguas de la Habana</p>
<p>AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN</p>	



Fuente: Aguas de la Habana (No. de Empleados hasta el 1ro de septiembre 2002)

<p>ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA</p>	<p>Figura 7.6 Organigrama del Departamento Técnico de Aguas de La Habana</p>
<p>AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN</p>	



Fuente: Aguas de la Habana (No. de Empleados hasta el 1ro de septiembre 2002)

<p>ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO SOBRE EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLAS Y DRENAJE PARA LA BAHIA DE LA HABANA</p>	<p>Figura 7.7 Organigrama del Departamento de Ingeniería y Construcción de Aguas de la Habana</p>
<p>AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DE JAPON</p>	

### 7.6.3 CORPORACIÓN DE ALCANTARILLADOS Y DRENAJES DEL ESTE

#### (1) Estructura General

Bajo la dirección del Gerente General y del Vice Gerente General, esta empresa cubana tiene tres pequeñas secciones que se encargan de los asuntos legales, auditoría y de la reestructuración empresarial. En un siguiente nivel existen cuatro departamentos para la protección y el control de la empresa. Estos son:

Economía y Finanzas	(Personal 7)
Personal	(Personal 39)
Ingeniería	(Personal 13)
Comercial (Ventas)	(Personal 5)

#### (2) Unidades Básicas de la Empresa

Por debajo de los cuatro departamentos existen cuatro Unidades Básicas de la Empresa, que son:

- Unidad de Logísticas & Equipamiento

Las áreas bajo la de responsabilidad de esta unidad incluye logística, equipamiento y los servicios internos de la Empresa.

- Unidad de Contaduría

La contaduría básica de la empresa ha sido simplificada mediante el uso de la facturación computarizada en Aguas de La Habana. Existe un cobro por el provisión de este servicio.

- Unidad de Abasto de Agua

Esta unidad tiene 539 trabajadores y es la responsable de la producción de agua, operaciones y mantenimiento de la red de distribución del agua. Las pruebas del agua potable es responsabilidad del Ministerio de Salud.

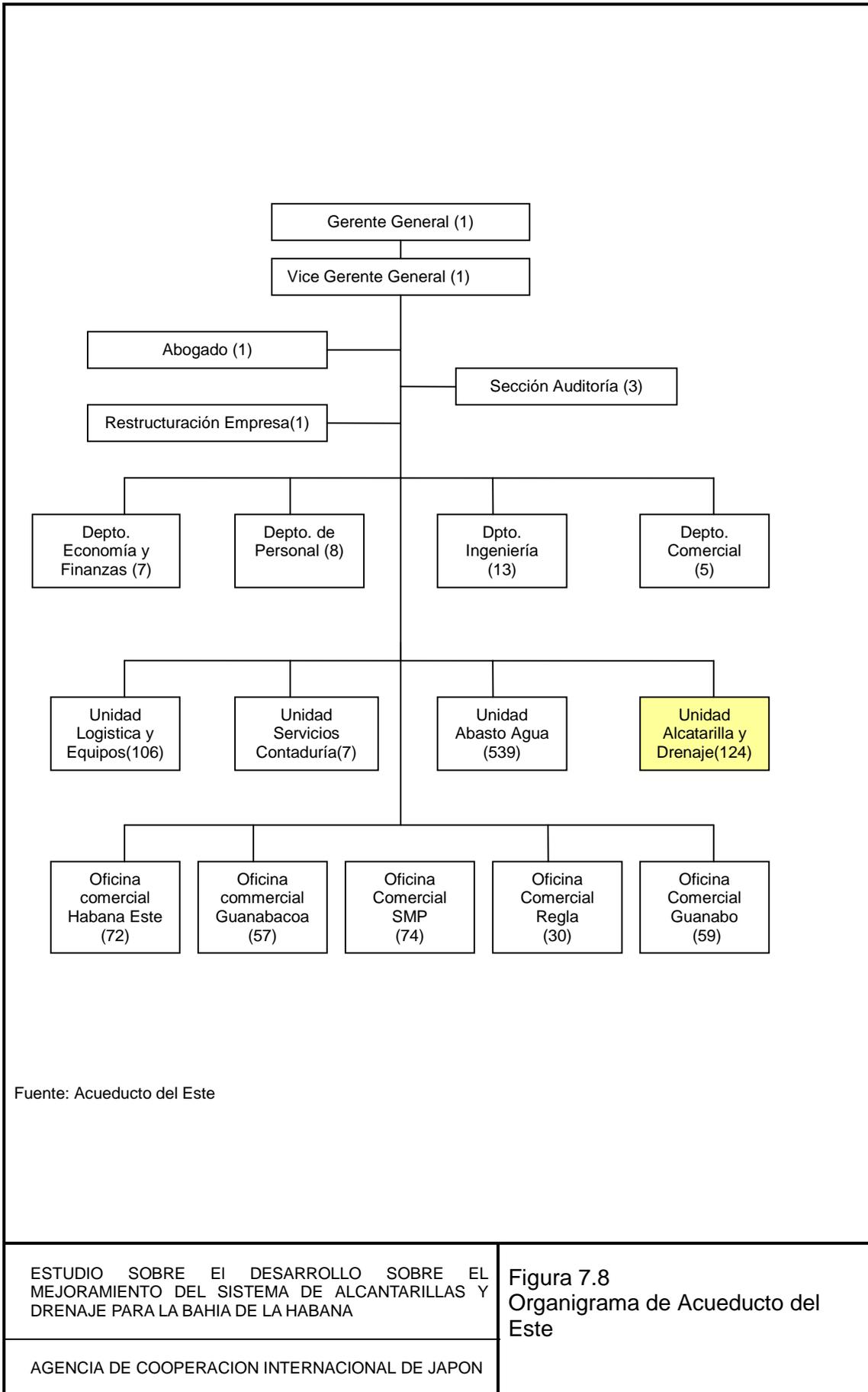
- Unidad de Alcantarillado y Drenajes

Esta unidad cuenta con 124 trabajadores y es responsable del mantenimiento de la red de alcantarillas y drenaje y de la limpieza de los tanques sépticos. Además, la unidad es responsable de la operación y el mantenimiento de una de las estaciones de bombeo de las agua y de una planta de tratamiento de aguas residuales (laguna de oxidación) en el área de Guanabacoa. El análisis de las aguas residuales es responsabilidad de esta empresa y las pruebas se realizan por Aguas de La Habana, cuyo servicio es cobrado.

#### (3) Otros Servicios

El próximo nivel trata sobre la facturación y el cobro en las cinco oficinas comerciales ubicadas en La Habana del Este (3 brigadas), Guanabacoa (4 brigadas), San Miguel del Padrón (4 brigadas), Regla y Guanabacoa (1 brigada respectivamente).

Se brindan más detalles de la organización en la Figura 7.8.



## **CAPÍTULO 8 SITUACIÓN FINANCIERA ACTUAL**

### **8.1 GOBIERNO CENTRAL**

Los presupuestos del gobierno central de 1996 al 2001 (Tabla 8.1) han sido relativamente estables. Tanto los ingresos como los gastos han mantenido aproximadamente las mismas proporciones con respecto al PIB. Como resultado, el déficit fiscal se ha mantenido por debajo del 3 por ciento desde 1996, lo que se considera un nivel apropiado.

Durante esos años se produjeron incrementos en las tasas impositivas, además de la introducción de nuevos impuestos, cargos a los usuarios y aumentos en los precios de productos no esenciales. Se está volviendo a introducir el impuesto directo, y se está elaborando un nuevo sistema de recaudación de impuestos.

En los datos correspondientes a los gastos no aparece información sobre el servicio de agua y el saneamiento. Sin embargo, han aumentado los gastos de salud pública, en los que se incluyen estos rubros. Estos han sido de alrededor de 1.6 mil millones de pesos en 1999, 1.7 mil millones en el 2000, y 1.8 mil millones en el 2001, lo que representa alrededor del 11 por ciento de los gastos y 6 por ciento del PIB de esos años.

Otras áreas donde los gastos son considerables son la educación, la seguridad social, y los subsidios a empresas estatales. Los gastos del sector de la educación han aumentado considerablemente. Los pagos por seguridad social se han reducido en valores constantes en pesos. Los subsidios a las empresas estatales, que fundamentalmente están compuestos por subsidios por pérdidas y subsidios por diferencias de precio, han experimentado una reducción estable.

Tabla 8.1 Financiamiento del Estado

	(Millones de pesos a precios actuales)					
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>INGRESOS</b>						
<b>Impuestos directos</b>	1,892.7	2,745.8	3,137.5	3,554.6	3,976.9	4,353.6
Impuesto sobre la ganancia	468.5	849.6	1,131.8	1,333.3	1,534.5	1,717.5
Impuesto sobre empleo	248.9	562.3	706.1	817.1	970.0	1,102.2
Impuesto sobre ingresos personales	216.1	263.4	274.6	288.8	291.2	286.1
Contribuciones a la seguridad social	959.2	1,070.5	1,025.0	1,115.4	1,181.2	1,247.8
<b>Impuestos indirectos</b>	5,512.9	5,329.9	5,543.3	6,336.3	6,732.3	6,386.1
Impuesto sobre ventas	5,079.0	4,876.2	5,076.4	5,786.4	6,130.7	5,721.6
Impuesto sobre servicios	433.9	453.7	466.9	549.9	601.6	664.5
<b>Ingresos no imponibles</b>	4,837.2	4,127.9	3,821.2	3,528.3	4,206.0	4,293.8
Pagos de empresas del estado	2,685.0	2,014.7	1,907.5	1,514.8	1,553.5	1,661.2
Otros ingresos no imponibles	2,152.2	2,113.2	1,913.7	2,013.5	2,652.5	2,632.6
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>12,242.8</b>	<b>12,203.6</b>	<b>12,502.0</b>	<b>13,419.2</b>	<b>14,915.2</b>	<b>15,033.5</b>
<b>GASTOS</b>						
<b>Gastos corrientes para la actividad presupuestada</b>	6,938.6	6,807.8	7,081.6	8,122.2	9,233.3	10,405.5
Educación	1,421.3	1,453.9	1,509.7	1,829.6	2,094.6	2,368.6
Salud pública	1,190.3	1,265.2	1,344.9	1,553.1	1,683.8	1,796.6
Defensa	496.7	637.5	537.1	752.3	879.6	1,273.8
Seguridad social	1,630.2	1,635.9	1,705.1	1,785.7	1,785.6	1,870.3
Administración	397.5	431.2	437.8	457.4	509.1	565.2
Vivienda y servicios comunales	462.4	487.6	565.5	684.3	763.0	827.2
Esfera productiva	154.6	155.5	159.0	156.7	172.7	163.5
Cultura y arte	165.2	164.7	168.8	191.0	233.8	310.7
Ciencia y tecnología	113.6	109.2	104.1	128.1	154.3	163.6
Deportes	117.5	121.5	125.9	140.7	158.0	163.4
Asistencia social	128.4	135.2	145.4	157.6	178.8	215.2
Otras actividades	473.3	475.2	484.6	517.8	620.0	687.4
Cambios de inventario, cuentas por pagar y otros	187.6	-264.8	-206.3	-232.1	-	-
<b>Gastos corrientes para la actividad empresarial</b>	2,605.7	2,236.2	2,588.4	2,669.8	3,075.7	2,622.2
Subsidios por pérdidas	1,624.4	1,350.0	1,139.4	770.3	586.1	393.4
Subsidios por diferencia de precios	867.3	757.9	1,352.0	1,781.2	2,218.9	1,900.2
Fondo para la estabilización de la producción	-	-	-	-	100.0	-
Otras asignaciones	114.0	128.3	97.0	118.3	170.7	328.6
<b>Ayuda económica a cooperativas agropecuarias</b>	600.6	718.1	384.8	199.5	98.9	63.8
<b>Gastos de capital</b>	2,043.4	1,839.0	1,580.8	2,063.0	1,749.3	1,989.7
<b>Gastos extraordinarios</b>	239.1	680.6	1,000.0	555.6	-	-
<b>Fondo para la estabilización del presupuesto</b>	-	-	-	-	1,000.0	140.0
<b>Reserva</b>						
Operación financiera	386.1	380.9	426.1	420.8	430.2	549.8
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>12,813.5</b>	<b>12,662.6</b>	<b>13,061.7</b>	<b>14,030.9</b>	<b>15,587.4</b>	<b>15,771.0</b>
<b>Saldo</b>	-570.7	-459.0	-559.7	-611.7	-672.2	-737.5
<b>% del PIB</b>	-2.5%	-2.0%	-2.4%	-2.3%	-2.4%	-2.5%

Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas, *Estadísticas anuales de Cuba 2001*

## 8.2 GOBIERNO LOCAL

El Área de Estudio está situada en la provincia de Ciudad de La Habana. La provincia está formada por 15 municipios, de los cuales 10 pertenecen al Área de Estudio. Esos 10 municipios son Plaza de la Revolución, Centro Habana, Habana Vieja, Regla, Habana del Este, Guanabacoa, San Miguel del Padrón, Diez de Octubre, Cerro y Arroyo Naranjo. Tanto la provincia como cada uno de los municipios tiene su propio gobierno. Los presupuestos y la producción de esos gobiernos locales se analizan a continuación.

### 8.2.1 GOBIERNO DE CIUDAD DE LA HABANA

El equipo de estudio no ha tenido acceso al presupuesto de Ciudad de La Habana. Se dice que los ingresos de los gobiernos provinciales incluyen ingresos provenientes de las empresas provinciales, el impuesto sobre empleo, el impuesto sobre ventas y el impuesto sobre propiedad de vehículos. Los gastos incluyen los de educación, salud pública y seguridad social. La producción de las actividades principales de Ciudad de La Habana se muestra en la Tabla 8.2.

**Tabla 8.2 Producción de Ciudad de La Habana**

(Año 2002, Unidad: millones de pesos)

Actividad industrial		
Energía eléctrica	20	
Combustible	262	
Minería metalúrgica	40	
Minería no metalúrgica	6	
Maquinarias para la construcción	9	
Maquinarias eléctricas	33	
Productos metálicos	27	
Productos químicos	91	
Papel	35	
Industria gráfica	45	
Procesamiento de madera	12	
Materiales de construcción	53	
Vidrio y cerámica	2	
Textiles	6	
Prendas de vestir	31	
Artículos de piel	14	
Procesamiento de alimentos	257	
Procesamiento de pescado	76	
Bebidas y tabacos	112	
Otras actividades industriales	59	
Total		1,189
Construcción		76
Agricultura		33
Transporte		
Transporte de mercancías	181	
Transporte de personal	153	
Total		333
Turismo		329
Gran total		1,627

Notas:

- Este desglose de la producción incluye solamente rubros seleccionados por sus valores globales.
- La producción total de Ciudad de La Habana en el 2002 fue de 5,821 millones de pesos.
- Tanto los 1,627 como los 5,821 millones de pesos incluyen la producción obtenida fuera de la Ciudad de La Habana. Si una empresa tiene sus oficinas centrales en la Ciudad de La Habana pero sus operaciones se extienden fuera de esta provincia, la producción obtenida en esas otras provincias también se incluye.

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

## 8.2.2 GOBIERNOS MUNICIPALES

El equipo de estudio no ha tenido acceso a los presupuestos de los 10 municipios (Plaza de la Revolución, Centro Habana, Habana Vieja, Regla, Habana del Este, Guanabacoa, San Miguel del Padrón, Diez de Octubre, Cerro y Arroyo Naranjo). La producción de esos municipios se resume en la Tabla 8.3. Los datos de producción son un tanto incoherentes. Una de las causas es que la planificación económica estatal decide el nivel de producción de cada actividad industrial específica sobre la base de la situación económica. Como resultado, los municipios en cuyos territorios existen industrias afectadas también pueden ser afectados. La entrega de informes de producción erróneos de cada empresa al gobierno también puede contribuir a la inexactitud de la información.

**Tabla 8.3 Producción de los Municipios**

(Unidad: millones de pesos)

Municipio	1999	2000	2001
Plaza de la Revolución	296	172	161
Centro Habana	141	155	162
Habana Vieja	417	281	196
Regla	324	499	562
Habana del Este	98	93	106
Guanabacoa	98	134	119
San Miguel del Padrón	104	107	93
Diez de Octubre	151	198	151
Cerro	264	259	272
Arroyo Naranjo	107	118	138
Total	2,002	2,013	1,959

Nota: Todos los datos se refieren a producción dentro del municipio.

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

**(1) Plaza de la Revolución**

Este municipio es importante desde el punto de vista político, debido a la concentración de funciones gubernamentales en el mismo. En cuanto a las actividades industriales, la producción muestra un nivel medio dentro de los 10 municipios. Se destacan la industria metalúrgica y la producción de motores y turbinas (Tabla 8.4). Algunas industrias muestran una producción positiva en el 2000 y una producción de cero en el 2001, o viceversa. Una de las causas es que la planificación económica estatal decide la producción de cada industria específica sobre la base de la situación económica. Este fenómeno también puede deberse a la entrega de informes de producción erróneos.

**Tabla 8.4 Producción de Plaza de la Revolución**

(Miles de pesos)

Actividad industrial	Año 2000	Año 2001
Metalurgia ferrosa	20,300	
Producción de motores y turbinas	14,030	
Producción de maquinarias para metalistería	3,010	
Producción de maquinarias y equipos tecnológicos	3,776	2,608
Producción de maquinarias y equipos para la construcción		3,311
Producción de equipos profesionales	5,114	
Producción de otros equipos y maquinarias no eléctricos	740	
Reparación y mantenimiento de vehículos	8,297	
Producción de motocicletas y bicicletas	2,624	3,862
Reparación y mantenimiento de motocicletas y bicicletas	475	378
Producción de embarcaciones	301	3,952
Reparación y mantenimiento de equipos electrónicos	588	329
Producción de medios técnicos para la computación	1,053	
Producción de muebles y accesorios principales	1,097	602
Producción de otros productos metálicos	816	245
Producción de productos farmacéuticos	2,470	
Producción de artículos plásticos	1,539	
Producción de papel, carbón y pulpa	3,133	
Industria gráfica	2,253	11,955
Producción de muebles de madera	11,339	27
Producción de productos asfálticos	1,150	
Producción de productos refractarios	7	
Producción de prendas de vestir		429
Producción de calzado		6,165
Construcción	56,020	113,460
Otros	31,380	13,522
<b>Total</b>	<b>171,510</b>	<b>160,842</b>

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

**(2) Centro Habana**

El volumen de producción ocupa un nivel medio entre los 10 municipios. Los fertilizantes y los productos farmacéuticos constituyen una parte considerable de la producción.

**Tabla 8.5 Producción de Centro Habana**

Actividad industrial	(Miles de pesos)	
	Año 2000	Año 2001
Energía eléctrica	910	
Metalurgia ferrosa	9,619	
Reparación y mantenimiento de motores y turbinas	1,300	1,163
Producción de maquinarias y equipos tecnológicos	1,625	3,399
Producción de equipos profesionales	91	
Producción de vehículos	132	99
Reparación y mantenimiento de vehículos		3,381
Reparación y mantenimiento de motocicletas y bicicletas	235	149
Reparación y mantenimiento de embarcaciones	5,511	
Reparación y mantenimiento de equipos y accesorios industriales		2,420
Reparación y mantenimiento de aparatos industriales	184	
Producción de muebles y accesorios principales	686	989
Producción de fertilizantes	13,858	13,875
Producción de pinturas, colorantes y pigmentos	3,376	
Producción de productos farmacéuticos	15,100	14,979
Producción de artículos plásticos	7,174	
Industria gráfica		2,340
Producción de muebles de madera	105	833
Cantería	343	
Producción de hormigón y piezas prefabricadas de hormigón	2,057	937
Producción de productos refractarios	926	
Producción de vidrio y productos de vidrio		1,787
Producción de prendas de vestir	696	1,163
Construcción	68,371	105,819
Otros	22,853	8,295
<b>Total</b>	<b>155,151</b>	<b>161,629</b>

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

**(3) Habana Vieja**

Entre 1999 y 2001 la producción de este territorio fue la segunda mayor entre los 10 municipios. Este municipio es el de más larga historia de desarrollo. Por lo tanto, las actividades económicas incluyen diversas formas de actividad industrial y comercio. Uno de los mayores productores es una fábrica de jabones.

**Tabla 8.6 Producción de La Habana Vieja**

(Miles de pesos)

Actividad industrial	Año 2000	Año 2001
Energía eléctrica	1,681	
Gas manufacturado	8,861	7,208
Metalurgia ferrosa	2,672	
Motores y turbinas	5,772	5,523
Producción de maquinarias y equipos tecnológicos	6,099	5,043
Producción de vehículos	196	
Reparación y mantenimiento de vehículos	67	18
Reparación y mantenimiento de motocicletas		262
Producción de maquinarias y aparatos industriales		1,329
Producción de equipos electrónicos	141	
Producción de muebles y accesorios principales	693	491
Producción de estructuras metálicas	690	
Producción de estructuras metálicas		66
Producción de jabones y perfumes	23,550	
Producción de productos farmacéuticos	10,246	5,698
Industria gráfica	16,313	2,834
Producción de envases de madera	4,945	
Producción de muebles de madera	287	896
Cantería	8	
Producción de hormigón y piezas prefabricadas de hormigón	7,820	
Producción de vidrio y productos de vidrio	74	
Producción de prendas de vestir		4,210
Curtido de cuero	5,599	
Producción de calzado	5,012	6,270
Producción de otros artículos de piel		5,463
Construcción	72,412	132,986
Otros	107,592	17,860
<b>Total</b>	<b>280,730</b>	<b>196,157</b>

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

**(4) Regla**

La producción industrial es la mayor entre los 10 municipios. La refinería de petróleo es la mayor industria. También existen diversas industrias pesadas y ligeras.

**Tabla 8.7 Producción de Regla**

(Miles de pesos)

Actividad industrial	Año 2000	Año 2001
Refinería de petróleo	354,517	419,310
Aceites y lubricantes		6,352
Metalurgia ferrosa	14,695	
Producción de embarcaciones		1,362
Reparación y mantenimiento de embarcaciones		18,381
Producción de estructuras metálicas	634	
Producción de otros productos metálicos	3,082	3,228
Producción de jabones y perfumes	2,004	
Producción de artículos plásticos	29,836	
Industria gráfica	2,095	
Producción de muebles de madera	409	
Producción de prendas de vestir		967
Producción de calzado de piel		1,034
Construcción	73,372	101,951
Otros	18,201	9,214
<b>Total</b>	<b>498,844</b>	<b>561,798</b>

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

**(5) La Habana del Este**

El volumen de producción es relativamente pequeño en comparación con el resto de los municipios. Se destacan en los datos de producción las estructuras metálicas y los vehículos. El turismo también representa un volumen considerable de la producción.

**Tabla 8.8 Producción de La Habana del Este**

(Miles de pesos)

Actividad industrial	Año 2000	Año 2001
Metalurgia ferrosa	2,672	
Producción de maquinarias y equipos tecnológicos	4,881	
Producción de vehículos	9,468	9,604
Producción de medios técnicos para la computación		4,678
Producción de muebles y accesorios principales	83	78
Producción de estructuras metálicas	1,022	11,566
Producción de jabones y perfumes		6,794
Producción de productos veterinarios	4,414	179
Producción de artículos plásticos	4,793	4,986
Producción de papel, cartón y pulpa	118	
Artes gráficas	569	
Producción de muebles de madera	4,922	1,288
Cantería	1,053	
Producción de hormigón y piezas prefabricadas de hormigón	848	1,176
Producción de productos refractarios	2,002	411
Producción de tejidos de punto		620
Producción de prendas de vestir		1,350
Producción de calzado de piel	4,313	4,817
Construcción	16,728	46,675
Otros	34,740	11,325
<b>Total</b>	<b>92,627</b>	<b>105,544</b>

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

**(6) Guanabacoa**

El volumen de producción es relativamente pequeño en comparación con el resto de los municipios. La metalurgia y la producción relacionada con esta actividad caracterizan la actividad industrial de este municipio.

**Tabla 8.9 Producción de Guanabacoa**

Actividad industrial	(Miles de pesos)	
	Año 2000	Año 2001
Metalurgia ferrosa	30,455	3,653
Metalurgia no ferrosa	11,535	
Producción de maquinarias para metalistería	2,464	2,636
Producción de maquinarias y equipos tecnológicos	2,354	6,054
Producción de otros equipos y maquinarias no eléctricos	3,064	657
Producción de vehículos	2,221	2,228
Reparación y mantenimiento de vehículos	2,262	
Producción de embarcaciones	315	
Reparación y mantenimiento de equipos y accesorios industriales	4,371	
Producción de ferretería general		13,943
Producción de estructuras metálicas	5,903	16,307
Producción de otros productos metálicos	717	1,346
Productos químicos inorgánicos básicos	2,319	8,960
Producción de medios técnicos para la computación		225
Producción de neumáticos y cámaras	4,682	2,692
Producción de artículos plásticos	1,040	1,155
Producción de muebles de madera	668	1,026
Cantería	8,277	6,705
Producción de hormigón y piezas prefabricadas de hormigón	4,068	2,665
Producción de hilaza y textiles	4,522	1,043
Producción de tejidos de punto		2,532
Producción de prendas de vestir	1,236	2,095
Producción de calzado de piel		3,684
Construcción	24,174	30,611
Otros	16,949	8,696
<b>Total</b>	<b>133,596</b>	<b>118,913</b>

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

**(7) San Miguel del Padrón**

El volumen de producción en el año 2001 es el menor entre los 10 municipios. Una parte fundamental de la producción la constituyen industrias de tecnología relativamente alta, tales como las relacionadas con la computación.

**Tabla 8.10 Producción de San Miguel del Padrón**

(Miles de pesos)

Actividad industrial	Año 2000	Año 2001
Metalurgia ferrosa	1,870	
Metalurgia no ferrosa		2,027
Producción de maquinarias para metalistería		3,859
Producción de maquinarias y equipos tecnológicos	11,243	7,919
Reparación y mantenimiento de maquinarias y equipos de construcción		1,512
Producción de otros equipos y maquinarias no eléctricos	634	
Producción de vehículos		15,088
Producción de equipos electrónicos	4,870	
Producción de medios técnicos para la computación	12,945	
Producción de ferretería general	3,481	3,590
Producción de muebles y accesorios principales	694	1,821
Producción de estructuras metálicas	605	
Producción de otros productos metálicos	3,430	3,004
Producción de jabones y perfumes	8,645	
Producción de neumáticos y cámaras		1,368
Producción de artículos plásticos		2,498
Industria gráfica	8,954	
Producción de envases de madera	6,112	1,380
Producción de puertas y ventanas	528	522
Producción de muebles de madera		1,185
Producción de hormigón y piezas prefabricadas de hormigón		6,593
Producción de productos refractarios	39	
Producción de prendas de vestir		270
Construcción	16,172	25,611
Otros	26,666	14,255
<b>Total</b>	<b>106,891</b>	<b>92,502</b>

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

**(8) Diez de Octubre**

El volumen de producción ocupa un nivel medio entre los 10 municipios. La producción de maquinarias, neumáticos y la industria gráfica se destacan como las actividades industriales principales.

**Tabla 8.11 Producción de Diez de Octubre**

(Miles de pesos)

Actividad industrial	Año 2000	Año 2001
Energía eléctrica	12	
Metalurgia ferrosa	8,518	
Reparación y mantenimiento de motores y turbinas	4,626	1,113
Producción de maquinarias y equipos tecnológicos	17,270	20,852
Reparación y mantenimiento de maquinarias y equipos de construcción		544
Producción de equipos profesionales		440
Producción de motocicletas y bicicletas	3,764	9,602
Reparación y mantenimiento de motocicletas	246	76
Producción de maquinarias y aparatos industriales		1,299
Producción de muebles y accesorios principales	721	360
Producción de estructuras metálicas	708	167
Producción de otros productos metálicos	6,121	4,184
Producción de pinturas, colorantes y pigmentos		1,247
Producción de jabones y perfumes	823	
Producción de productos farmacéuticos	880	
Producción de productos veterinarios	5,563	
Producción de neumáticos y cámaras	27,530	
Producción de artículos plásticos	452	72
Industria gráfica	25,233	
Producción de envases de madera	8,925	3,759
Producción de puertas y ventanas	1,274	1,310
Producción de muebles de madera	1,330	1,141
Cantería	2,214	
Producción de hormigón y piezas prefabricadas de hormigón	7,271	135
Producción de tejidos de punto	552	1,302
Producción de prendas de vestir		998
Construcción	62,501	96,127
Otros	11,009	5,030
<b>Total</b>	<b>197,543</b>	<b>151,136</b>

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

**(9) Cerro**

La producción del 2001 es la segunda más grande entre los 10 municipios. Este municipio es uno de los más antiguos. La gama de productos industriales que se produce en el mismo es bastante amplia. Se destacan la producción de jabones y perfumes, productos farmacéuticos y productos relacionados con los vehículos.

**Tabla 8.12 Producción del Cerro**

(Miles de pesos)

Actividad industrial	Año 2000	Año 2001
Energía eléctrica	3,795	
Metalurgia ferrosa	7,774	
Producción de motores y turbinas	1,059	
Motores y turbinas	2,750	2,297
Producción de maquinarias y equipos tecnológicos	1,034	3,807
Producción de maquinarias y equipos de construcción	3,516	
Reparación y mantenimiento de maquinarias y equipos de construcción	16,182	
Producción de equipos profesionales	5,346	1,821
Producción de otros equipos y maquinarias no eléctricos	6,312	5,812
Producción de vehículos	12,414	8,150
Reparación y mantenimiento de vehículos	1,173	106
Reparación y mantenimiento de motocicletas	379	548
Producción de embarcaciones	234	
Reparación y mantenimiento de equipos y accesorios industriales		353
Reparación y mantenimiento de equipos electrónicos	922	
Producción de medios técnicos para la computación	1,530	
Producción de muebles y accesorios principales	2,028	2,133
Producción de estructuras metálicas	3,214	1,869
Producción de otros productos metálicos	8,270	6,100
Producción de pinturas, colorantes y pigmentos		102
Producción de jabones y perfumes		43,006
Producción de productos farmacéuticos	12,773	18,353
Producción de productos veterinarios	3,045	
Producción de neumáticos y cámaras	1,399	2,749
Producción de artículos plásticos	192	721
Otras producciones químicas	70	
Producción de papel, cartón y pulpa		2,946
Industria gráfica	3,804	10,013
Producción de envases de madera	2,458	2,380
Producción de puertas y ventanas	1,651	2,047
Producción de muebles de madera	1,734	2,927
Cantería	1,749	170
Producción de hormigón y piezas prefabricadas de hormigón	3,208	7,407
Producción de productos refractarios	3,601	
Producción de tejidos de punto		548
Producción de prendas de vestir	2,190	3,209
Producción de calzado		173
Construcción	111,844	127,192
Otros	31,194	15,245
<b>Total</b>	<b>258,840</b>	<b>272,182</b>

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

**(10) Arroyo Naranjo**

El volumen de producción es relativamente pequeño en comparación con el resto de los municipios. Las mayores actividades industriales son la reparación y mantenimiento de equipos electrónicos, la producción de productos metálicos y asfálticos, entre otros.

**Tabla 8.13 Producción de Arroyo Naranjo**

(Miles de pesos)

Actividad industrial	Año 2000	Año 2001
Metalurgia ferrosa	5,878	
Producción de vehículos	4,023	
Producción de maquinarias y equipos tecnológicos	1,592	
Reparación y mantenimiento de vehículos		163
Producción de maquinarias y aparatos industriales	834	1,165
Reparación y mantenimiento de equipos y accesorios industriales	3,038	
Producción de maquinarias y aparatos industriales	3,035	2,408
Reparación y mantenimiento de equipos electrónicos		14,221
Producción de ferretería general	8,253	
Producción de muebles y accesorios principales		17
Producción de estructuras metálicas		16,111
Producción de otros productos metálicos	453	81
Producción de productos farmacéuticos	3,739	
Producción de neumáticos y cámaras	7,793	
Producción de artículos plásticos	1,116	
Producción de productos asfálticos	16,726	
Producción de hormigón y piezas prefabricadas de hormigón	2,009	6,940
Producción de productos refractarios	1,211	929
Producción de prendas de vestir		289
Construcción	39,307	85,262
Otros	18,601	10,245
<b>Total</b>	<b>117,609</b>	<b>137,830</b>

Fuente: Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

### 8.3 INRH (INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS)

El INRH, que es la organización cubana encargada del manejo del agua y las aguas residuales a nivel nacional, es también un colaborador clave en el presente estudio. El Equipo de Estudio no ha tenido acceso a la información financiera del INRH.

### 8.4 COMPAÑÍAS ENCARGADAS DEL AGUA Y DE LAS AGUAS RESIDUALES

Existen tres compañías que se encargan del suministro de agua y del manejo de las aguas residuales en el área de estudio, que son Aguas de La Habana, Acueducto del Este, y Acueducto Sur. La distribución de la población por área de servicio de estas compañías se resume en la Tabla 8.14. Cinco de los diez municipios incluidos en el área de estudio reciben los servicios de Aguas de La Habana. Desde el punto de vista demográfico, estos cinco municipios representan alrededor de dos tercios de la población total del área de estudio. Acueducto del Este presta servicios a cuatro municipios y al 29 por ciento de la población. El área atendida por Acueducto Sur es pequeña: un municipio y sólo el 4 por ciento de la población total del área de estudio. La situación financiera de estas compañías se analiza en las secciones siguientes.

**Tabla 8.14 Distribución de la Población y Cobertura de Servicio de las 3 Compañías de Agua**

Municipio	Población en el área de estudio	%	Proveedor del servicio de agua
Plaza	18,702	2%	Aguas de La Habana
Centro Habana	69,860	9%	Aguas de La Habana
Habana Vieja	105,104	14%	Aguas de La Habana
10 de Octubre	212,988	28%	Aguas de La Habana
Cerro	97,317	13%	Aguas de La Habana
Regla	41,748	5%	Acueducto del Este
Habana del Este	15,293	2%	Acueducto del Este
Guanabacoa	24,328	3%	Acueducto del Este
San Miguel	145,690	19%	Acueducto del Este
Arroyo Naranjo	31,007	4%	Acueducto Sur
	762,037	100%	

Fuente: Equipo de Estudio

#### 8.4.1 AGUAS DE LA HABANA

Aguas de La Habana es una empresa de capital mixto cubano-española que fue fundada en enero del 2000 y comenzó sus operaciones en abril de ese mismo año. Antes del 2001, una empresa estatal perteneciente al INRH era la que ofrecía los servicios de suministro de agua y alcantarillado en el área de servicio que ahora atiende Aguas de La Habana. La información financiera de la compañía está disponible sólo a partir del 2000. El estatus financiero de Aguas de La Habana se muestra en forma de balances (Tabla 8.15), declaraciones de ingresos (Tabla 8.16), y aplicación de fondos (Tabla 8.17).

Tabla 8.15 Balances de Aguas de La Habana

	Denominación US\$ (US\$ 000)			Denominación peso (Peso 000)			Total (1peso:US\$1*) (US\$ 000)			Total (26peso:US\$1**) (US\$ 000)		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
<b>Activos</b>												
Activos fijos												
Sistema de información	255	255	667			208	255	255	875	255	255	675
Propiedad, planta y equipamiento	8,744	11,230	11,877	707	934	1,206	9,451	12,164	13,083	8,771	11,266	11,923
Obras de construcción en ejecución	560	776		996	989	(53)	1,556	1,765	(53)	598	814	(2)
Depreciación acumulada	(499)	(1,588)	(2,772)	(55)	(165)	(295)	(554)	(1,753)	(3,067)	(501)	(1,594)	(2,783)
Total de activos fijos	9,060	10,673	9,772	1,648	1,758	1,066	10,708	12,431	10,838	9,123	10,741	9,813
Inventarios	2,910	3,640	3,292	1,697	1,202	1,044	4,607	4,842	4,336	2,975	3,686	3,332
Cuentas por cobrar												
Clientes	622	666	719	695	1,781	509	1,317	2,447	1,228	649	735	739
INRH	911	39	369	243	607	759	1,154	646	1,128	920	62	398
Cartera de recibos	1,747	1,700	1,920	7,269	5,098	4,194	9,016	6,798	6,114	2,027	1,896	2,081
Deudores	2,093	2,907	586	1,516	5,797	3,171	3,609	8,704	3,757	2,151	3,130	708
Administración pública				343	712	563	343	712	563	13	27	22
Abastecimientos	(12)	(48)	(343)	(322)	(543)	(844)	(334)	(591)	(1,187)	(24)	(69)	(375)
Total de cuentas por cobrar	5,361	5,264	3,251	9,744	13,452	8,352	15,105	18,716	11,603	5,736	5,781	3,572
Cuentas financieras												
Efectivo	1,470	378	417	1,632	6,157	3,284	3,102	6,535	3,701	1,533	615	543
Depósito	(43)	(15)	(177)	1	(30)	(230)	(42)	(45)	(407)	(43)	(16)	(186)
Total de cuentas financieras	1,427	363	240	1,633	6,127	3,054	3,060	6,490	3,294	1,490	599	357
<b>Total de activos</b>	<b>18,758</b>	<b>19,940</b>	<b>16,555</b>	<b>14,722</b>	<b>22,539</b>	<b>13,516</b>	<b>33,480</b>	<b>42,479</b>	<b>30,071</b>	<b>19,324</b>	<b>20,807</b>	<b>17,075</b>
<b>Pasivos y acciones ordinarias</b>												
Acciones ordinarias												
Capital	8,000	8,000	8,000				8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Reservas		11	19		1,442	2,179		1,453	2,198		66	103
Ganancias retenidas	151	160	181	2,200	2,792	2,598	2,351	2,952	2,779	236	267	281
Total de acciones ordinarias	8,151	8,171	8,200	2,200	4,234	4,777	10,351	12,405	12,977	8,236	8,334	8,384
Pasivos a largo plazo	4,901	5,733	5,489				4,901	5,733	5,489	4,901	5,733	5,489
Otros pasivos financieros	112	95	80	593			705	95	80	135	95	80
Deuda al Grupo AGBAR	433	659	839	25			458	659	839	434	659	839
Acreedores	4,810	4,759	1,163	8,993	7,753	3,657	13,803	12,512	4,820	5,156	5,057	1,304
Administración pública	125	33	26	347	23	293	472	56	319	138	34	37
Acreedores municipales					2,243	2,785		2,243	2,785		86	107
Otros acreedores	226	490	758	2,564	8,286	2,004	2,790	8,776	2,762	325	809	835
Total de pasivos circulantes	5,706	6,036	2,866	12,522	18,305	8,739	18,228	24,341	11,605	6,188	6,740	3,202
<b>Total de pasivos y de acciones ordinarias</b>	<b>18,758</b>	<b>19,940</b>	<b>16,555</b>	<b>14,722</b>	<b>22,539</b>	<b>13,516</b>	<b>33,480</b>	<b>42,479</b>	<b>30,071</b>	<b>19,324</b>	<b>20,807</b>	<b>17,075</b>

\* Tasa de cambio oficial que puede emplearse con fines contables

\*\* US\$1 es convertible en 26 pesos cubanos, lo que constituye la tasa legal pero no oficial empleada sólo en las transacciones personales.

Fuente: Aguas de La Habana

**Tabla 8.16 Declaraciones de impuestos de Aguas de La Habana**

	Denominación US\$ (US\$ 000)			Denominación Peso (Peso 000)			Total (1peso:US\$1*) (US\$ 000)			Total (26peso:US\$1**) (US\$ 000)		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Suministro de agua												
Ingresos derivados del suministro de agua	5,699	7,892	8,068	19,123	26,719	26,366	24,822	34,612	34,434	6,435	8,920	9,082
Costo de materiales y de subcontratación	(717)	(1,302)	(983)	(1,232)	(1,599)	(2,917)	(1,949)	(2,901)	(3,900)	(764)	(1,363)	(1,095)
Costo directo de personal				(2,711)	(3,918)	(4,357)	(2,711)	(3,918)	(4,357)	(104)	(151)	(168)
Compra de agua				(430)	(562)	(749)	(430)	(562)	(749)	(17)	(22)	(29)
Alquiler de tubería de agua				(1,760)	(2,298)	(2,121)	(1,760)	(2,298)	(2,121)	(68)	(88)	(82)
Costo de electricidad				(5,457)	(7,742)	(7,734)	(5,457)	(7,742)	(7,734)	(210)	(298)	(297)
Ingresos derivados del suministro de agua	4,982	6,591	7,085	7,533	10,601	8,488	12,515	17,192	15,573	5,272	6,998	7,412
Alcantarillado												
Ingresos derivados de los servicios de alcantarillado	693	902	866	4,042	5,744	5,925	4,735	6,645	6,791	848	1,123	1,094
Costo de materiales y de subcontratación	(131)	(248)	(238)	(215)	(744)	(652)	(346)	(992)	(890)	(139)	(276)	(263)
Costo directo de personal				(719)	(927)	(996)	(719)	(927)	(996)	(28)	(36)	(38)
Alquiler de alcantarilla				(440)	(494)	(477)	(440)	(494)	(477)	(17)	(19)	(18)
Costo de electricidad				(168)	(249)	(304)	(168)	(249)	(304)	(6)	(10)	(12)
Ingresos derivados de los servicios de alcantarillado	562	654	629	2,500	3,329	3,496	3,062	3,983	4,124	658	782	763
Construcción de la infraestructura												
Ingresos	1,510	2,642	3,735	650	1,435	1,541	2,160	4,077	5,276	1,535	2,698	3,795
Materiales de construcción	(1,255)	(2,461)	(3,522)	(565)	(1,320)	(1,399)	(1,820)	(3,781)	(4,922)	(1,277)	(2,512)	(3,576)
Ingresos derivados de la construcción de la infraestructura	255	182	213	85	115	142	340	293	355	258	186	218
Otras actividades												
Ingresos	832	1,088	829	1,506	2,604	1,804	2,338	3,692	2,633	890	1,188	899
Gastos	(1,200)	(2,021)	(1,494)	(1,070)	(1,642)	(159)	(2,270)	(3,663)	(1,652)	(1,241)	(2,084)	(1,500)
Abastecimientos del INRH	534	651					534	651		534	651	
Ingresos derivados de otras actividades	166	(281)	(664)	436	962	1,645	602	680	981	183	(244)	(601)
Actividad indirecta												
Costos de vehículos	(1,784)	(2,096)	(1,998)	(469)	(373)	(589)	(2,253)	(2,469)	(2,587)	(1,802)	(2,111)	(2,021)
Otros costos indirectos	(1)			(1,119)	(1,661)	(1,792)	(1,120)	(1,661)	(1,792)	(44)	(64)	(69)
Costos indirectos de actividades	(1,785)	(2,096)	(1,998)	(1,588)	(2,034)	(2,381)	(3,373)	(4,130)	(4,379)	(1,846)	(2,174)	(2,090)
									0			
Ingresos derivados de las operaciones	4,181	5,049	5,264	8,966	12,972	11,390	13,147	18,021	16,654	4,526	5,548	5,702
Gastos administrativos generales												
Ingresos auxiliares	15	70		22	72	0	37	142	0	16	72	0
Costo del personal administrativo	(918)	(874)	(811)	(5,073)	(7,108)	(7,320)	(5,991)	(7,982)	(8,131)	(1,113)	(1,147)	(1,092)
Costo general de administración	(1,563)	(1,629)	(1,436)	(1,339)	(2,036)	(1,966)	(2,902)	(3,664)	(3,402)	(1,615)	(1,707)	(1,512)
Costo del sistema de información	(113)	(69)	(144)	(24)	(47)	(26)	(137)	(116)	(170)	(114)	(71)	(145)
Costos administrativos totales	(2,579)	(2,501)	(2,390)	(6,414)	(9,119)	(9,312)	(8,993)	(11,621)	(11,702)	(2,826)	(2,852)	(2,749)
Depreciación y abastecimiento	(511)	(1,120)	(1,544)	(377)	(331)	(580)	(888)	(1,452)	(2,124)	(526)	(1,133)	(1,566)
Costos financieros	(232)	(548)	(401)	(21)	(2)	0	(253)	(550)	(401)	(233)	(548)	(401)
Asistencia técnica y costos extraordinarios	(708)	(719)	(748)	46	(728)	1,100	(662)	(1,447)	352	(706)	(747)	(705)
Ingreso neto	151	160	181	2,200	2,792	2,598	2,351	2,952	2,778	236	267	280

\* Tasa de cambio oficial que puede emplearse con fines contables

\*\* US\$1 es convertible en 26 pesos cubanos, lo que constituye la tasa legal pero no oficial sólo empleada para transacciones personales.

Fuente: Aguas de La Habana

**Tabla 8.17 Fuentes y aplicaciones de fondos de Aguas de La Habana**

	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
<b>Fuentes de obtención de fondos</b>												
Depreciación	499	1,089	1,184	55	110	130	554	1,199	1,314	501	1,093	1,189
Ganancia de operaciones	151	10	21	2,200	592		2,351	602	21	236	33	21
Préstamos	4,901	832					4,901	832		4,901	832	
Capitalización y reservas	8,000	11	8		1,442	737	8,000	1,453	745	8,000	66	36
Disminución de las obras de construcción en ejecución			776			1,041			1,817			816
<b>Total de fuentes</b>	<b>13,551</b>	<b>1,942</b>	<b>1,989</b>	<b>2,255</b>	<b>2,144</b>	<b>1,908</b>	<b>15,806</b>	<b>4,086</b>	<b>3,897</b>	<b>13,638</b>	<b>2,024</b>	<b>2,062</b>
<b>Aplicación de fondos</b>												
Incremento de los activos de capital	(9,304)	(2,487)	(647)	(1,703)	(227)	(272)	(11,007)	(2,714)	(919)	(9,370)	(2,496)	(657)
Incremento del sistema de información	(255)		(412)			(208)	(255)		(620)	(255)		(420)
Incremento de las obras en construcción		(216)			6			(210)			(216)	
Disminución de los préstamos a largo plazo			(244)						(244)			(244)
Disminución de las ganancias retenidas						(194)			(194)			(7)
<b>Total de aplicaciones</b>	<b>(9,559)</b>	<b>(2,703)</b>	<b>(1,303)</b>	<b>(1,703)</b>	<b>(221)</b>	<b>(674)</b>	<b>(11,262)</b>	<b>(2,924)</b>	<b>(1,977)</b>	<b>(9,625)</b>	<b>(2,712)</b>	<b>(1,329)</b>
<b>Fuentes netas/aplicaciones de fondos</b>	<b>3,992</b>	<b>(761)</b>	<b>685</b>	<b>552</b>	<b>1,923</b>	<b>1,235</b>	<b>4,544</b>	<b>1,162</b>	<b>1,920</b>	<b>4,013</b>	<b>(687)</b>	<b>733</b>
<b>Incremento (disminución) del fondo de operaciones</b>												
Incremento de las acciones	(2,910)	(730)		(1,697)			(4,607)	(730)		(2,975)	(730)	
Incremento de las cuentas por cobrar	(5,373)	(855)	(603)	(10,066)	(6,100)	(152)	(15,439)	(6,955)	(755)	(5,760)	(1,090)	(609)
Incremento de los depósitos	(1,470)	(28)	(39)	(1,633)	(2,552)		(3,103)	(2,580)	(39)	(1,533)	(126)	(39)
Incremento de otros activos		(5)						(5)			(5)	
Disminución de las cuentas por pagar		(159)	(3,617)		(2,182)	(10,379)		(2,341)	(13,996)		(243)	(4,016)
Disminución del efectivo	43	1,092	163		31	3,073	43	1,123	3,236	43	1,093	281
Disminución de las acciones			348		495	158		495	506		19	354
Disminución de las cuentas por cobrar		957	2,611		419	5,252		1,376	7,863		973	2,813
Incremento de las cuentas por pagar	5,706	489	447	12,522	7,966	813	18,228	8,455	1,260	6,188	795	478
Incremento de la provisión de insolvencia	12		5	322			334		5	24		5
<b>Cambio en el fondo de operaciones</b>	<b>(3,992)</b>	<b>761</b>	<b>(685)</b>	<b>(552)</b>	<b>(1,923)</b>	<b>(1,235)</b>	<b>(4,544)</b>	<b>(1,162)</b>	<b>(1,920)</b>	<b>(4,013)</b>	<b>687</b>	<b>(733)</b>

\*Tasa de cambio oficial que puede emplearse para fines contables

\*\*US\$1 es convertible en 26 pesos cubanos que es la tasa legal pero no oficial empleada solamente en transacciones personales.

Fuente: Aguas de La Habana

Aguas de La Habana está registrada como una empresa de capital mixto que puede generar ingresos en dos tipos de moneda: dólares estadounidenses y pesos cubanos. A los consumidores que tienen ingresos en dólares se les cobra el suministro de agua en esa moneda. A los consumidores que no tienen ingresos en dólares se les cobra el servicio solamente en pesos. A los consumidores que tienen ingresos tanto en dólares como en pesos se supone que se les cobre de acuerdo con la proporción entre las dos monedas. Los activos, los pasivos y las acciones ordinarias también se dividen en dólares estadounidenses y pesos cubanos. No existe una tasa de cambio entre el dólar y el peso cubano determinada por el mercado; sin embargo, existe una tasa de cambio oficial de US\$1 por 1 peso. También existe una tasa de cambio legal pero no oficial de US\$1 por 26 pesos, la que se usa solamente en transacciones personales y no se puede usar con fines contables.

Hubo dos factores importantes que afectaron los ingresos de la compañía negativamente. En primer lugar, según una resolución aprobada por el Ministerio de Finanzas y Precios, a los consumidores que tienen ingresos en divisas libremente convertibles se les permite pagar una parte de sus cuentas en pesos cubanos. La resolución está encaminada a aliviar la escasez de divisas libremente convertibles que experimentaban esos consumidores. La aplicación de esa resolución se amplió en el año 2001, por lo que desde entonces ha aumentado el número de consumidores con ingresos en monedas libremente convertibles que pagan una parte de su consumo de agua en pesos. Como los ingresos en dólares de Aguas de La Habana provenían de esos consumidores, los ingresos de la compañía no aumentaron todo lo que se había planificado. El segundo factor es que un número creciente de grandes consumidores, entre ellos la industria turística, extraen agua de sus propios pozos en vez de usar el agua que Aguas de La Habana suministra por tubería. Esta tendencia responde al esfuerzo de la industria turística por reducir

los costos de operación en respuesta al decrecimiento de la actividad de la esfera luego de los ataques del 11 de septiembre.

El análisis de las proporciones financieras tiene como objetivo medir la solidez de Aguas de La Habana. Las cinco proporciones calculadas son el retorno de activos (RA), la proporción actual, la proporción entre deuda y acciones ordinarias, la proporción de operación y la proporción entre deuda y cobertura del servicio. Debido al carácter monetario dual de la compañía, cada proporción se calcula tanto para la porción en dólares como para la porción en pesos. Para lograr una visión precisa del valor total de la compañía, las porciones en pesos se convierten en proporciones en dólares usando las dos tasas de cambio existentes. Las cinco proporciones financieras también se calculan para esas cifras combinadas. Los resultados se resumen en la Tabla 8.18.

**Tabla 8.18 Proporciones Financieras Fundamentales de Aguas de La Habana**

	Año	US\$	Peso	Total US\$ y peso (US\$1=1 peso) *1	Total US\$ y peso (US\$1=26 pesos)*2
Retorno de activos *3 (Rendimiento global)	2001	0.2%	3.7%	1.9%	0.3%
	2002	0.2%	3.6%	1.9%	0.4%
Proporción actual (Liquidez)	2001	0.9	1.1	1.0	0.9
	2001	1.2	1.3	1.3	1.2
Proporción deuda : acciones ordinarias (Manejo de la deuda)	2001	1.4	4.3	2.4	1.5
	2002	1.0	1.8	1.3	1.0
Proporción de operación (Nivel de gastos)	2001	1.0	1.1	1.1	1.0
	2002	1.0	1.1	1.1	1.0
Proporción deuda : cobertura del servicio *4 (Flujo de efectivo)	2001	2.6	n.a.	8.7	2.9
	2002	2.8	n.a.	7.6	3.0

Notas:

\*1: Se usa la tasa de cambio de US\$1 = 1 peso.

\*2: Se usa la tasa de cambio de US\$1 = 26 pesos.

\*3: Los activos totales se calculan como promedio simple del balance de comienzo y fin del año.

\*4: Los costos financieros se abordan como pagos de intereses.

Fuente: Calculado a partir de datos de Aguas de La Habana

## (1) RA

La proporción del Retorno de Activos (RA) muestra la eficiencia con que la compañía está generando ingresos de acuerdo con su base de activos. El RA se define como los ingresos netos dividido por los activos totales. Esta cifra representa una indicación de la capacidad de la compañía para obtener un retorno razonable de todos los activos. Una proporción más alta ofrece alguna indicación de las perspectivas de crecimiento futuro para el suministro de agua y

las operaciones de alcantarillado. Un RA en constante crecimiento no es necesariamente indicativo de una situación positiva. Y un RA excesivamente alto como resultado de unos ingresos netos crecientes puede indicar que la compañía le está cobrando a sus clientes más de lo que se necesita para operar el sistema. Si el RA es más alto debido a una disminución de los activos totales, esto puede indicar que la compañía no está invirtiendo adecuadamente en reposición de capital a partir de su renta neta. El nivel necesario de RA varía en dependencia del país y la época. En general debe estar entre el 2 y el 10 por ciento. En el caso de Aguas de La Habana, los RA son bajos para todos los tipos de moneda. Esto se debe fundamentalmente a la escasez de ingresos netos provocada por los dos factores mencionados anteriormente (intervención de los precios por parte del gobierno y estancamiento de la demanda). También se puede señalar que las tarifas de pago del agua y el alcantarillado las determina el INRH de modo que no sobrecarguen a los consumidores domésticos, lo que implica que el RA no puede ser tan alto debido a las limitaciones en las tarifas. Por otra parte, la compañía recibió subsidios del INRH en el 2000 y el 2001 para compensar las pérdidas en los ingresos provocadas por la resolución del gobierno sobre los precios. De no haber sido por este subsidio, la compañía habría tenido pérdidas netas. Tal subsidio se discontinuó en el 2002.

## **(2) Proporción Actual**

La proporción actual (activos corrientes divididos por los pasivos corrientes) tiene un efecto positivo sobre la salud de la compañía de agua, ya que es un indicador general de la capacidad de una compañía de cumplir sus obligaciones corrientes. Mientras más alta es la proporción actual, mayor es la amortiguación entre las obligaciones corrientes y la capacidad de la compañía para cumplir esas obligaciones. Si las proporciones son muy altas durante un período ininterrumpido de tiempo, esto puede sugerir que la compañía no está haciendo el mejor uso del efectivo o que las tarifas de pago del agua son artificialmente altas. Se dice que una compañía de agua viable debe tener una proporción actual de al menos 1.6. La proporción actual de Aguas de La Habana es de alrededor de 1.0 en todas las monedas, lo que significa que la compañía no tiene suficiente amortiguación para cumplir las responsabilidades actuales.

## **(3) Proporción Deuda : Acciones ordinarias**

La proporción deuda : acciones ordinarias indica la dependencia relativa de una compañía con respecto a la deuda y su capacidad de usar crédito adicional sin dañar su capacidad para asumir riesgos. La proporción entre deuda total y acciones ordinarias totales tiene un efecto negativo sobre la salud del sistema de agua. Mientras más alta es la proporción, mayor es el riesgo de tener dificultades financieras. Una compañía que tenga una proporción deuda : acciones ordinarias alta, con frecuencia encontrará poca disposición por parte de los acreedores para suministrarle fondos adicionales. Una proporción baja indica una mayor seguridad financiera a largo plazo. Las proporciones deuda : acciones ordinarias deben estar normalmente entre 2 y 3. Las proporciones deuda : acciones ordinarias de Aguas de La Habana son de 1.4 en dólares y 4.3 en pesos. Tales proporciones mejoraron en el 2002 y disminuyeron hasta 1.0 en dólares y 1.8 en pesos. Esto puede ser indicativo de que la flexibilidad de la compañía para obtener préstamos en el futuro será mayor tanto en dólares estadounidenses como en pesos cubanos.

## **(4) Proporción de Operación**

La proporción de operación (ingreso bruto dividido por los gastos de operación y mantenimiento) es muy importante para representar el nivel de gastos. La proporción de operación mide los costos y los ingresos asociados con los servicios de suministro de agua y alcantarillado. Los costos de operación y mantenimiento incluyen los gastos que provienen de la venta, suministro y distribución del agua, incluyendo los gastos generales y administrativos. Generalmente también se incluyen las depreciaciones. Mientras más alto es la proporción de operación, mayores son los ingresos con respecto a los gastos. La proporción de operación debe estar por encima de 1.0 para que una compañía se autofinancie. Las proporciones de operación de Aguas de La Habana estuvieron por encima de 1.0 en un escaso margen para todas las

monedas, lo que constituye el nivel más bajo para una compañía autofinanciada.

### (5) Proporción Deuda : Cobertura del Servicio

La proporción deuda : cobertura del servicio, es decir, el flujo de efectivo (definido como ingresos netos más depreciación) dividido por el reembolso principal y los gastos de intereses, es un indicador de si la compañía puede cumplir las obligaciones relacionadas con su deuda corriente. Para ser financieramente sólida, una compañía de agua debe mostrar su capacidad de generar suficientes ingresos para cubrir sus gastos corrientes más el reembolso de los préstamos, es decir, el flujo de efectivo necesario para cumplir sus obligaciones y pagar su deuda. Al cumplir sus necesidades de capital actuales y futuras, el sistema tiene la capacidad de mantenerse saludable y viable. Si la proporción deuda: cobertura del servicio es inferior a uno, la compañía no está generando suficiente efectivo para cumplir sus pagos actuales principales y de los intereses. Generalmente una proporción deuda: cobertura del servicio superior a 1.5 es adecuada para que una compañía de agua se mantenga saludable. Las proporciones deuda: cobertura del servicio de Aguas de La Habana fueron altas en el 2002, a saber 7.6 de acuerdo con el cálculo 1 a 1 y 3.0 según el cálculo 26 a 1. Tales niveles altos en las proporciones entre la deuda y la cobertura del servicio se debieron a las bajas proporciones entre la deuda y las acciones ordinarias, lo que significa que la compañía poseía capacidad para pedir préstamos y pagar los servicios de la deuda.

#### 8.4.2 ACUEDUCTO DEL ESTE

Los datos financieros fundamentales de Acueducto del Este se muestran en la Tabla 8.19. Los ingresos en pesos de la compañía en el 2001 fueron 10.6 millones, alrededor del 30 por ciento de los de Aguas de La Habana. Los beneficios de la porción en pesos antes de deducir los impuestos fueron 0.963 millones de pesos, lo que representa alrededor de un tercio de los de Aguas de La Habana.

**Tabla 8.19 Información Financiera Fundamental de Acueducto del Este**

(Peso 000)

	<u>2000</u>	<u>2001</u>
Activos fijos tangibles	1,523	3,596
Depreciación acumulada de activos fijos tangibles	939	1,136
Inventario	625	292
Ventas netas	7,022	10,579 *
Costo de operación	6,426	9,624
Beneficio antes de pagar impuestos	647	963
Impuesto sobre los ingresos	226	376
Costos de material	404	774
Salarios y sueldos	1,876	3,221
Otros costos de mano de obra	727	1,240
De los cuales: Impuesto sobre empleo	469	805
Depreciación y amortización	962	72
Otros costos monetarios	414	988

\* Desglosadas en agua (9,682), saneamiento (37) y otros servicios (860)

Fuente: Computado a partir de datos de la Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

### 8.4.3 ACUEDUCTO SUR

Los datos financieros fundamentales del Acueducto Sur se muestran en la Tabla 8.20. La compañía tuvo ingresos de 8.252 millones de pesos en el 2001, lo que representa alrededor de la cuarta parte de los de Aguas de La Habana. Los beneficios de la porción en pesos antes de pagar impuestos fueron 1.785 millones de pesos, alrededor del 60 por ciento de los de Aguas de La Habana.

**Tabla 8.20 Datos Financieros Fundamentales del Acueducto Sur**

	(Peso 000)	
	2000	2001
Activos fijos tangibles	1,250	1,893
Depreciación acumulada de activos fijos tangibles	1,117	1,292
Inventario	228	227
Ventas netas	5,466	8,252
Costo de operación	4,648	6,626
Beneficio antes de pagar impuestos	816	1,785
Impuesto sobre la renta a pagar	271	640
Costos de material	328	659
Salarios y sueldos	1,470	2,573
Otros costos de mano de obra	544	1,001
De los cuales: Impuesto sobre empleo	367	643
Depreciación y amortización	1,117	1,196
Otros costos monetarios	583	2,328

Fuente: Computado a partir de datos de la Oficina Territorial de Estadísticas de Ciudad de La Habana

## 8.5 CARGOS A LOS USUARIOS

### 8.5.1 TARIFA DEL AGUA Y EL ALCANTARILLADO

En Cuba, las tarifas de los servicios públicos son determinadas por un sistema de precios controlado por el estado en el que los precios de los servicios públicos tienden a fijarse por debajo de los costos reales de la producción o los servicios. Esto se debe a que tales servicios en parte tienen un carácter de bienestar social. Los precios de los servicios de agua y eliminación de residuales no son una excepción. Todas las compañías de agua utilizan una tarifa uniforme para los servicios de agua y alcantarillado, independientemente de su ubicación geográfica. Esta tarifa tiene dos partes en lo que se refiere al tipo de moneda. La primera parte es la tarifa en pesos (Tabla 8.21), la que se aplica a los consumidores cubanos y a los que tienen ingresos en pesos. Entre los consumidores a los que se les aplica esta tarifa están la mayoría de los usuarios domésticos e industriales cubanos, los que tienen poco acceso a divisas libremente convertibles. La otra parte es la tarifa en dólares estadounidenses (Tabla 8.22), la que se aplica a los consumidores que tienen ingresos en moneda libremente convertible, entre ellos los residentes extranjeros, las representaciones de compañías extranjeras radicadas en Cuba, y las compañías cubanas pertenecientes a la industria del turismo, en las que una parte considerable de los ingresos son en moneda libremente convertible.

Tanto en la tarifa en pesos como en la de dólares estadounidenses predominan las tasas volumétricas. A algunos usuarios se les aplica una tasa de volumen uniforme, mientras que a otros se les aplica una tasa progresiva volumétrica de programación en bloques crecientes. Por ejemplo, a los hoteles se les cobra de acuerdo con el número de habitaciones registradas y el

volumen real de consumo. A los usuarios domésticos también se les cobra sobre la base de una tasa volumétrica de programación en bloques crecientes. Sin embargo, a los usuarios domésticos no medrados se les cobra una tarifa fija de 1 peso por persona al mes por el servicio de agua.

Los cargos por el servicio de alcantarillado están basados en una tasa volumétrica constante que es parte del consumo de agua. De este modo, a los hoteles que tienen ingresos en moneda libremente convertible se les cobra el 20 por ciento de la cuenta de agua como pago por el servicio de alcantarillado, mientras a que la mayoría del resto de los usuarios del alcantarillado se les cobra el 30 por ciento de la cuenta de agua. A los usuarios de fosas sépticas se les aplica una tarifa de evacuación basada en la capacidad del camión y la distancia a recorrer. Si se aplica la tasa de cambio de 1 dólar estadounidense por 26 pesos, la tarifa en dólares es entre 13 y 20 veces superior a la de pesos en el caso de los hoteles.

Las tarifas de conexión también son diferentes para los consumidores locales y los que tienen ingresos en moneda libremente convertible. Las entidades estatales clasificadas como consumidores locales pagan 1000 pesos además del costo de instalación, tanto para la conexión del agua como para la del alcantarillado. En cuanto a los usuarios domésticos locales, las tarifas de conexión tanto del agua como del alcantarillado son inferiores a los 50 pesos. Los usuarios que tienen ingresos en dólares pagan US\$1000 además del costo de instalación, tanto por la conexión del agua como del alcantarillado.

**Tabla 8.21 Tarifa de Agua y Alcantarillado para Consumidores Locales Cubanos y Usuarios con Ingresos en Pesos**

Sector estatal	Agua potable	Hotel	<500 litros / habitación / día		1.00 peso / m <sup>3</sup>	
			500 – 750 litros / habitación / día		1.25 peso / m <sup>3</sup>	
			751 – 1000 litros / habitación / día		1.50 peso / m <sup>3</sup>	
			1001 – 1250 litros / habitación / día		1.75 peso / m <sup>3</sup>	
			>1250 litros / habitación / día		2.00 peso / m <sup>3</sup>	
		Instalaciones comerciales				
		Industrias y otros procesos productivos	Dentro del volumen de consumo normado		0.35 peso / m <sup>3</sup>	
			Por encima del volumen de consumo normado		0.60 peso / m <sup>3</sup>	
		Consumidor de zona de suministro restringido				Tasa normada + 20% de recargo
		Consumidor de zona agrícola				0.30 peso / m <sup>3</sup>
	Embarcaciones	Suministro en menos de 12 horas		3.00 peso / m <sup>3</sup>		
		Suministro en más de 12 horas		2.00 peso / m <sup>3</sup>		
	Tarifa de conexión al sistema de suministro de agua				1,000 peso + costo de instalación	
	Consumidor abastecido con carros cisternas	Carro propiedad del usuario			0.35 peso / m <sup>3</sup>	
		Carro de la compañía de agua	Hasta 10 km		5.00 peso / m <sup>3</sup>	
			De 10 a 20 km		10.00 peso / m <sup>3</sup>	
			Más de 20 km		20.00 peso / m <sup>3</sup>	
Agua no potable	Consumidor abastecido por tuberías	Dentro del índice normado de consumo		0.30 peso / m <sup>3</sup>		
		Por encima del índice normado de consumo		0.40 peso / m <sup>3</sup>		
	Consumidor abastecido con su propio carro cisterna			0.30 peso / m <sup>3</sup>		
Consumidor de zona agrícola			0.30 peso / m <sup>3</sup>			
Alcantarillado	Usuario de la red de alcantarillado			30% de la cuenta de agua		
	Tarifa de conexión al sistema de alcantarillado			1,000 peso + costo de instalación		
	Usuario de fosa séptica	Evacuación con camión de 4.5 m <sup>3</sup>	Hasta 10 km		15.00 peso / viaje	
			De 10 a 20 km		17.00 peso / viaje	
			Más de 20 km		20.00 peso / viaje	
		Evacuación con camión de 4.5 – 6.5 m <sup>3</sup>	Hasta 10 km		16.00 peso / viaje	
			De 10 a 20 km		18.00 peso / viaje	
			Más de 20 km		21.00 peso / viaje	
	Evacuación con camión de más de 6.5 m <sup>3</sup>	Hasta 10 km		22.00 peso / viaje		
		De 10 a 20 km		24.00 peso / viaje		
Más de 20 km		26.00 peso / viaje				
Sector doméstico	Agua potable	Consumidor medrado	<3 m <sup>3</sup> / persona / mes		0.25 peso / m <sup>3</sup>	
			3 – 4.5 m <sup>3</sup> / persona / mes		0.50 peso / m <sup>3</sup>	
			4.5 – 6 m <sup>3</sup> / persona / mes		0.75 peso / m <sup>3</sup>	
			6 – 7 m <sup>3</sup> / persona / mes		1.00 peso / m <sup>3</sup>	
			>7.5 m <sup>3</sup> / persona / mes		1.50 peso / m <sup>3</sup>	
		Consumidor no medrado (para miembros de la familia censados)			1.00 peso / persona / mes	
	Consumidor abastecido con carros cisternas	Servicio eventual		Gratis		
		Servicio regular		1.00 peso / persona / mes		
	Tarifa de conexión de tuberías a la red e instalación del metro	13 mm de diámetro		110.00 peso		
		18 mm de diámetro		152.00 peso		
		25 mm de diámetro		220.00 peso		
>25 mm de diámetro		Costo de instalación				
Alcantarillado	Usuario de la red de alcantarillado			0.30 peso / persona / mes		
	Usuario de fosa séptica	Hasta 10 km		12.00 peso / viaje		
		De 10 a 20 km		14.00 peso / viaje		
Más de 20 km		17.00 peso / viaje				

**Tabla 8.22 Tarifa de Agua y Alcantarillado para Extranjeros y Consumidores con Ingresos en Moneda Librementemente Convertible**

Agua	Hotel	<500 litros / habitación / día	0.50 US\$ / m <sup>3</sup>	
		500 – 750 litros / habitación / día	0.75 US\$ / m <sup>3</sup>	
		751 – 1000 litros / habitación / día	1.00 US\$ / m <sup>3</sup>	
		1001 – 1250 litros / habitación / día	1.25 US\$ / m <sup>3</sup>	
		>1250 litros / habitación / día	1.50 US\$ / m <sup>3</sup>	
	Instalaciones comerciales			1.20 US\$ / m <sup>3</sup>
	Industrias y otros procesos productivos	Dentro del volumen de consumo normado		0.35 US\$ / m <sup>3</sup>
		Por encima del volumen de consumo normado		0.60 US\$ / m <sup>3</sup>
	Consumidores extranjeros	Residencias y embajadas		1.00 US\$ / m <sup>3</sup>
		Oficinas y representantes		1.20 US\$ / m <sup>3</sup>
	Agua para áreas verdes y campos de golf			0.25 US\$ / m <sup>3</sup>
	Embarcaciones	Suministro en menos de 12 horas		3.00 US\$ / m <sup>3</sup>
		Suministro en más de 12 horas		2.00 US\$ / m <sup>3</sup>
	Consumidor de zona de suministro restringido			Tarifa normal + 20% de recargo
	Tarifa de conexión al sistema de abastecimiento de agua			1,000 US\$ + costo de instalación
Consumidor abastecido con carros cisternas	Carro cisterna propiedad del consumidor		0.35 US\$ / m <sup>3</sup>	
	Carro cisterna de la compañía de agua		2.50 US\$ / m <sup>3</sup>	
Alcantarillado	Usuario de la red de alcantarillado	Hotel, residencia, embajada, firma comercial	20% de la cuenta de agua	
		Industrias y otros procesos productivos	30% de la cuenta de agua	
	Tarifa de conexión al sistema de alcantarillado			1,000 US\$ + costo de instalación
	Usuario de fosa séptica			35.00 US\$ / viaje

## 8.5.2 FACTURACIÓN Y COBRO

### (1) Clasificación de los Consumidores

Las compañías de agua de Cuba clasifican a los consumidores en tres tipos, que son: los que tienen ingresos en moneda libremente convertible, las entidades del estado, y los usuarios domésticos. Los consumidores que tienen ingresos en moneda libremente convertible son aquellos que obtienen la mayoría de sus ingresos en divisas extranjeras, y entre ellos se encuentran los hoteles, restaurantes, empresas mixtas, embajadas y residentes extranjeros. A los consumidores que tienen ingresos en moneda libremente convertible se les permite pagar sus cuentas mediante una combinación de dólares norteamericanos y pesos cubanos. La proporción de cada moneda en la combinación es prefijada por el Ministerio de Economía y Planificación. Las entidades del estado son en su mayoría empresas e instituciones estatales que no tienen acceso a fuentes de ingresos en moneda libremente convertible. Los usuarios domésticos son los hogares de cubanos. En la Tabla 8.23 se resumen datos sobre los consumidores de Aguas de La Habana tales como el número de cuentas y las cantidades facturadas por tipo de consumidor.

**Tabla 8.23 Clasificación de los Consumidores de Aguas de La Habana**

Año	Clasificación	Consumidores con ingresos en moneda libremente convertible	Entidades estatales	Usuarios domésticos	Total
2001	Cantidad de consumidores	3,659	10,553	320,718	334,930
	Facturación en US\$ *	8,794,000			8,794,000
	Facturación en pesos *		16,574,000	15,888,000	32,642,000
2002	Cantidad de consumidores	4,473	10,581	329,592	344,646
	Facturación en US\$ *	8,661,473			8,661,473
	Facturación en pesos *		15,688,140	16,064,000	31,752,140

\* La facturación incluye tanto el agua como el alcantarillado.

Fuente: Aguas de La Habana

## (2) Proceso de Lectura de los Metros Contadores, Facturación y Cobro

En Aguas de La Habana, la lectura de los metros contadores la realizan los empleados encargados de la misma mensualmente. Unos 40 lectores realizan la lectura de los 50,000 metros instalados. Los lectores visitan a los consumidores a pie o en motocicletas, en dependencia de la zona y del tipo de consumidor que atienden. Para la lectura de los metros de algunos grandes consumidores o consumidores primarios, se utilizan terminales portátiles computarizadas.

La tasa de extensión del uso del metro contador es del 100 por ciento para los consumidores con ingresos en moneda libremente convertible. Esos metros han sido reemplazados en los últimos tres años y todos funcionan adecuadamente. La tasa de extensión del metro en las entidades estatales también es alta. También estos metros funcionan correctamente, pero los metros de algunos usuarios menores no funcionan, por lo que no se realiza la lectura.

La mayoría de los usuarios domésticos tienen metros instalados, pero el funcionamiento de muchos de ellos no es confiable, debido a defectos mecánicos o a su antigüedad. Cuando el metro de un usuario doméstico no funciona, al usuario se le cobra una tarifa fija de solamente 1 peso por miembro censado de la familia. Se dice que existe una cantidad de consumo ilegal del agua que se extrae de las conexiones de tarifa fija.

Los lectores de metros contadores llevan consigo un libro de registro en el que anotan manualmente el consumo indicado por el metro o la ilegibilidad del mismo en el momento de la lectura. Más tarde los lectores transfieren la lectura obtenida del metro a boletas de consumidor, las que son enviadas a la División de Facturación del Departamento de Ventas para realizar el procesamiento de la información. Una vez que los datos han sido procesados y validados, se imprimen los recibos de pago, los que son entregados a domicilio por los lectores.

Los consumidores domésticos pueden pagar su cuenta tanto en oficinas comerciales como directamente al lector del metro que les entrega el recibo. Los consumidores primarios, tales como los que tienen ingresos en moneda libremente convertible y los grandes usuarios, también pueden pagar desde una cuenta bancaria.

## **CAPÍTULO 9 PROGRAMAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL**

### **9.1 GENERALIDADES**

Cuba da una gran importancia a la Educación Ambiental con el conocimiento de que los mayores problemas del Medio Ambiente han sido causados por la falta de una conciencia y una educación sobre el medio ambiente. La Ley Nro. 81, Ley de Medio Ambiente, incluye la educación dentro de sus conceptos básicos y define el término “Educación Ambiental” como:

“Un proceso continuo y permanente que forma una parte integral de la educación de todos los ciudadanos, orientada para que a través de la adquisición de los conocimientos, desarrollo de hábitos, habilidades, actitudes, y la formación de valores, relaciones humanas, y el resto de la sociedad y la naturaleza están armonizados para guiar la orientación del proceso económico, cultural, y social en dirección a un desarrollo sostenible”.

Por medio de esta Ley, existe un Sistema de Información de Medio Ambiente Nacional, el cual, entre otros objetivos, garantiza toda la información necesaria para entender todos los asuntos relacionados con el medio ambiente.

CITMA tiene la responsabilidad de desarrollar estrategia de educación ambiental, y contribuir a su implementación, promocionando la ejecución de programas en todos los sectores de la economía y los servicios, grupos sociales y públicos en general. Para estos propósitos, CITMA ha establecido coordinación con los Ministerios de Educación, de Educación Superior y Cultura, conjuntamente con otros organismos e instituciones del Estado y medios de difusión. Esto demuestra la naturaleza diversa de la educación ambiental.

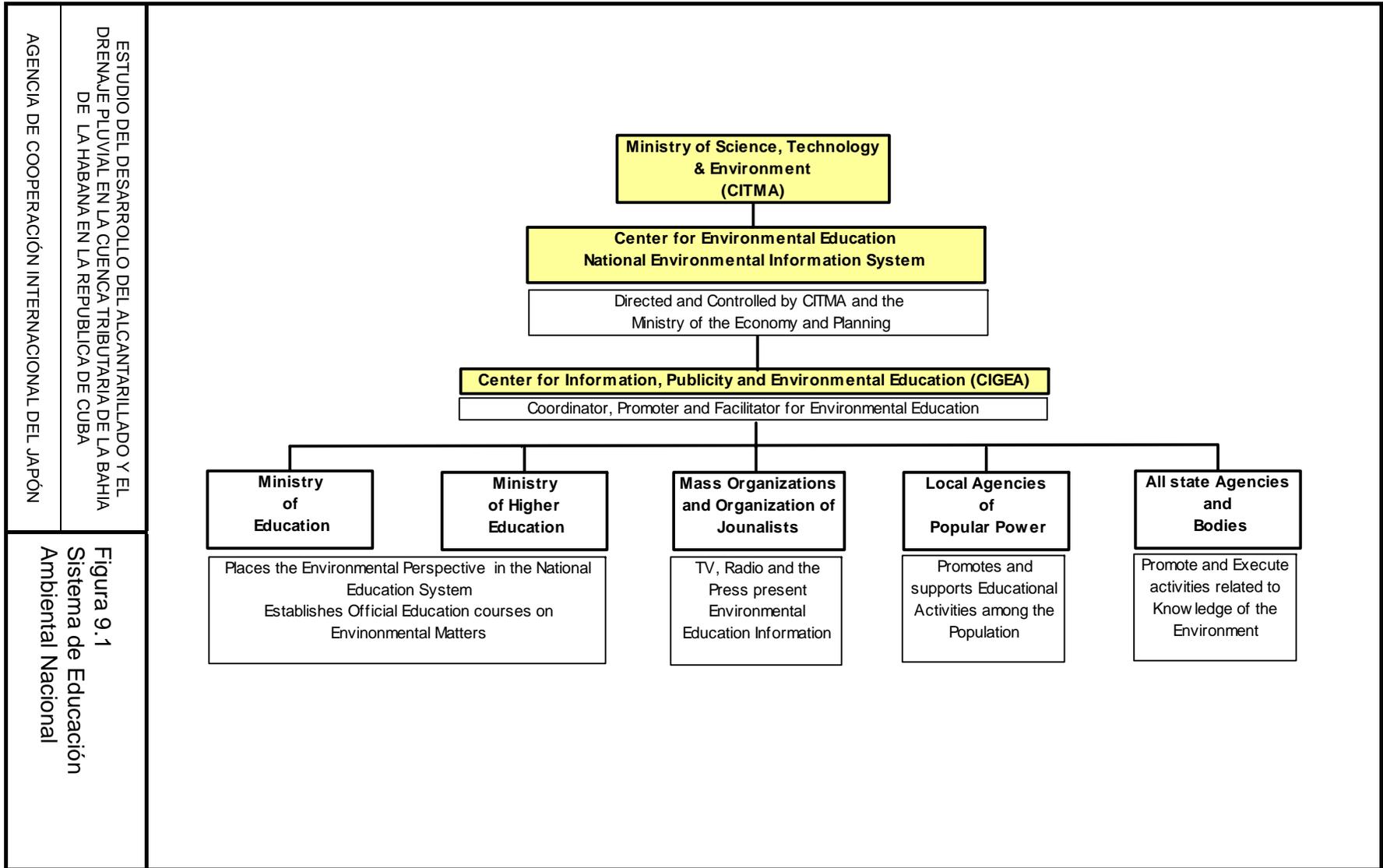
Los instrumentos para el control y la dirección del Medio Ambiente son:

- Estrategia Nacional de Educación Ambiental
- Acuerdos con importantes sectores de la economía
- Desarrollo de programas de educación ambiental en los territorios
- Política de información de la agencia de medio ambiente
- Estudio de percepción

Los objetivos de la Estrategia Nacional para la Educación Ambiental (1997) son:

- Fortalecimiento de la capacidad Institucional
- Educación y capacidad de creación de los recursos humanos
- Presentar la dimensión de medio ambiente en la educación ambiental
- Desarrollo y fortalecimiento del alcance y el acceso a la información
- Presentar la dimensión de medio ambiente en el proceso de comunicación y publicidad

Es una responsabilidad de todos los organismos y agencias del estado promover y ejecutar actividades con sus trabajadores, grupos sociales, y la población con los cuales estos interactúan para aumentar el conocimiento y la conciencia de los problemas de medio ambiente. La coordinación con otros Ministerios, organizaciones del Estado, se reflejan en la Figura 9.1.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA  
 AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

Figura 9.1  
 Sistema de Educación Ambiental Nacional

M9-2

## **9.2 ESTADO ACTUAL DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN CUBA**

### **9.2.1 PROGRAMA NACIONAL**

Cuba tiene un marco sofisticado de educación en su Medio Ambiente Nacional y su programa de desarrollo, Ley de Medio Ambiente, Estrategia de Medio Ambiente, etc. El Centro de Educación de Medio Ambiente y El Centro de Información, Publicidad y Educación Ambiental produce información de muy buena calidad sobre política y estrategia de medio ambiente.

El Ministerio de Educación tiene programas al alcance para todos los niveles escolares, y los medios de difusión, particularmente la televisión, y ha estado activo en diseminar programas de educación, en especial programas de educación para escuelas y para el público en general. Los programas generalmente son transmitidos en la sección de medio ambiente del programa educativo.

Sin embargo, se necesita hacer más, y en la Estrategia Nacional de Medio Ambiente, Segunda Edición de Mayo del 2000 se reconocieron los siguientes requerimientos:

- Realzar y volver a dirigir la educación hacia desarrollos sostenibles. Conducir las actividades de una forma armoniosa, sistemática y coherente y enlazar cada organización e institución del Estado, organizaciones sociales y a toda la población.
- Expandir el desarrollo de las actividades de educación ambiental incluyendo a la comunidad y mejorar la conciencia de los ciudadanos sobre el desarrollo sostenido, utilizando creativamente la experiencia participativa acumulada del proyecto social cubano.
- Promover el papel de los medios de difusión masivos en llevar a cabo una educación ambiental integrada para toda la población y la comunidad relacionadas en resolver los problemas de medio ambiente.

### **9.2.2 PROGRAMAS APOYADOS POR ORGANIZACIONES INTERNACIONALES Y PAÍSES DONANTES**

Diversas organizaciones internacionales y países donantes están realizando grandes proyectos con GTE. La institución Global de Medio Ambiente (GEF) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) estaban activos en el programa de desarrollo ambiental en 1967 mientras se preparaba su documento sobre “Planificación y Dirección de Bahías fuertemente contaminadas y Áreas Costeras en todo el Caribe, Informe Final de Mayo de 1998”

GEF/GTE involucraron a niños en un proyecto que reflejaban la vida de la Bahía de la Habana desde los tiempos de Cristóbal Colón hasta la fecha, y observaron los problemas de medio ambiente. El PNUD se verá involucrado nuevamente en otro proyecto en un futuro cercano.

El Instituto Carl Duisberg de Alemania tiene un amplio programa de entrenamiento para directores y técnicos, y el gobierno alemán coopera con instituciones Españolas en la educación ambiental. Canadá está involucrado con el Instituto Urbano en el diseño de un programa de comunicaciones y de educación ambiental.

Bélgica tiene un proyecto para la dirección de residuos sólidos urbanos el cual incluye educación ambiental, y también se verán involucrados en la construcción de una planta de tratamiento de residuales. Además planean crear un Centro de Información de Educación Ambiental en las oficinas de GTE y una unidad de diagnóstico.

Italia está haciendo donaciones para el saneamiento del río Luyanó, la construcción de una

planta de emergencia para la retención de sólidos flotantes, y el tratamiento de las aguas del río. El proyecto incluye una unidad de diagnóstico para el medio ambiente en el sector de la salud, y los resultados están siendo evaluados.

## **9.3 PROPUESTA DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL**

### **9.3.1 GENERALIDADES**

El tema de educación ambiental fue primeramente discutido con la dirección del GTE y la contraparte del grupo de estudio para asegurar que no se dupliquen los esfuerzos debido a que otros países donantes tienen incluidas algunas formas de educación en sus programas.

GTE tiene algunos fondos en su presupuesto para la educación ambiental y cuentan con un pequeño grupo de expertos. Se reconoció que la población en general no tiene información sobre los problemas de contaminación de la Bahía y sobre la importancia del sistema de drenaje y alcantarillado. Ellos conocen un poco sobre el trabajo que está llevando a cabo el GTE, y tienen acceso limitado a la Bahía por las actividades comerciales e industriales en los alrededores de ésta.

GTE no sólo está involucrado en el saneamiento de la Bahía, sino también en la renovación, restauración, y planes futuros de las costas, involucrando planes futuros del puerto, actividades portuarias, considerando el programa de medio ambiente. Está previsto que esta zona tendrá un uso comercial, industrial, portuario e institucional, y los planes futuros incluirán un mejor acceso para el público y los turistas y la instalación de tiendas y restaurantes, etc. que formarán parte del muelle.

Algunas actividades del medio ambiente se llevan a cabo por GTE, se han producido afiches y plegables informativos, pero no existen programas específicos para incrementar la conciencia del problema de contaminación de la Bahía.

Se acordó que este programa se destinará para niños y jóvenes, la población en general, y los organismos del INRH que están directamente involucrados con la Bahía, los ríos y los sistemas de alcantarillados y drenajes. Posteriormente se llegó a un acuerdo de que la Estrategia Nacional de Medio Ambiente de CITMA (1997), El Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo de CITMA (1995), y en particular la Estrategia Nacional para la Educación y Medio Ambiente de CITMA (1997), producida en colaboración con la UNESCO se debería continuar. El Ministerio de Educación, y los Medios Masivos (televisión, radio y la Asociación de Periodistas) se involucrarían en el programa.

### **9.3.2 PROPUESTA DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL**

#### **(1) Objeto de Estudio**

Este programa además de brindar soluciones técnicas, promoverá la educación como herramienta para reducir la contaminación.

#### **(2) Relaciones Públicas**

Las relaciones Públicas es una actividad importante para promover la conciencia pública, por lo tanto este estudio incluye un programa de educación ambiental para promover la conciencia pública y el interés por las actividades de saneamiento de la Bahía.

#### **(3) Objetivos**

Los Objetivos del Programa son:

- Publicar el problema de contaminación de la Bahía de la Habana y crear una conciencia del trabajo que realiza GTE para la limpieza de la Bahía.
- Educar a las personas sobre la contaminación que causan a la Bahía los sistemas de drenajes, de alcantarillas, los ríos y las industrias.
- Promover la participación por agencias, organismos e instituciones, niños, jóvenes, y ciudadanos en general en la campaña para el saneamiento de la Bahía de la Habana.

#### **(4) Participantes**

Los participantes serán:

- GTE de la Bahía de la Habana en cooperación con el equipo de estudio de JICA
- INRH y CITMA
- Ministerio de Educación
- Dirección de Educación Provincial
- Dirección de Educación Municipal
- Televisión y Radio Nacionales, y la Asociación de Periodistas
- ONG pro-naturaleza

#### **(5) Beneficiarios**

- Niños y Jóvenes
- Ciudadanos en general
- INRH( DPRH, EAH, Compañía mixta Aguas de la Habana , Compañía Sanitaria y Abasto de Agua del Este De La Habana.)

#### **(6) Programa para Niños y Jóvenes**

El programa para niños y jóvenes se realizara con la cooperación del Ministerio de Educación y la dirección Municipal y Provincial. Se escogieron cuatro escuelas para participar, una escuela primaria y una secundaria de los municipios de La Habana Vieja y San Miguel respectivamente.

El municipio de la Habana Vieja se escogió por su cercanía con la Bahía, donde se localizan veinte industrias, y se escogió San Miguel porque este municipio esta rodeado por los ríos Luyanó y Martín Pérez.

Las escuelas fueron visitadas por representantes del grupo de estudio GTE/JICA , así como por especialistas de Medio Ambiente del Ministerio de Educación y la Dirección Municipal de Educación. Estas escuelas son típicas de otras escuelas cubanas, las cuales están muy bien equipadas con computadoras, televisión y equipos de video.

La conciencia sobre la importancia del medio ambiente esta muy presente en las escuelas pues este tema esta incluido en el programa de estudio , además existe un canal educativo en el cual se transmiten programas sobre medio ambiente para todas las escuelas. Todas las escuelas mostraron trabajos realizados anteriormente sobre medio ambiente, además se les explicó sobre el proyecto a realizar en la Bahía de la Habana.

Todas las escuelas tendrán un grupo escogido que trabajarán en el proyecto, y el programa comenzará con visitas a la Bahía y a los ríos y se les brindará material de educación en forma de posters y plegables. Se producirá un video sobre el problema de la contaminación de la Bahía . Los niños y jóvenes harán pinturas, dibujos, ensayos, poemas ,para reflejar los problemas de la Bahía de la Habana., y tratarán de dar soluciones.

El programa finalizará con un festival en la Bahía donde se mostrarán todos los trabajos para el beneficio de toda la población en general. Se repartirán pulóver y gorras que contengan el logo del proyecto para promover el trabajo que se realiza por GTE con el grupo de estudio JICA.

#### **(7) Programa para los Ciudadanos en General**

Este programa utilizará los medios de difusión masiva, para transmitir por la radio, y se proyectará un video sobre la Bahía de la Habana en el canal educativo. GTE efectuará conferencia de prensa con un grupo de periodistas científico-técnicos y de medio ambiente para dar información sobre el programa y que mantendrá informado en la medida que avance el programa. Por lo tanto la prensa tendrá una participación activa y será informada de todos los detalles.

También se harán disponible los plegables y afiches de información, y el público general tendrá la oportunidad de visitar la fiesta de arte por los niños y juventud, levantando la conciencia de GTE y la limpieza de la Bahía de La Habana.

#### **(8) Programa para el INRH**

El equipo de estudio GTE/JICA se reunió con CIEGA y el Ministerio de Educación para conocer sobre los requerimientos del programa institucional. CIEGA y el Ministerio De Educación describieron su papel en la producción del material de medio ambiente y la expansión de la información. Esta muy claro que ambos están aptos para realizar este programa.

El equipo de estudio GTE/JICA brindara información específica y se anticipa que las premisas estarán disponibles en los talleres en la universidad de Arroyo Naranjo y en la Universidad Enrique J. Varona. Los participantes para el taller se escogerán del DPRH, EAH, una empresa mixta "Aguas de la Habana" y "Acueducto del Este".

Los participantes recibirán material de medio ambiente y se les instruirá sobre los problemas de contaminación de la Bahía de la Habana. Para completar el curso, los participantes deberán expandir la información a sus compañeros de trabajo.

#### **(9) Material de Educación**

El siguiente material de Educación será producido por:

El grupo de estudio JICA/GTE brindara material específico sobre el problema de contaminación de la Bahía, con información tenida previamente por GTE y del informe progresivo producido por el grupo de estudio al final de la fase 1 del estudio.

Se produjeron un identificador (logo), plegable para niños y jóvenes, y un poster y posteriormente se sometió a su aprobación. El trabajo se llevo a cabo por el grupo de diseño SAF de información proveniente del grupo GET/JICA.

GNO-Pro Naturaleza realizo la propuesta de la producción del video sobre los problemas de contaminación de la Bahía, basado sobre la información dada por el grupo de estudio. Esta Organización también realizara un programa de radio.

El Ministerio de Educación puede brindar material de educación ambiental y CIGEA tiene material de educación para el sector Hidráulico. Ellos pueden producir material específico sobre la Bahía en un CD de información brindada por el Grupo de Estudio.

#### **(10) Resultado**

La educación ambiental es un proceso continuo y los resultados para este programa será material educativo para niños y jóvenes de la Ciudad de La Habana. Las autoridades de

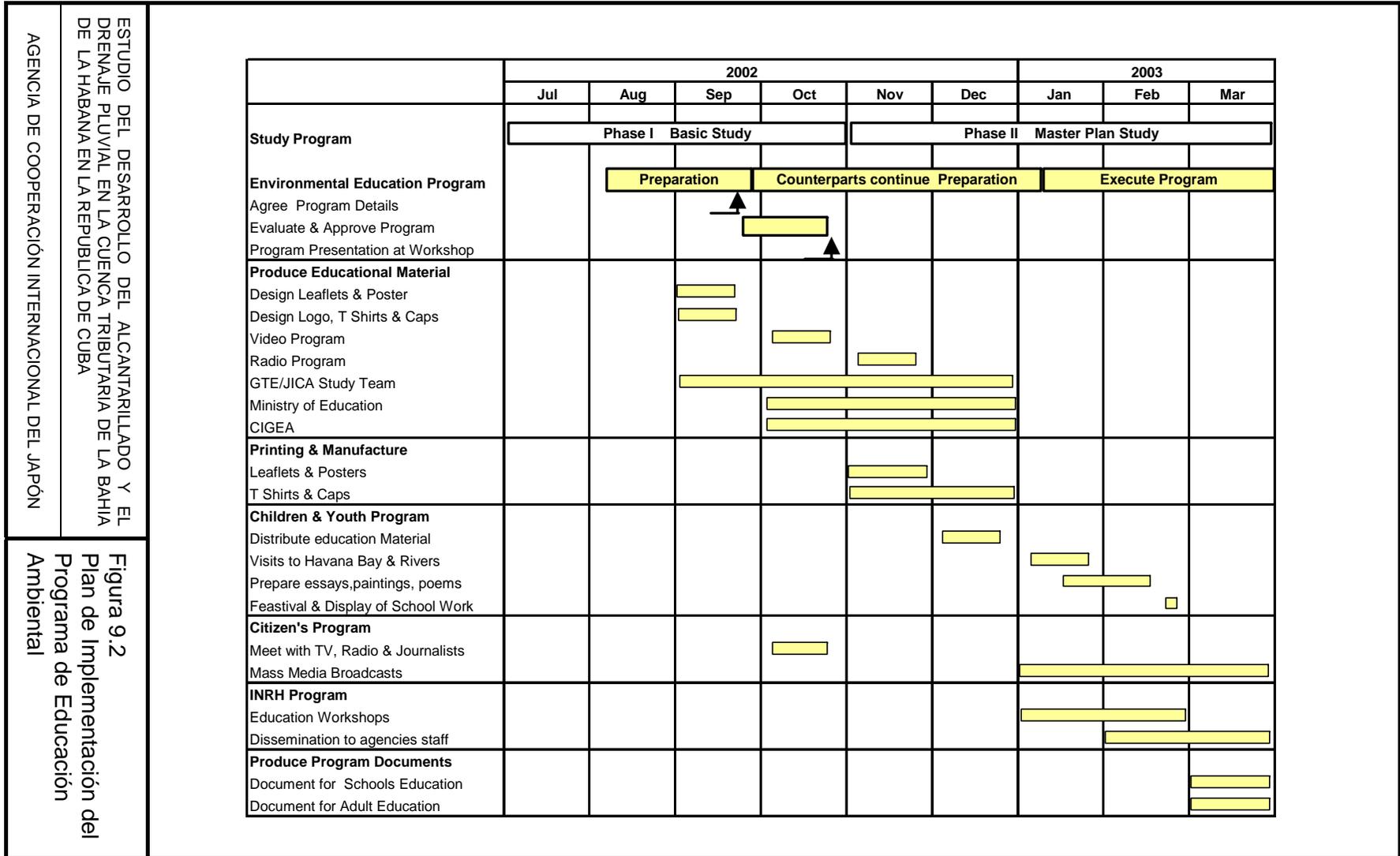
educación están muy capacitados y las escuelas tienen los equipos para continuar con el programa por toda la ciudad.

El material de educación producido por las entidades del INRH estará disponible para el uso con otras entidades e instituciones y puede ser usado para la educación del personal y trabajadores en el sector industrial en la Ciudad de La Habana.

### **9.3.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL**

Este plan está en tres partes. La preparación inicial del programa que es desde Julio hasta Septiembre del 2002, seguida de información más detallada por la contraparte del Grupo de Estudio al final de año. La ejecución del programa tendrá lugar desde Enero hasta Marzo del 2003.

Los detalles del programa de implementación se muestran en la figura 9.2.



ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA  
 AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 9.2  
 Plan de Implementación del Programa de Educación Ambiental

## **9.4 EVALUACION DE LOS PROGRAMAS IMPLEMENTADOS SOBRE EDUCACION AMBIENTAL**

### **9.4.1 PROGRAMAS IMPLEMENTADOS SOBRE EDUCACION AMBIENTAL**

#### **(1) Generalidades**

La implementación del programa se basó en la propuesta original en lo relativo a tres programas por separados para los niños y jóvenes, ciudadanos en general y el las Agencias del INRH, programas que estaban directamente relacionados con la Bahía, los ríos, el drenaje y el sistema de alcantarillado. Sin embargo, la participación de CIGEA y del Ministerio de Educación, a nivel nacional, provincial y municipal fue solo durante las reuniones iniciales para la programación del programa, y no participaron en las actividades, como fuera originalmente previsto. Además no hubo contactos con las Asociaciones de Periodistas, por estar pendientes la terminación de los videos y programas radiales.

#### **(2) Implementación General del Programa**

Debido a problemas de personal en el GTE, no hubo contraparte disponible durante el período de octubre a diciembre del 2003. Por lo tanto, el video y los programas radiales sin que progresara en la producción de materiales educativos. Además, la producción e impresión de plegables, afiches y pulóveres no progreso de acuerdo al Plan de Implementación mostrado en la figura 9.2.

La preparación de los artículo antes mencionados se efectuó durante el mes de enero y la primera quincena de febrero del 2003, permitiendo que el comienzo de la implementación del programa de las escuelas y del INRHP comenzara en la segunda quincena de febrero.

A modo de ayudar en la implementación, GTE sugirió el nombramiento de un facilitador que contara con las habilidades de comunicación necesarias para desarrollar la metodología sobre la implementación de los programas de las escuelas del INRH, y para informar sobre las conclusiones de los talleres iniciales. Debido al tiempo necesario para la producción del video y de los programas radiales para el programa dirigido a los ciudadanos, los mismos sólo estarían disponibles a principios de marzo. Se muestra un programa detallado sobre la implementación en la figura 9.3.

#### **(3) Objetivos**

Los objetivos del programa, como se detallan en la sección 9.3.2 (3), que son los de informar sobre el problema de la contaminación, crear conciencia, educar a las personas sobre las causas de la contaminación y promover la participación en la campaña por limpiar la Bahía de La Habana han sido logrados y se logrará aún más a medida que la implementación progrese.

#### **(4) Participantes**

Los detalles revisados sobre los participantes son los siguientes:

- GTE en cooperación con el Equipo de Estudio del JICA
- INRH (servicios de una contraparte para el programa INRH/DPRH)
- CITMA (asistencia a la reunión de planificación & provisión de material educativo)
- Ministerio de Educación (asistencia a las reuniones de planificación)
- Educación Provincial/Municipal (asistencia a las reuniones de planificación)
- ONG ProNaturaleza (producción de video & programas radiales)

- Grupo de Diseño SAF (diseño gráfico del Logotipo, plegables, afiches, Pulóvers & gorras)
- Facilitador (metodología, implementación e informe sobre los talleres)

#### (5) Beneficiarios

Los beneficiados hasta la fecha fueron:

- Niños y Jóvenes (Escuelas primarias y secundarias en el área de estudio)
- INRH (DPRH, EAH, todas las Empresas de Agua y Alcantarillado de La Habana)

#### (6) Programa para Niños y Jóvenes

Las siguientes escuelas fueron previamente seleccionadas para el programa inicial:

Habana Vieja	Escuela Primaria Ángela Landa y Escuela Secundaria Jinete Chullima
San Miguel del Padrón	Escuela Primaria Caridad González Venegas y Escuela Secundaria 12 de Septiembre

El programa comenzó el 18 y 19 de febrero, para las escuelas del municipio Habana Vieja. Se escogieron dos grupos en cada escuela, uno perteneciente al grupo existente sobre medio ambiente, cultura e historia y el otro, con menos experiencia. Para poner a prueba el conocimiento de los dos grupos respecto a los problemas ambientales de la bahía, el facilitador le hizo preguntas a los alumnos y les pidió que presentaran un cuadro con sus impresiones de la bahía. En general los dos grupos escogieron los desperdicios sólidos y el petróleo proveniente de los barcos como principales fuentes contaminantes poniendo en peligro la vida de los peces.

Los plegables y afiches fueron producidos y circulados, lo que de inmediato produjo la reflexión de los alumnos quienes revisaron sus opiniones incluyendo en sus listados de contaminantes las alcantarillas, desagües e industrias. Los alumnos acordaron que los plegables y afiches eran muy atractivos e informativos y propusieron variantes para que las escuelas ayudaran en la prevención de la contaminación de la bahía. A los alumnos se les entregaron pulóvers y gorras diseñados especialmente para el programa como una forma más de diseminar el información sobre el problema de la contaminación. El facilitador preparará un informe completo sobre dicha actividad.

Las actividades continuaron con más trabajos en las escuelas, basándose en las impresiones de los alumnos sobre el problema de la contaminación de la Bahía, seguido de visitas, el 28 de febrero, a la Bahía de La Habana y a las fuentes de contaminación.

Como punto final del programa inicial de las escuelas, se celebró un Festival en el Centro Estudiantil José de la Luz y Caballero, en la Habana Vieja, el sábado 1 de marzo, donde se exhibió una selección de trabajos y dibujos realizados por los alumnos para este evento.

El Festival comenzó a las 10.00 am con los discursos de bienvenida por parte del Presidente del GTE, la representación de la JICA en Cuba y el director del Centro Estudiantil José de la Luz y Caballero de la Habana vieja. El concurso de dibujo de los alumnos comenzó inmediatamente después.

Además de los 100 niños participantes de las escuelas de la Habana Vieja y San Miguel del Padrón, seis niños de los municipios de 10 de Octubre, Regla, Habana del Este y Centro Habana, también participaron, ya que se espera extender el programa a otras escuelas en Ciudad de La Habana. Otros niños de JICA y GTE también participaron en el concurso haciendo que la cifra ascendiera a 150.

Mientras que el jurado seleccionaba los mejores poemas, ensayos y trabajos artísticos, previamente preparados y los que se realizaron durante el festival, los invitados fueron amenizados por un grupo cultural del centro. Los mejores trabajos fueron premiados por un especialista en educación ambiental del Ministerio de Educación y el muy exitoso festival concluyó a la 1.30 pm.

#### **(7) Programa para los Ciudadanos en General**

La implementación de este programa aún no ha comenzado. La ONG ProNaturaleza, estuvo involucrado en la producción de los programas de radio y los videos en consulta con el Grupo de Estudio GTE/JICA para la selección de la locación, guión, desarrollo y aprobación.

Tres CD's para la radio fueron producidos conteniendo una serie de seis programas sobre educación ambiental y se ordenaron diez copias de cada CD para que se transmitieran en todas las estaciones de radio disponibles en el área de Ciudad de La Habana. La serie comenzará a transmitirse en marzo del 2003 a las 7.00 pm en la mayor cantidad de estaciones de radio posible, para llegar a la gran audiencia. Cada parte será transmitida una o dos veces al mes y toda la serie del programa se completará en un período de seis meses.

El desarrollo del video de 12 minutos comenzó con reuniones para acordar la información primaria del proyecto y la elaboración del guión para su utilización por el Canal Educativo (y para ser utilizado en las escuelas que estén equipadas de reproductoras de videos y televisores) Se aprobó el guión y las definiciones de los lugares, así como los elementos a ser utilizados en el video. Las filmaciones comenzaron el 31 de enero en estrecha coordinación con el Equipo de Estudios de GTE/JICA e incluye filmaciones de los talleres de las escuelas y el INRH. Una vez que se edite y se realice la post producción del material, se espera que el video este concluido y aprobado para su exhibición en marzo del 2003.

#### **(8) Programa para las agencias del INRH**

Este programa comenzó con la preparación por parte del facilitador de la metodología necesaria y de las actividades a desarrollarse durante el Taller. El Taller se celebró el 20 de febrero en la Sala de Conferencias del EAH, los participantes fueron ingenieros, técnicos y personal de departamentos de personal, relaciones públicas, comerciales e información de las siguientes organizaciones:

- Aguas de la Habana (2)
- Acueducto del Este (7)
- Acueducto del Cotorro (1)
- Acueducto del Sur (2)
- DPRH (2)
- EAH (8)

Los participantes se dividieron en dos grupos y se celebraron dos talleres, cada uno con una duración de aproximadamente una hora. La metodología aplicada por el facilitador fue la dividir el grupo en dos y solicitarle a un equipo que preparara una carta en la cual Cristóbal Colón le hubiera escrito a la Reina de España cuando el viera por primera vez la Bahía de La Habana y al otro equipo que redactara una carta como si hubiera visto la Bahía como está actualmente. Las cartas sobre la observación original de la Bahía, de manera general describía la belleza de la misma y la abundancia de aves y peces, y la hipotética observación de la actual Bahía describiría un medio ambiente seriamente contaminado.

El plegable para los adultos fue entregado y se exhibió el afiche. Acto seguido se produjeron debates sobre los problemas y posibles soluciones a la contaminación de la Bahía. Algunos de los principales temas desarrollados fueron:

- La descarga directa en la bahía provenientes de industrias y la falta de acción para hacer cumplir la ley.
- Falta de atención por parte de las autoridades sobre la recogida de los desechos sólidos.
- La falta de un adecuado sistema de drenaje y alcantarillado.
- El Gobierno debe tomar medidas contra todos los contaminadores, ya sean empresas o individuos.
- Se deben cobrar tarifas adecuadas a las diferentes descargas de aguas albañales.
- Las soluciones técnicas toman mucho tiempo y dinero y deben estar acompañadas de educación ambiental para garantizar el éxito de dichos proyectos.
- A la industria, los barcos y las personas les falta conciencia sobre el problema de la contaminación que están provocando.
- Falta de educación ambiental.
- Crear conciencia a través de la publicidad. Utilizar la radio y televisión, trabajar con los niños.
- Existen los materiales sobre educación ambiental, pero estos deben ser refinados y circulados.

Los participantes acordaron que el plegable aportaba Buena información sobre las responsabilidades de GTE, y que el afiche brindaba Buena información sobre los problemas de la contaminación y las soluciones propuestas, que son pocas pero adecuadas y fáciles de leer ya que los detalles están separados por gráficos y fotos atractivas e informativas.

Al concluir el taller, se les entregaron a los participantes plegables y afiches, además de por el Equipo de Estudios del JICA sobre aspectos generales de la contaminación de la Bahía de La Habana.

Quedó claro que la conciencia de los participantes había sido elevada y que la información brindada aumentaría mucho más su comprensión sobre el problema y serviría de herramienta para educar a sus compañeros de trabajo.

### **(9) Material Educativo y Publicitario**

El material que se produjo para este programa fue el siguiente:

- Plegables para niños y jóvenes (5,000 copias)
- Plegables para adultos (5,000 copias)
- Afiches para uso general (5,000 copias)
- Pulóver para niños y adultos (400 No.)
- Pulóver para adultos (400No.)
- Gorras para niños y jóvenes (200 No.)
- Gorras para adultos (200 No.)
- Identificadores (Logo) para uso con lo anterior (Item)

- Un video para la TV nacional y escuelas (Original + 30 copias) Pendiente
- Un programa radial de seis partes (Original + 30 copias) Pendiente
- Información General (Equipo Estudio JICA) (25 copias)
- Información General (CIGEA) (1 Diskette)

Debido a la falta de tiempo, el único material educativo utilizado hasta la fecha en el programa han sido los plegables y afiches. El Equipo de Estudio de la JICA produjo material de curso para el programa de adultos del INRH (DPRH), no obstante, el documento no fue discutido, a pesar de que fue entregado a los participantes al final del Taller.

El documento describe el problema principal sobre la contaminación de la Bahía de La Habana, las instituciones responsables del sector del agua y cuestiones ambientales, los instrumentos legales disponibles para proteger el medio ambiente y los detalles sobre otros programas nacionales y donantes financiados por los programas educacionales ambientales.

En términos generales, este documento y la información del CIGEA, no utilizados, podrán ser usados en futuros seminarios.

## **9.4.2 EVALUACIÓN GENERAL DE LOS PROGRAMAS EJECUTADOS**

### **(1) Generalidades**

Uno de los principales problemas que hubo que vencer fue el período relativamente corto para ejecutar el programa, debido a la pérdida de tiempo en la preparación de la Fase I y la Fase II de este estudio. Además, el tiempo para la implementación, que demanda la fase final del Informe Interino, hizo que fuera imposible incluir los hallazgos técnicos del Plan Maestro en el programa educacional.

Debido a la demora antes mencionada, no es posible presentar en este momento una evaluación completa de los programas. Sin embargo, el objetivo de darle publicidad a los problemas de la contaminación de la Bahía de La Habana y de elevar el nivel de conciencia sobre el programa de limpieza de la contaminación causada por el sistema de alcantarillas y drenaje, los ríos y la industria, fue logrado en las escuelas y en los programas del INRH.

Este programa puede considerarse como el principio de un programa más extenso que será continuado por el GTE. El mismo ha puesto a prueba la cooperación y coordinación entre diferentes entidades como lo establece la Ley de Medio ambiente (No. 81), y delineado en el Documento de Estrategias Medio Ambientales. Una evaluación final deberá incluir la coordinación institucional para el sistema Nacional de Educación Ambiental, como se muestra en el Gráfico 9.1, realizado en este ejercicio, así como el resultado del programa de los medios masivos dirigido a los ciudadanos.

La implementación real tuvo lugar en el período de sólo dos semanas. Sin embargo, respecto al programa, hasta la fecha, se considera exitoso de acuerdo con Equipo de Estudios GTE/JICA, que junto a un diseñador gráfico, produjeron materiales publicitarios de alta calidad sobre la educación, en específico sobre la Bahía de La Habana, en forma de plegables, afiches, pulóveres y gorras, además del video y programas radiales para el programa de los ciudadanos, que están en proceso de terminación.

### **(2) Programa para Niños y Jóvenes**

La metodología adoptada por el facilitador para el programa de las escuelas resultó muy exitosa en elevar la conciencia de dos grupos diferentes (uno experimentado y otro sin tanta experiencia) y en el desarrollo de un alto interés por los debates y los plegables y afiches que

fueron objeto de la admiración de los estudiantes.

Al final de las sesiones de una hora de duración, los estudiantes aprendieron bastante sobre los causantes de la contaminación de la bahía, y sobre programa del GTE para limpiar la bahía.

Los alumnos ya tienen idea de cómo crear conciencia tanto dentro como fuera de las escuelas y los plegables y afiches llegarán a sus familias y sin duda, a muchas más personas en su vecindario. El Festival fue muy exitoso, ya que reunió a estudiantes de toda la ciudad para compartir sus conocimientos en una competencia amistosa.

### **(3) Programa para los Ciudadanos en General**

La evaluación de este programa tendrá que esperar hasta que los programas radiales y televisivos sean transmitidos. Esto podrá hacerse durante la Fase III de este Estudio, ya que se espera que los programas estén listos a principios de marzo del presente año.

### **(4) Programa para las Agencias del INRH**

La metodología adoptada en los talleres provocaron un vivo debate en el cual afloraron muchos temas sobre las causas principales de la contaminación de la Bahía, las posibles soluciones, el papel y las responsabilidades del INRH, y la disponibilidad de información para crear conciencia y explicar los problemas de la contaminación.

Las respuestas brindaron indicadores claros de la preocupación sobre la contaminación provocada por la industria, los barcos, los ríos, alcantarillados, drenajes y algunos sectores públicos, indicando la falta de sistemas apropiados, el no cumplimiento de la ley, el no castigo y la falta de cargos contra los contaminadores.

Además el taller subrayó el hecho de que aunque sí existe alguna información sobre la contaminación de la Bahía, no estaba disponible para su diseminación entre la mayoría teniendo como trasfondo la urgente necesidad de brindar educación ambiental a la mayor audiencia posible.

La conclusión a que llegó el taller, fue que cualquier solución técnica tenía que estar acompañada de un fuerte programa ambiental y fue reconfortante observar que los plegables y afiches distribuidos, brindaban una buena información básica, de lo que debe considerarse como el comienzo de un programa sustentable para adustos.

## **9.4.3 RECOMENDACIONES PARA FUTUROS PROGRAMAS**

### **(1) Generalidades**

Los programas futuros se beneficiarán de un período mayor de tiempo, tanto para su preparación como para su implementación. De manera ideal se necesitaría más tiempo para las discusiones, la logística para convocar a las diferentes partes, la obtención de las aprobaciones necesarias para artículos como el contenido de los plegables y afiches, los guiones para los programas radiales y los videos, para la compra e impresión del material educacional y publicitario, etc. Se debe tener en cuenta además, que los funcionarios del gobierno y el personal de la contraparte tienen otras tareas que cumplir y no están disponibles a tiempo completo como en el caso del Equipo de Estudio.

Además, debido a la programación del programa, que se necesitaba fuera ejecutado a la vez que el Informe Interino del Estudio del Plan Maestro, no fue posible incluir la información técnica final y las soluciones del Plan Maestro al problema de la contaminación de la Bahía de La Habana, en el material de educación ambiental.

Sería mejor que para los futuros programas se planifique y acuerde el programa educacional

durante la Fase I (Estudios Básicos), que se prepare el material educacional y publicitario y que se comience la implementación durante la Fase II (Estudio del Plan Maestro), dando tiempo durante la Fase III (Estudio de Factibilidad) a completar el material educacional del Informe del Plan Maestro y continuar y completar la implementación del programa.

La implementación debe concluir antes de finalizar la Fase III, dando tiempo para la preparación del informe final del programa, consolidar y revisar el material del curso y planificar la continuación del programa utilizando las lecciones aprendidas de la experiencia inicial.

La Educación ambiental es considerada por todos como un proceso continuo para sustentar el nivel de conciencia alcanzado por los grupos claves a modo de proteger y mejorar el ambiente en el que viven.

Este programa fue cuidadosamente planificado para brindar materiales educacionales y publicitarios, más allá del programa inicial del GTE, para que se continúen todos los programas a un costo mínimo. Si los fondos están disponibles, se pudieran realizar programas en el futuro a cargo del país beneficiario para garantizar el éxito de la continuación del programa durante un periodo de uno a dos años.

## **(2) Programa para Niños y Jóvenes**

Se recomienda que el programa de las escuelas continúe tal como esta, bajo la dirección general del GTE, pero el facilitador debe ser sustituido por las autoridades educacionales y los maestros.

Estos programas escolares pueden fácilmente ser extendidos a otras muchas escuelas en la ciudad de La Habana utilizando la misma metodología. Hay suficientes plegables y afiches para al menos otras 200 escuelas, y el informe que redactará el facilitador deberá ser suficiente para que las autoridades educacionales y los maestros continúen el programa con un mínimo de insumos del GTE.

## **(3) Programa para los Ciudadanos en General**

Se recomienda que el CIGEA este involucrado para garantizar que los programas de la radio y la televisión sean coordinados apropiadamente a través de las Organizaciones Masas y la Organización de Periodistas (ver Figura 9.1, Sistema Nacional de Educación Ambiental).

## **(4) Programa para las Agencias del INRH**

Los talleres deben continuarse básicamente en el mismo formato para más personal del DPRH, EAH y las cuatro corporaciones de alcantarillados de La Habana. Estos Talleres deben ser extensivos para incluir el CITMA, CIMAB, CENHICA y todos los otros Ministerios y empresas asociadas a la Bahía de La Habana, como introducción al problema. Se recomienda además que los talleres sean extensivos a los trabajadores de las fabricas a los largo de la bahía.

Se recomienda además que se produzcan más materiales para los cursos de educación ambiental y que se presenten en los seminarios y talleres introductorios que se celebren. El material del curso introductorio distribuido en el seminario, brindaba solamente informaciones generales sobre el problema, las instituciones involucradas y las leyes sobre medio ambiente.

Se sugiere que los elementos técnicos del Plan Maestro sean sintetizados para que conformen un documento que detalle entre otras cuestiones, la carga de contaminantes, la estrategia para el control de la contaminación del agua y el plan maestro del sistema de alcantarillados hasta el 2020. Esto se puede realizar por la GTE (posiblemente en cooperación con el Equipo de Estudios de JICA).

Los participantes en el seminario deben agruparse cuidadosamente de acuerdo a su profesión y

nivel académico, por ejemplo: ejecutivos, ingenieros profesionales, expertos en la calidad de las aguas y trabajadores en otras disciplinas. Los requerimientos y presentaciones profundas en cada seminario tendrán que ser variadas para adecuarse a cada grupo en particular.

CIGEA debería estar involucrada en el programa para garantizar que la Estrategia Nacional de Medio Ambiente sea cumplida en términos de Educación Ambiental y su Diseminación.



# **CAPÍTULO 10**

## **ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN LA BAHIA DE LA HABANA**

### **10.1 GENERALIDADES**

#### **10.1.1 UTILIZACION ACTUAL DE LA BAHIA DE LA HABANA**

La Bahía de La Habana, con sus sitios Patrimonio Mundial e importantes monumentos históricos, ubicados a su entrada, es una parte esencial para muchas atracciones turísticas importantes de la Ciudad de La Habana. La Bahía forma parte de la elegante vista de El Morro y la Cabaña, situados al occidente del canal de entrada de la bahía.

El paseo a lo largo del canal de entrada a la Bahía de La Habana y su continuación a lo largo del Malecón es de un valor incalculable para los ciudadanos de La Habana (habaneros) por su uso como área recreativa y también como área de pesca recreativa. Su influencia esta en el corazón y en la mente de cada habanero. El paseo a lo largo del canal de entrada es también un punto de obligada visita de los cientos de miles de turistas que visitan la Ciudad de La Habana cada año.

Los aspectos estéticos del canal de entrada de la Bahía de La Habana tienen un impacto importante en los habaneros y los turistas.

Además, es uno de los más importantes puertos cubanos desde el punto de vista industrial y comercial y además atrae cruceros de lujo que navegan por el Mar Caribe, con el arribo de más de mil barcos al año. Su contribución a la economía nacional es significativa. El Puerto de la Bahía de La Habana es además un puerto importante en el Mar Caribe.

Aparte de servir de puerto de embarque de materias primas y productos para las principales industrias a lo largo de la costa de la bahía, también se utiliza como una fuente de enfriamiento de agua y finalmente como receptor de sus efluentes. Hay además muchos talleres a lo largo de la costa de la bahía para la reparación de barcos, etc.

La bahía sirve además de eslabón para el transporte entre la parte oriental y occidental de Ciudad de La Habana. Las personas viajan en barcos de pasajeros a través de la bahía entre dos puntos, al oriente de la bahía, principalmente Casa Blanca y Regla y uno al occidente de la bahía llamado Muelle de Luz.

La bahía como atracción turística y como el puerto principal tiene un papel importante para la economía cubana. Debido a lo anterior, no se puede soslayar la necesidad de proteger el medio ambiente de la bahía para que juegue su papel en la economía nacional.

#### **10.1.2 PERCEPCION DEL MEDIO AMBIENTE DE LAS AGUAS**

A modo de comprender la percepción “pública” de los problemas ambientales de las aguas y sus prioridades, se celebró un Taller donde los participantes, incluyendo el personal de la contraparte, eran miembros de las instituciones interesadas en la Bahía de La Habana. Se brindó, antes de que comenzaran las actividades de los participantes divididos en dos grupos (con un total de 24 participantes y siete observadores), una introducción sobre los problemas ambientales de la bahía, de sus usos y sobre el método participativo en la identificación y prioridad de los problemas. Como resultado de las actividades de los participantes, se puede llegar a la siguiente conclusión:

Los principales problemas ambientales de las aguas son:

- Petróleo y grasa (hidrocarburo)
- Contaminación orgánica
- eutroficación
- metal pesado
- contaminación bacterial

Y las principales limitaciones identificadas fueron, financiamiento, leyes y regulaciones inadecuadas, infraestructura inadecuada de drenaje y alcantarillado.

### **10.1.3 USOS FUTUROS**

Cuando se considera el futuro uso, los usos existentes en la sección anterior están vigentes aún. Un estudio realizado por HINES-MITRANS destinado a remodelar la costa occidental de la bahía, desde Sierra Maestra de San Francisco a Atares, para construir varias instalaciones como hoteles, centros de convenciones, anfiteatros, instalaciones portuarias para yates, etc. Estos usos demandarán del mejoramiento de la calidad del agua que permanece deteriorada alrededor de Atares debido a la descarga de aguas residuales no tratadas.

## **10.2 METAS SOBRE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

### **10.2.1 MEDIOAMBIENTAL FUTURO DE LAS AGUAS**

Cuando se considera la enorme inversión y tiempo necesario para llevar a cabo el mejoramiento de la infraestructura del alcantarillado y del drenaje, y la ausencia de los planes de ejecución para cualquier otro uso de la bahía en el futuro próximo, es prudente limitar las metas futuras medioambientales para proteger contra la contaminación, lo que impedirían los usos actuales. El primer paso para el mejoramiento medioambiental de las aguas de la bahía es prevenir el progreso de su contaminación, lo que afectaría de modo adverso los usos actuales. La grasa / petróleo flotante en todas las partes de la bahía y la progresiva contaminación en las bóvedas de Atares, Guasabacoa y Marimelena, como demostrado por los bajos niveles de oxígeno disuelto, color oscuro de las aguas (debido a la septicidad) y la acumulación de sedimentos destruirá la calidad estética y limitará las funciones de puerto de la bahía. Por ejemplo, la acumulación de sedimentos y desperdicios en los alrededores de la boca de Arroyo Tadeo en la porción occidental de la bahía limita el movimiento de barcos en los talleres e industrias locales de la zona.

### **10.2.2 METAS PARA LA CALIDAD DE LAS AGUAS**

#### **(1) Proyecto Normativo de calidad de las aguas de la Bahía**

Una norma para la calidad de las aguas de la bahía y de las áreas costeras se encuentra en una fase preparatoria, principalmente, “Vertimiento de Aguas Residuales a las Costas y Aguas Marinas – Especificaciones”, que clasifica los usos en seis categorías. Las categorías son las siguientes:

- Clase A - Áreas de marinas de corales, zonas de conservación ecológica o áreas protegidas
- Clase B - Áreas marinas dedicadas al baño y donde se realizan actividades recreativas en que las personas entran en contacto con el agua
- Clase C - Áreas marinas donde se desarrollo la pesca

- Clase D - Áreas marinas cuyas aguas se toman para uso industrial como la generación de energía (electricidad)
- Clase E - Áreas de la bahía desarrolladas para actividades portuarias
- Clase F - Áreas marinas sin uso específico

La tabla 10.1 muestra la norma de calidad medioambiental de la composición de agua adecuada acorde a sus funciones en términos de disolución oxígeno y totales de concentraciones de coliformes. El uso de la Bahía de La Habana clasifica en la composición de agua de la Clase E.

**Tabla 10.1 Proyecto de Norma de la Calidad de las Aguas Costeras y de la Bahía**

Parámetro	Unidad	Type Water Body				
		Clase A	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L	5.0	5.0	4.0	3.0	2.0
Coliformes Totales	MPN/100 mL	100	250	250	1,000	5,000

Nota: Las normas para la Clase B no están disponibles.

La tabla 10.1 muestra los niveles de DO en comparación con la clasificación de la composición de las aguas de acuerdo con las normas propuestas.

Las condiciones existentes, de acuerdo a su medición en este Estudio, en el año 2002 en las bóvedas de la bahía, principalmente las de Atares, Guasabacoa y Marimelena, no satisfacen la composición de agua de la Clase E. Los niveles de DO en Atares estaban por debajo de la Clase F y en Guasabacoa eran correspondientes a la Clase F. En Marimelena, variaban entre la Clase D y F. En el Centro, eran entre la Clase C y F y en el Canal de Entrada eran entre Clase C y E.

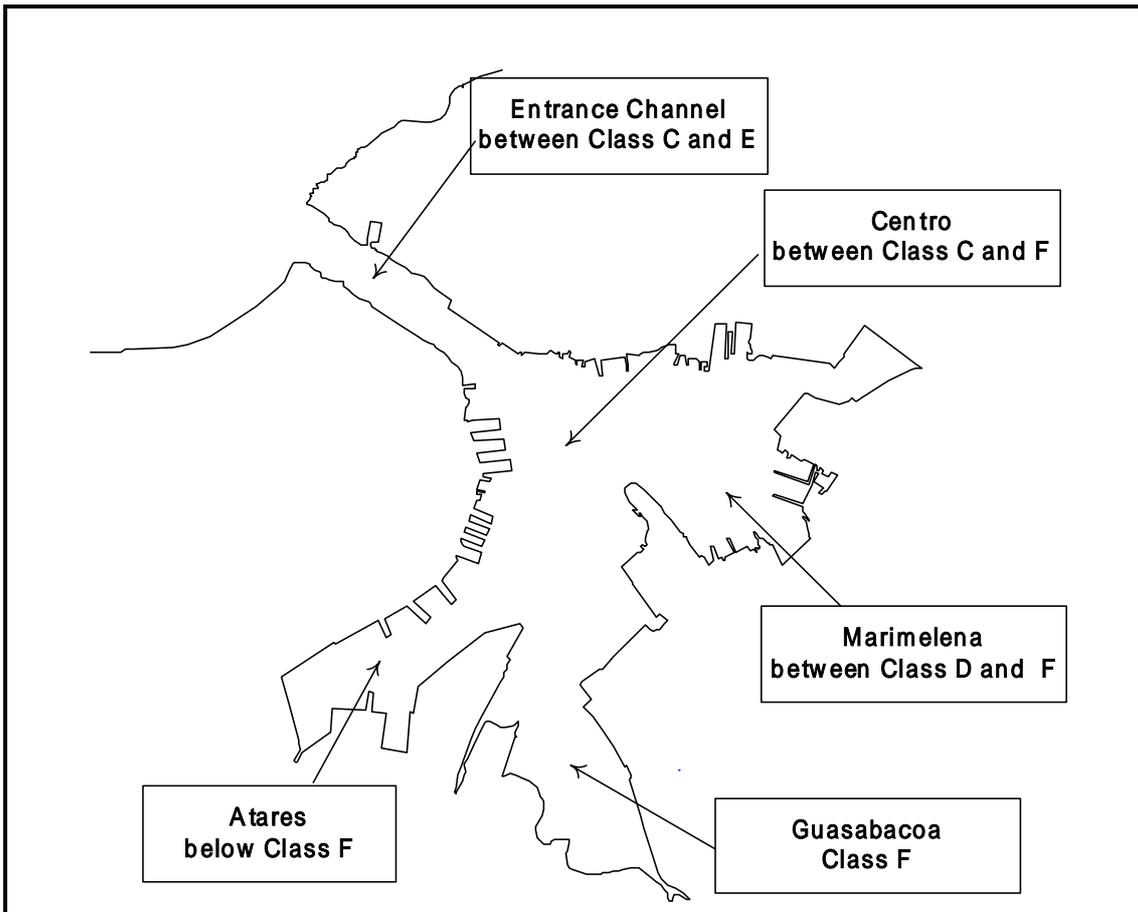
No existen normas para petróleo / grasa (o hidrocarburos) en la composición de las aguas, excepto para las normas de calidad de los efluentes que se vierten al la masa de agua. El proyecto de norma de calidad de los efluentes para el petróleo / grasa en la masa de agua Clase E siendo de 5 mg/L, mientras que para la masa de agua Clase F es de 50 mg/L. Como referencia, en el presente estudio la concentración de hidrocarburo del efluente de la refinería era de 42 mg/L y de 240 mg/L en el año 1997, lo que es mucho mayor que el proyecto de norma para la masa de agua Clase E.

El logro de la calidad del agua para la masa de agua de la Clase E es aún baja en términos de contaminación por petróleo/ grasa (hidrocarburos) que afectan la estética de la calidad de la bahía.

**(2) Metas de Calidad de las Aguas**

Metas de calidad de las aguas que se deben mantener:

- Meta 1 : Lograr el proyecto de norma para la masa de agua de la Clase E en términos de los niveles de disolución de oxígeno (3 mg/L)
- Meta 2 : Lograr el proyecto de norma de calidad de efluente de descarga en la masa de agua Clase E, en términos de petróleo/ grasa (por debajo de 5 mg/L).



Nota: La comparación es con relación a los niveles de DO medidos en este estudio.

**Proyecto de Norma de la Calidad de las Aguas costaras y de la Bahía**

Parametro	Unidad	Tipo de Masa de Agua				
		Clase A	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F
Oxigeno disuelto (OD)	mg/L	5.0	5.0	4.0	3.0	2.0
Coliformes Totales	MPN/100 mL	100	250	250	1,000	5,000

Nota: Las normas para la Clase B no están disponibles.

- Clase A - Áreas de marinas de corales, zonas de conservación ecológica o áreas protegidas
- Clase B - Áreas marinas dedicadas al baño y donede se realizan actividades recreativas en que las personas entran en contacto con el agua
- Clase C - Áreas marinas donde se desarrollo la pesca
- Clase D - Áreas marinas cuyas aguas se toman para uso industrial como la generación de energía (electricidad)
- Clase E - Áreas de la bahía desarrolladas para actividades portuarias
- Clase F - Áreas marinas sin uso específico

ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA	<b>Figura 10.1</b> Comparación de los niveles de OD en La Bahía de La Habana (Año 2002) Proyecto normas
AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN	

### 10.3 ESCENARIO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

#### 10.3.1 PAPEL DE LOS INTERESADOS O CONTAMINADORES

La Tabla 10.2 muestra las metas y sectores claves sobre los cuales es necesario tomar acciones. Un incremento en los niveles de oxígeno disuelto requerirá que la carga de contaminación orgánica hacia la bahía sea reducida y se necesitan acciones para controlar las alcantarillas, desagües y las aguas residuales de las industrias. Se necesitan tomar acciones sobre las industrias y los talleres a lo largo de la costa de la bahía y en la cuenca a modo de reducir la descarga de petróleo / grasa hacia la bahía.

**Tabla 10.2 Metas y Responsabilidades del Sector**

Meta	Sector Clave donde se necesitan acciones		
	Alcantarilla	Desagüe	Industria
Altos niveles de oxígeno disuelto	○	○	○
Reducir petróleo, grasa, etc.			○

Se necesita además educación ambiental para aumentar la conciencia medioambiental de la población y monitoreo ambiental para evaluar el progreso y efectividad de las medidas para el control de la contaminación. El papel del monitoreo ambiental es específicamente importante debido a la deficiente información sobre los mecanismos de contaminación de la bahía. Es obvio que el logro de las metas mediante la implementación del mejoramiento del sistema de alcantarillas / desagües, no es factible por si solo, y que se necesita una acción concertada sobre el sistema de alcantarillas / desagües y por parte de la industria para lograr resultados tangibles. Por ejemplo, la presencia de una película de petróleo / grasa sobre la superficie de las aguas sería dañina para la transferencia de oxígeno atmosférico.

#### 10.3.2 AGUAS RESIDUALES ADMINISTRADAS POR EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

El tratamiento administrado por los sistemas de alcantarillado eliminan principalmente la materia orgánica y los nutrientes hasta cierto punto. La eliminación del petróleo / grasa y de otros materiales tóxicos, como los metales pesados no será posible y pondrán en peligro el funcionamiento del tratamiento de aguas residuales.

Las aguas residuales administradas por el sistema de alcantarillado estarán limitadas a las aguas residuales domesticas, comerciales e institucionales, las que junto a las aguas residuales de las industrias, cumplen las normas de descarga de los alcantarillados públicos. Gran cantidad de aguas residuales de las industrias que no cumplen con las normas de descarga para el alcantarillado público deberán ser tratadas por la industria misma antes de ser descargada en el alcantarillado público.

La tecnología disponible para el tratamiento de las aguas residuales a modo de reducir la carga de contaminantes orgánicos consiste en dos pasos, el tratamiento primario y el tratamiento secundario. El nivel del tratamiento secundario indica la cantidad máxima posible de eliminación con el sistema de alcantarillado.

#### 10.3.3 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Como se argumenta en la sección anterior, el tratamiento de las aguas residuales industriales deberá ser la responsabilidad de las industrias y su aceptación por el sistema de alcantarillado deberá estar basado en la precondition de que cumple con las normas para que sean descargadas en el alcantarillado público.

Además, en términos de descargues de contaminantes orgánicos en la bahía, la carga industrial sigue tan alta como la descargada por los alcantarillados/ desagües y casi toda la carga descargada es realizada por la refinería. El mejoramiento eficaz de las alcantarillas y desagües al área de Marimelena es muy pequeño si se compara con las cargas de la refinería y el mejoramiento de los niveles de oxígeno disuelto en Marimelena necesita que las cargas orgánicas procedentes de la refinería sean también reducidas.

## **10.4 SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

### **10.4.1 SISTEMA EXISTENTE DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

De acuerdo con la información disponible, el monitoreo de la calidad del agua en la Bahía de La Habana, de las aguas residuales de la industria, de los ríos tributarios (Río Luyano, Martín Pérez, y Tadeo) y los canales de drenaje (Agua Dulce, Matadero y San Nicolás) es realizado por varias organizaciones como CIMAB, CENHICA, universidades y el laboratorio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quibú (PTAR). La ubicación del monitoreo, la frecuencia del muestreo y de las mediciones /análisis aparecen resumidas en la Tabla 10.3.

El CIMAB comenzó a monitorear la calidad del agua de la bahía desde 1980. Ahora, como se muestra en la Tabla 10.3, el CIMAB esta a cargo de monitorear la calidad del agua de la bahía, las fabricas descargando aguas residuales hacia la bahía directamente, así como los sedimentos de la Bahía de La Habana. Además del monitoreo periódico mencionado anteriormente, el CIMAB también lleva a cabo el monitoreo de los ríos tributarios (solamente en la boca del río) y de los canales de drenaje en algunos proyectos financiados por GTE o por otras organizaciones (tales como el Consultante italiano y el GEF).

CENHICA esta generalmente a cargo del monitoreo de la calidad del agua de los ríos tributarios de la Bahía y de las fabricas descargando aguas residuales a los ríos tributarios, mientras que el laboratorio de Quibu PTAR realiza, principalmente el monitoreo de la calidad en los alcantarillados y de las aguas residuales tratadas de PTAR. En algunos casos, las universidades locales, (como la Universidad CUJAE) son contratadas para que realicen el monitoreo de la calidad del agua en los ríos tributarios.

La Empresa de Recursos Hidráulicos (EAH) estableció un sistema para el monitoreo de la calidad del agua para tres ríos tributarios, Quibu PTAR y lagunas, presas, etc. En abril del 2000.

La Tabla 10.4 muestra el número de personal, principales instrumentos para el análisis y la capacidad de los análisis en los laboratorios de estas organizaciones de monitoreo. Los principales problemas de los sistemas existentes para el monitoreo de la calidad del agua también aparecen resumidos y analizados, como se muestra en la Tabla 10.5, basada en las observaciones, discusiones y visitas a dichas organizaciones.

### **10.4.2 RECOMENDACIÓN PARA EL FUTURO SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA**

Basándose en los resultados de los actuales sistemas de monitoreo en la Cuenca de la Bahía de La Habana y en las discusiones con las organizaciones involucradas, se brindan las siguientes recomendaciones para el Futuro Sistema de monitoreo de la Calidad del Agua:

Establecer un sistema de monitoreo de la calidad del agua, unificado y periódico (incluyendo puntos unificados de monitoreo y de análisis) monitorear la calidad del agua marina dentro y fuera (baseline) de la Bahía, la tasa de la calidad del agua y del flujo de tres ríos tributarios, canales de drenaje y la calidad de las aguas residuales industriales de las fabricas, incluyendo la calidad del sedimento.

GTE será responsable de financiar este sistema de monitoreo y de integrar la base de

datos sobre la calidad del agua y de compartir toda la información con las organizaciones involucradas.

GTE poseerá su propio barco pequeño para garantizar que el monitoreo de la calidad del agua pueda llevarse a cabo en cualquier momento si así fuera necesario.

El sistema de monitoreo recomendado (punto de muestreos y frecuencia, análisis y puntos de mediciones, etc.) se encuentra resumido y mostrado en la Tabla 10.6. Además, el costo aproximado (solamente costos directos, i.e. de personal y transporte costos de los muestreos y análisis) para el sistema de monitoreo recomendado es de aproximadamente US \$ 50, 300 por año.

**Tabla 10.3 Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Agua**

Organización de Análisis	Lugar del Monitoreo		Frecuencia	Parámetros de Análisis y Mediciones	Normas	Agencia del monitoreo	Otras Fuentes de Financiamient
CIMAB	Dentro de la Bahía	5 puntos (Atares, Guasabacoa, Marimelena Centro, Canal) 3 capas (0, 5 y 10 m)	2 veces/año (temporada de lluvias y de sequía)	pH, DO, EC, Temp Agua., Salinidad, TSS, NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, PO <sub>4</sub> -P, T-P, SiO <sub>3</sub> , HC, Clorofila, Plancton, Coliforma, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Mo etc. 24 objetos	Normas ambientales del agua con fines de pesca	GTE	GEF
	Fuera de la Bahía	2 puntos (Chivo, San Lazaro) × 3 capas	-idem-	-idem-	-idem-	GTE	
	Aguas residuales de las industrias	12 a 15 fabricas descargando residuales directamente a la Bahía	1 vez/año	pH, Temp. Agua., TS, TSS, BOD, COD <sub>Cr</sub> , T-N, T-P, HC and tasa de flujo	Normas de descargo	GTE	GEF
	Sedimento en la Bahía	5 puntos (Atares, Guasabacoa, Marimelena Centro, Canal) Sedimento Superficial	1 vez/2 años	Contenido agua, HC, T-N, Clostridio Perfringens, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Mo etc.	No	GTE	
	Ríos Tributarios	2 puntos (Luyano Via Blanca, Martin Perez Via Blanca)	Temporal	pH, DO, EC, Temp. Agua, Cl, Salinidad, TS, TSS, BOD, COD <sub>Cr</sub> , NH <sub>4</sub> -N, Org-N, T-N, PO <sub>4</sub> -P, T-P, SO <sub>4</sub> , HC, Coliforma, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, etc.	NC27, Clase C	GTE	Consultor Italiano
	Canales de Drenaje	2 puntos (Agua Dulce, Matadero)	Temporal	Tasa de flujo, pH, EC, COD, BOD, Cl, Salinidad, TSS etc.	NC27, Clase C		Consultor Italiano
CENHICA	Ríos Tributarios	Corriente arriba, corriente media y corriente abajo de 3 ríos tributarios (Río Luyano, Río Martin Perez y Río Tadeo)	2 veces/ año	pH, DO, EC, Temp. Agua, Cl, Salinidad, SS, BOD, COD <sub>Cr</sub> , NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N, T-N, PO <sub>4</sub> -P, T-P, Coliforma Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn y tasa de flujo etc.	NC27, Clase C	GTE, Empresa de Recursos Hidráulicos (EAH)	
	Aguas Residuales de las Industrias	Fabricas descargando aguas residuales a los ríos tributarios de la Bahía	2 veces/ año	pH, Temp. Agua., TS, TSS, BOD, COD <sub>Cr</sub> , T-N, T-P, HC y tasa de flujo	Normas de descarga	GTE	
	Alcantarillas	Ninguna	-	-	-	-	
	Canales de Drenaje	Ninguna	-	-	-	-	
	Sedimentos de Ríos	Ninguna	-	-	-	-	
Laboratorio PTAR de Quibu	Alcantarillas	2 puntos (Caballeria y Casablanca)	1 veces/mes	pH, DO, Temp. Agua., EC, DO, SS, BOD, COD, Cl <sup>-</sup> etc.	NC27	Aguas de La Habana	
Universidad CUJAE	Ríos Tributarios	Corriente arriba, corriente media y corriente abajo de 3 ríos tributarios	2 veces /año	pH, EC, BOD, COD <sub>Cr</sub> , Coliforma	NC27, Clase C	Empresa de Recursos Hidráulicos)	desde 2000

**Tabla 10.4 Estado Actual de la Organización para el Análisis de la Calidad del Agua**

Organización del Análisis	No. de Personas	Principales Instrumentos de Análisis	Parámetros de Análisis	Nivel Técnico y Capacidad de Análisis
Laboratorio de CIMAB	13	Instrumentos generales para el análisis manual, GC, LC, ICP, UV/VIS, IF y otros instrumentos de precisión para el análisis	Temp. de Agua., pH, DO, EC, Salinidad, SS, COD, BOD, T-N, NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , T-P, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , SiO <sub>3</sub> , HC, Chl-a, Plancton, Coliforma, Fenolicos, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V, Zn etc.	Alto nivel técnico, Análisis manual: 30 muestras/d Análisis instrumental: 40 muestras/d
Laboratorio de CENHICA	16	Instrumentos generales para el análisis manual, GC, AS, ICP y otros instrumentos de precisión para el análisis	Temp. Agua, pH, DO, EC, Salinidad, SS, COD, BOD, T-N, NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , T-P, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , SiO <sub>3</sub> , Chl-a, Plancton, Coliforma, fenol, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V, Zn etc.	Alto nivel técnico, Análisis manual: 20-30 muestras/d Análisis instrumental: 20 muestras/d
Laboratorio de Quibu PTAR	6	Instrumentos generales para el análisis manual	Temp. Agua, pH, DO, EC, SS, COD, BOD, Cl <sup>-</sup> etc.	Nivel técnico normal, Análisis manual: 6-18 muestras/d
Laboratorio de la Universidad de CUJAE	8	Instrumentos generales para el análisis manual, GC, GC-MS, y AS	Temp. Agua, pH, DO, EC, SS, COD, BOD, T-N, NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , T-P, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cl <sup>-</sup> , Coliforma etc.	Alto nivel técnico, Instrumento de análisis manual: 20 muestras/d

AS: Espectrómetro de Absorción Atómica

GC-MS: Espectrómetro Cromatografico de gas masivo

IF: Espectrofotómetro Infrarrojo

UV/VIS: Espectrómetro Ultravioleta/Visible

GC: Cromatógrafo de gas

ICP: Espectrógrafo de Emisión de plasma acoplado

LC: Cromatógrafo liquido

**Tabla 10.5 Principales Problemas Existentes en el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Agua**

Puntos	Contenido
Organización	Hasta el momento, múltiples organizaciones (como la GTE, Empresa de Recursos Hidráulicos), GEF y otras) son los responsables del monitoreo de la Bahía, de los ríos tributarios, fabricas, alcantarillas y canales de drenaje , lo que trae como resultado diferencias en los puntos de muestreos, la frecuencia del muestreo y los parámetros de análisis: 1) No hay un sistema unificado de monitoreo de la calidad del agua 2) No hay base de datos generales sobre la calidad del agua y los sedimentos 3) Aún no hay un sistema establecido para compartir la información sobre el monitoreo
Presupuesto	GTE no tiene suficiente presupuesto para el monitoreo de la calidad del agua de la Bahía, los ríos tributarios, especialmente para las fabricas y los canales de drenaje.
Muestreo	1) Tanto GTE como CIMAB no poseen bote, por lo tanto, el monitoreo de las aguas de la calidad del agua de la bahía no se puede programar de acuerdo a los patrones de las mareas. 2) Las mediciones de las tasas de flujo en los ríos tributarios es insuficiente especialmente para el Río Tadeo. 3) Basándose en la información disponible, no existe monitoreo de los sedimentos de los ríos tributarios, a no ser la encuesta realizada por la Universidad de La Habana sobre los sedimentos del Río Martín Pérez de 1999 al 2000.
Análisis	1) Casi todos los laboratorios tienen problemas por la falta de agentes químicos y de ingresos para la renovación de los instrumentos de análisis. 2) Para algunos artículos de análisis (como metales pesados), se adoptan diferentes métodos de análisis por parte de organizaciones que realizan los análisis, lo que trae como resultado una pobre comparación entre los mismos temas. 3) BOD, COD y T-N (nitrógeno total) en el agua de mar de la Bahía no han sido analizados, sin embargo estos agentes son muy importantes para evaluar la situación de la eutroficación de la Bahía.
Otros	No hay una base de datos unificados de la calidad del agua de la Bahía, ríos tributarios, fabricas, alcantarillas y de conductores de drenaje. Además, el intercambio de los datos sobre la calidad del agua no es suficiente.

**Tabla 10.6 Sistema Recomendado para el Futuro Monitoreo de la Calidad del Agua**

Puntos	Agua en la Bahía de La Habana		Agua en los Ríos Tributarios		Aguas residuales industriales		Canales de Drenaje		Sedimentos en la Bahía	
	Punto y Frecuencia	Puntos	Punto y Frecuencia	Puntos	Puntos y Frecuencia	Puntos	Puntos y Frecuencia	Puntos	Puntos y Frecuencia	Puntos
A (Puntos Básicos)	<u>Dentro de la Bahía:</u> 5 puntos × 3 capas <u>Frecuencia:</u> 1 vez/mes <u>Fuera de la Bahía:</u> 2 puntos × 3 capas <u>Frecuencia:</u> 2 veces/año Punto: ver Grafico. 3.2	pH, EC (o Salinidad), Transparencia; DO y Temp. Agua. (1 m intervalo en dirección vertical )	3 ríos tributarios × 3 puntos/ríos (Corriente arriba, media y hacia abajo del Río Luyano, Martin Perez y Tadeo) <u>Frecuencia:</u> 1 vez/mes	pH, Transparencia, DO, Temp. Agua, EC	Desagües de 10 fabricas descartando alto contenido de contaminantes <u>Frecuencia:</u> 1 vez/año	pH, Temp. Agua, EC	2 canales de drenaje (Agua Dulce y Matadero): <u>Frecuencia:</u> 1 vez/mes	pH, Temp. Agua, EC	Sedimentos dentro de la Bahía: <u>Frecuencia:</u> 5 puntos × 1 vez/año;	Contenido Agua, TVS
B (Puntos Orgánicos etc.)	<u>Dentro de la Bahía:</u> 5 puntos × 3 capas <u>Frecuencia:</u> 4 veces/año <u>Fuera de la Bahía:</u> 2 puntos × 3 capas <u>Frecuencia:</u> 2 veces/año	COD <sub>Mn</sub> BOD, SS T-N, NH <sub>4</sub> -N NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N T-P, PO <sub>4</sub> -P	3 ríos tributarios × 3 puntos/ríos <u>Frecuencia:</u> 1 vez/mes	COD <sub>Cr</sub> , COD <sub>Mn</sub> BOD, SS T-N, NH <sub>4</sub> -N NO <sub>2</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N T-P, PO <sub>4</sub> -P	-idem-	COD <sub>Cr</sub> BOD SS T-N T-P	2 canales de drenaje <u>Frecuencia:</u> 4 veces/año	COD <sub>Cr</sub> BOD SS T-N T-P	Sedimentos dentro de la Bahía: <u>Frecuencia:</u> 5 puntos × 1 vez/año;	TOC, T-N, T-P
C (Puntos Biológicos)	<u>Dentro de la Bahía:</u> 5 puntos × 3 capas <u>Frecuencia:</u> 4 veces/año	Clorofila Plancton Coliforma	-idem-	Coliforma	-	-	-idem-	Coliforma	-	-
D (Metales pesados y otros)	<u>Dentro de la Bahía:</u> 5 puntos × 1 capa (superficie) <u>Frecuencia:</u> 1 vez/año	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, and HC	3 ríos tributarios × 3 puntos/ríos <u>Frecuencia:</u> 1 vez/año	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, y HC	-idem-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, HC y otros.	2 canales de drenaje <u>Frecuencia:</u> 1 vez/año	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, HC y otros.	-idem-	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, HC
Tasa de flujo	-	-	<u>Puntos:</u> bocas de 3 ríos tributarios, <u>Frecuencia:</u> 2 veces/año (análisis 24 horas)	-	<u>Punto:</u> desague de cada fabrica, <u>Frecuencia:</u> ocasionalmente (análisis 24 horas)	-	Desague de cada PTAR: 1 vez/día; Agua Dulce y Matadero: 2 veces/año (24 horas)	-	-	-
Costo,US\$/año	20,400	-	23,800	-	3,400	-	1,800	-	900	-

\*: Composite sample (for sea water, sediment of the Bay: 2-3 times; for water quality of tributary rivers, factories and drainage channels: 4-6 times) is recommended.

## CAPÍTULO 11

### BASES PARA EL DISEÑO Y LA PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

#### 11.1 AÑO META PARA LA PLANIFICACIÓN

Con el fin de realizar la planificación maestra para el mejoramiento de un sistema de alcantarillado económicamente viable se prevén y por lo general se definen en etapas sucesivas los elementos de trabajo necesarios para satisfacer las necesidades actuales y futuras del Área de Estudio hasta el año 2020.

Por tanto, el Plan Maestro ha de ser compatible con las proyecciones sensatas acerca del incremento de la población, los programas de desarrollo, el consumo de agua, el crecimiento de los ingresos, y otros factores socio-económicos tanto locales como nacionales que influyan en el futuro del Área de Estudio. Se tomó el 2001 como el año base para las proyecciones futuras de la estructura de la planificación pues casi todos los datos disponibles durante la fase de estudio del Plan Maestro son de tal año, salvo algunas excepciones.

#### 11.2 ÁREA DE PLANIFICACIÓN DEL ALCANTARILLADO

En la Tabla 11.1 se resume el área de planificación del alcantarillado que abarca un total de 6,500 ha aproximadamente, con 5,700 ha dentro de los límites de la cuenca de la Bahía de La Habana y 800 ha fuera de la cuenca, tal y como se ilustra en la Figura 11.1. El área de 100 ha cubierta por otro alcantarillado y el área cubierta por instalaciones sanitarias in situ o fábricas se excluyen del Estudio. El área de planificación del alcantarillado se seleccionó para abarcar todas las zonas factibles de colección de aguas residuales coherentes con la topografía, las probables concentraciones y distribuciones futuras de población y las urbanizaciones futuras.

Tabla 11.1 Área de planificación del alcantarillado (Año: 2020)

Aspecto	Área	Observaciones
<b>1. Área de planificación del alcantarillado en este Estudio</b>	<b>6,432.2 ha</b>	
Dentro de la cuenca de la Bahía de La Habana	5,665.3 ha	
Fuera de la cuenca	766.9 ha	
Total	6,432.2 ha	
<b>2. Área de planificación del alcantarillado servido por otros proyectos</b>	<b>97.1 ha</b>	
<b>5. Tratamiento in situ</b>	<b>1,086.6 ha</b>	
Saneamiento	851.0 ha	
Fábricas	235.6 ha	
Total	1,086.6 ha	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

#### 11.3 POBLACIÓN

##### 11.3.1 POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Se prevé una ligera reducción de la población en la Ciudad de La Habana como se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 11.2 Población en la Ciudad de La Habana**

<b>Año</b>	<b>1996</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>
<b>Población</b>	<b>*2204,333</b>	<b>2,185,076</b>	<b>2,168,404</b>	<b>2,151,562</b>	<b>2,135,747</b>	<b>2,110,256</b>

Nota: \* Datos del censo

Fuente: "PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN A NIVEL NACIONAL Y PROVINCIAL, Período 2000-2025", OFICINA NACIONAL DE ESTADÍSTICAS CENTRO DE ESTUDIOS DE POBLACIÓN Y DESARROLLO"

Como no se dispone de una proyección de la población futura de los municipios que componen la Ciudad de La Habana, se proyecta la población futura relacionada con la cuenca de la Bahía de La Habana tomando en consideración las tendencias de población recientes, el uso actual y futuro de la tierra y las tendencias futuras de la economía. La Tabla 11.3 muestra la población proyectada: la población total de los diez municipios se incrementará. La población de la periferia aumentará mientras que la población del centro disminuirá o se mantendrá estable al nivel actual.

**Tabla 11.3 Población de los diez municipios relacionados con la cuenca de la Bahía de La Habana**

<b>Municipios dentro de la cuenca de la Bahía de La Habana</b>	<b>* 1996</b>	<b>2001</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>
Plaza de la revolucion	172,064	172,045	172,500	173,000	173,500	<b>174,000</b>
Centro habana	165,058	150,877	149,200	147,100	145,100	<b>143,000</b>
Habana vieja	102,831	94,966	94,300	93,600	92,800	<b>92,000</b>
Regla	42,032	42,390	43,400	44,600	45,800	<b>47,000</b>
La habana del este	180,308	185,468	197,600	212,700	227,900	<b>243,000</b>
Guanabacoa	106,015	106,374	110,700	116,100	121,600	<b>127,000</b>
San miguel del padron	155,436	154,323	159,500	166,000	172,500	<b>179,000</b>
Diez de octubre	240,713	229,626	228,900	227,900	227,000	<b>226,000</b>
Cerro	138,506	135,261	136,300	137,500	138,800	<b>140,000</b>
Arroyo naranjo	195,954	199,720	204,800	211,200	217,600	<b>224,000</b>
<b>Total</b>	<b>1,498,917</b>	<b>1,471,050</b>	<b>1,497,200</b>	<b>1,529,700</b>	<b>1,562,600</b>	<b>1,595,000</b>

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

La población dentro de la cuenca se fija en 800,000 en el 2020, la misma cantidad que en 1996. Se estimó la población de cada municipio dentro de la cuenca a partir de los datos del censo y de otros datos e informaciones detalladas. La proporción entre la población de la cuenca y la población total se emplea para estimar la población futura de cada municipio dentro de la cuenca en el 2020. En la Tabla 11.4 se resume la distribución de la población dentro de la cuenca. Estas cifras de población se usarán para las bases de planificación del alcantarillado.

**Tabla 11.4 Proyección de la población en la cuenca de la Bahía de La Habana**

Municipios dentro de la cuenca	* 1996	2001	2005	2010	2015	2020
Plaza de la revolucion	9,395	9,400	9,400	9,400	9,500	<b>9,500</b>
Centro habana	86,106	78,700	77,800	76,800	75,700	<b>74,600</b>
Habana vieja	105,178	95,000	94,400	93,600	92,800	<b>92,000</b>
Regla	41,798	42,200	43,100	44,300	45,500	<b>46,700</b>
La habana del este	15,025	15,500	16,500	17,700	19,000	<b>20,200</b>
Guanabacoa	24,354	24,400	25,400	26,700	27,900	<b>29,200</b>
San miguel del padron	145,880	144,800	149,700	155,900	162,000	<b>168,200</b>
Diez de octubre	239,768	228,700	228,000	227,100	226,200	<b>225,300</b>
Cerro	97,507	95,200	96,000	96,900	97,900	<b>98,800</b>
Arroyo naranjo	31,087	31,700	32,500	33,500	34,500	<b>35,500</b>
<b>Total</b>	<b>796,098</b>	<b>765,600</b>	<b>772,800</b>	<b>781,900</b>	<b>791,000</b>	<b>800,000</b>

\*:Estudio de Diagnostico sobre Asentamiento Humano en la Cuenca Bahia dela Habana

Fuente : Equipo de Estudio de JICA

### 11.3.2 POBLACIÓN DE SERVICIO DE ALCANTARILLADO

La Tabla 11.5 resume la población de servicio de alcantarillado, o población meta para ser cubierta por el sistema de alcantarillado público.

**Tabla 11.5 Población de servicio de alcantarillado (Año: 2020)**

Aspecto	Población	Observaciones
1. Población en la Ciudad de La Habana	2,110,256	
2. Población dentro del Área de Estudio (Cuenca de la Bahía de La Habana)	800,000	
<b>3. Población de servicio de alcantarillado en este Estudio</b>	<b>884,700</b>	
<b>Dentro de la cuenca</b>	<b>725,600</b>	
<b>Fuera de la cuenca</b>	<b>159,100</b>	
Total	884,700	
4. Población con otros sistemas de alcantarillado	19,900	
5. Población servida mediante tratamiento in situ	54,500	
Saneamiento	54,500	
Fábricas	0	
Total	54,500	

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

## 11.4 GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

### 11.4.1 GENERALIDADES

Las aguas residuales se clasifican en las cuatro categorías siguientes a partir de las condiciones de abasto de agua. La generación de cada categoría de agua residual se estima como sigue:

- 1) Aguas residuales domésticas = Tasa de consumo de agua por persona X Tasa de generación de aguas residuales X Población

- 2) Fuente pequeña de contaminación de aguas residuales industriales, institucionales y comerciales = Tasa de consumo de agua por persona X Tasa de generación de aguas residuales X Población
- 3) Fuente grande de contaminación de aguas residuales institucionales y comerciales = Datos del consumo de agua X Tasa de generación de aguas residuales
- 4) Fuente grande de contaminación de aguas industriales = Datos del consumo de agua X Tasa de generación de aguas residuales

En la sección siguiente se calcula la generación actual de aguas residuales (año 2001) y la generación para el año meta 2020.

La generación actual de aguas residuales se calculó a partir del estimado de consumo de agua y de generación de aguas residuales para 1996 basado en el estudio del alcantarillado y del suministro de agua “Estudio Sobre Los Ciclos del Agua en la Habana, Tomo II, Primera Parte, 1997”, y se ajustó al crecimiento económico entre 1995 y el 2001.

La generación de aguas residuales para el 2020 se calcula a partir de la Norma Cubana de consumo de agua y de los datos reales sobre consumo de agua existentes para grandes consumidores y se ajusta al crecimiento económico hasta el 2020.

A continuación se proporcionan más detalles acerca de la forma de calcular la generación de aguas residuales.

#### **11.4.2 CONSUMO DE AGUA POR PERSONA**

##### **(1) Consumo actual de agua**

###### **1) Aguas domésticas**

A partir del estudio sobre el alcantarillado y el suministro de agua “Estudio Sobre Los Ciclos del Agua en la Habana, Tomo II, Primera Parte, 1997”, se estimó el consumo promedio de agua doméstica por persona en 1996 de los municipios dentro de la cuenca de la Bahía de La Habana en alrededor de 178 lpcd (consumidor medrado: 160 lpcd y consumidor no medrado: 190 lpcd).

###### **2) Agua industrial, institucional y comercial para pequeños consumidores**

De acuerdo con el estudio, el consumo promedio de agua por persona de los pequeños consumidores (menos de 50m<sup>3</sup>/día) se estimó en 50 lpcd en 1996.

###### **3) Agua industrial, institucional y comercial para grandes consumidores**

El consumo promedio por persona de los grandes consumidores (más de 50m<sup>3</sup>/día) se estimó en 49 lpcd.

##### **(2) Consumo de agua en el futuro**

A partir de las Normas Cubanas (Norma 53-91, 1983) para la planificación y el diseño del Sistema de Abasto de Agua, se fija el consumo de agua en el año meta con el fin de estimar la tasa de generación de aguas residuales en el futuro. En la Tabla 11.6 se muestran las necesidades de agua según la Norma Cubana.

**Tabla 11.6 Necesidades de agua por categoría**

Población	Necesidades de agua (lpcd)				
	Domésticas	Comerciales	Públicas	Industrias(pequeñas)	Total
Menos de 2,000	145	87	44	15	291
2,000 a 10,000	160	96	48	16	320
10,000 a 25,000	175	105	51	18	349
25,000 a 50,000	190	112	57	19	378
50,000 a 100,000	200	116	59	20	395
100,000 a 250,000	215	125	62	22	424
250,000 a 500,000	220	132	66	23	441
Más de 500,000	225	135	68	23	451

Nota: Todas las cifras incluían una pérdida de agua de entre un 15 y un 20% en el sistema de distribución.

### 11.4.3 GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR PERSONA

#### (1) Generación actual de aguas residuales por persona

A partir de los datos sobre el consumo de agua del estudio de 1995 se determinó la tasa de generación por persona en la actualidad (2001) como se muestra en la Tabla 11.7.

**Tabla 11.7 Generación actual de aguas residuales por persona**

Aspecto	Unidad	Datos de 1995	Actual (2001)	Observaciones Estudio del INRH*
1. Consumo de agua doméstica por persona (valor neto)	lpcd	178	(187)	178 lpcd
2. Consumo de agua no doméstica por pequeños consumidores (valor neto)	lpcd	50	(120)	50 lpcd
3. Generación de agua residual doméstica por persona	lpcd	160	<b>168</b>	---
4. Generación de agua residual no doméstica por pequeños consumidores	lpcd	50	<b>110</b>	---
5. Generación de agua residual por persona en 1996, con la excepción de grandes consumidores (3+4)	lpcd	210	---	---
6. Generación total de agua residual por persona, incluyendo los grandes consumidores, en 1996	lpcd	---	---	288 lpcd (270 lpcd, sin I/I)

Nota: \* fuente: "Análisis Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Principal de Ciudad de La Habana, 1996"

#### 1) Agua residual doméstica

La tasa de generación de agua residual doméstica por persona puede calcularse a partir de la tasa de consumo de agua por persona. La tasa de generación de agua residual por persona generalmente oscila entre 0.7 y 1.0, toda vez que una parte del agua suministrada se emplea para

regar, lavar autos, etc.

Cuando la tasa de generación se asume entre 0.8 y 0.9, la tasa de generación de agua residual doméstica por persona se calcula multiplicando el consumo de agua actual por persona de 187 lpcd (ver Tabla 11.8) con la proporción:  $187 \text{ lpcd} \times (0.8 \text{ to } 0.9) = 150 \text{ a } 168 \text{ lpcd}$ .

## 2) Agua residual no doméstica

A partir de los datos más recientes sobre el consumo de agua, la tasa de generación de aguas residuales per capita para pequeños consumidores se estima entre 100 y 120 lpcd. Asumiendo que casi toda el agua usada se descargará en el alcantarillado, es decir, aplicando la tasa de generación de agua residual de entre 0.9 y 1.0, la tasa actual per cápita no doméstica para pequeños consumidores es de 110 lpcd aproximadamente  $(= (100 \text{ a } 120) \times (0.9 \text{ a } 1.0) = 90 \text{ a } 110 \text{ lpcd})$ .

La generación de aguas residuales por los grandes consumidores de agua se calcula a partir de los registros relativos al consumo de agua de 1995, 2000 y 2002 para cada consumidor.

### (2) Generación de agua residual por persona en el futuro

La Tabla 11.8 resume las futuras tasas de generación de agua residual por persona, las cuales aparecen por categoría con fines de planificación a partir de la Norma Cubana relativa a las necesidades de agua asumiendo una tasa de generación de 0.9.

**Tabla 11.8 Generación de agua residual por persona en el futuro**

Aspecto	Unidad	Doméstica	Comercial	Pública	Pequeñas industrias
Consumo de agua por persona (Norma Cubana)	lpcd	220	132	66	23
Agua usada no descargada en el alcantarillado	lpcd	-	-	20	-
Pérdida contemplada en la norma	%	15			
Consumo de agua neto por persona	lpcd	187	112	39	20
			171		
Tasa de generación de agua residual	%	90			
<b>Tasa de generación neta de agua residual</b>	lpcd	168.3 <b>=&gt; 168</b>	153.9 <b>=&gt; 154</b>		

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

#### 11.4.4 GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

En la Tabla 11.9 aparece un resumen de la generación de aguas residuales.

**Tabla 11.9 Resumen de la generación de aguas residuales**

Aspecto	Población		Generación de agua residual (m <sup>3</sup> /d)	
	2001	2020	2001	2020
<b>1. Dentro del Área de Estudio (Cuenca de la bahía)</b>	<b>765,800</b>	<b>800,000</b>	<b>240,300</b>	<b>256,900</b>
<b>2. Total en el Estudio</b>	<b>862,600</b>	<b>884,700</b>	<b>268,600</b>	<b>315,900</b>
2.1 Generación de agua residual doméstica	-	-	145,000	148,600
2.2 Generación de agua residual no doméstica por pequeños consumidores	-	-	94,900	136,300
2.3 Generación de agua residual no doméstica por grandes consumidores	-	-	28,800	31,000
<b>3. Total del alcantarillado dentro de la cuenca</b>	<b>703,500</b>	<b>725,600</b>	<b>216,500</b>	<b>256,800</b>
3.1 Generación de agua residual doméstica	-	-	118,200	121,900
3.2 Generación de agua residual no doméstica por pequeños consumidores	-	-	77,400	111,700
3.3 Generación de agua residual no doméstica por grandes consumidores	-	-	20,900	23,200
<b>4. Total del alcantarillado fuera de la cuenca</b>	<b>159,100</b>	<b>159,100</b>	<b>52,100</b>	<b>59,100</b>
4.1 Generación de agua residual doméstica	-	-	26,700	26,700
4.2 Generación de agua residual no doméstica por pequeños consumidores	-	-	17,500	24,500
4.3 Generación de agua residual no doméstica por grandes consumidores	-	-	7,900	7,900
<b>5. Otros sistemas de alcantarillado</b>	<b>14,900</b>	<b>19,900</b>	<b>4,200</b>	<b>6,400</b>
<b>6. Tratamiento in situ</b>	<b>47,400</b>	<b>54,500</b>	<b>13,200</b>	<b>24,000</b>
Saneamiento	47,400	54,500	13,200	17,600
Fábricas	0	0	6,400	6,400

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

#### 11.4.5 CARGA CONTAMINANTE DE DISEÑO

##### (1) Agua residual doméstica

Para la planificación del alcantarillado se emplean las siguientes cargas de contaminación por persona para calcular los contaminantes de origen doméstico. La carga de DBO se establece a partir de la información de Cuba como se analiza en el Capítulo 4, mientras que la de SS, N-T y F-T se establece a partir de las concentraciones típicas de agua residual doméstica que se

encuentran en la literatura.

**Tabla 11.10 Carga de contaminantes por persona**

Carga de contaminantes por persona	- 40 g DBO <sub>5</sub> /persona/d
	- 40 g SS* /capita/d
	- 7.4 g N-T/persona/d
	- 1.9 g F-T/persona/d

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**(2) Agua residual no doméstica generada por pequeños usuarios**

Se establece la carga contaminante de agua residual de origen no doméstico descargada por pequeños usuarios asumiendo los siguientes presupuestos:

- la calidad del agua es similar al componente de aguas grises del agua residual doméstica
- la proporción entre la carga contaminante generada por el uso del baño (excrementos) y el agua gris (albañal) se asume a partir de la información en la literatura de la manera siguiente:

**Tabla 11.11 Carga contaminante por persona en el agua de baño y en el agua gris**

Carga (g/persona/d)	DBO <sub>5</sub>	SS	N-T	P-T
- baño	18	18	5.2	1.3
- agua gris	22	22	2.2	0.6

Nota: Para el N-T y el F-T su proporción en el baño y en el agua gris es de 70%:30%.

**(4) Agua residual no doméstica generada por grandes usuarios**

El agua residual de origen no doméstico descargada por grandes consumidores (comerciales, institucionales e industriales) se calcula en las condiciones siguientes:

- el estudio de la calidad del agua indicó que la calidad del efluente excedía los valores aceptables para la descarga al alcantarillado público, en particular las industrias procesadoras de alimentos.
- Para las industrias procesadoras de alimentos la calidad futura del efluente para su descarga en el alcantarillado público se fija al nivel de la concentración máxima aceptable para la descarga al alcantarillado público (300 mg/L DBO<sub>5</sub>, 300 mg/L SS, 50 mg/L N-T y 10 mg/L F-T)
- La calidad promedio del efluente de las industrias eléctricas y de maquinarias se establece a 100 mg/L DBO<sub>5</sub>, 100 mg/L SS, 15 mg/L N-T y 5 mg/L F-T
- La proporción de volumen aproximada entre las industrias procesadoras de alimentos y las industrias eléctricas y de maquinarias es de 70 % : 30%

## 11.5 CAUDAL DE ENTRADA/INFILTRACIÓN

Como consecuencia de las juntas defectuosas de los colectores, las tuberías y los registros rotos o rajados, y la conexión incorrecta de los tubos del drenaje pluvial a los colectores del alcantarillado, se produce una cantidad importante de infiltración y entrada de agua de superficie en los colectores. La entrada y la infiltración promedios (E/I) en los colectores oscila por lo general entre un 10 y un 15 porciento de los flujos de aguas residuales durante la estación

seca.

Las condiciones geográficas prevalecientes en la región de La Habana y las prácticas de instalación de los colectores a relativamente poca profundidad sugieren que la infiltración de aguas subterráneas parece provenir de zonas más bien bajas.

El informe anterior acerca del diseño y la planificación del sistema de alcantarillado existente “Análisis Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Principal de Ciudad de La Habana, 1996”, estimó la tasa de E/I en  $5\text{m}^3/\text{ha}/\text{día}$  para el Colector Norte y Sur, y en  $3\text{m}^3/\text{ha}/\text{día}$  para los otros colectores. Se calculó asimismo la tasa de E/I por persona, a saber, 19.4 lpcd.

A la luz de tales condiciones, se considera una suposición razonable la tasa fija de E/I de 20 a 40 lpcd, la cual será agregada a todas las condiciones de flujo de las aguas residuales.

## **11.6 NIVEL DE TRATAMIENTO NECESARIO PARA LAS AGUAS RESIDUALES**

### **11.6.1 INTRODUCCIÓN**

En la planificación del sistema de alcantarillado, el nivel de tratamiento de las aguas residuales se determina a partir de los objetivos en cuanto a la calidad del agua de los acuíferos receptores. Tales objetivos dependen del uso que tengan dichos acuíferos, a saber, para la navegación, como fuente de agua de enfriamiento para las industrias, para la pesca, etc. Con el propósito de lograr y mantener los objetivos en cuanto a la calidad del agua, se establecen normas de calidad del agua para los acuíferos o normas para la descarga en los acuíferos. En algunos casos se establecen ambos tipos de normas.

En el caso del nuevo sistema de alcantarillado en la cuenca de la Bahía de La Habana, el efluente de las aguas residuales puede verterse lo mismo dentro de la cuenca a través de los ríos que directamente al mar a través de un emisario submarino.

Para la descarga dentro de la cuenca los acuíferos receptores son los ríos y la bahía. Para los ríos la NC-27 (1999) “Normas para la descarga en aguas interiores de superficie” establece las normas para la descarga. Los ríos Luyanó y Martín Pérez entran dentro de la categoría de ríos Tipo B para uso en la agricultura. Para la Bahía de La Habana, como se analizó en el Capítulo 10, uno de los objetivos en cuanto a la calidad del agua es alcanzar los 3 mg/L de OD correspondiente a un acuífero Clase E. Con la realización de simulaciones de la calidad del agua para diferentes variantes de desarrollo del sistema de alcantarillado se determina el nivel de tratamiento requerido para lograr los objetivos relacionados con el mejoramiento de la calidad del agua. El nivel de tratamiento que se adopte ha de satisfacer las normas para las descargas en los ríos así como el objetivo trazado respecto de la calidad del agua de la bahía.

Para la descarga en el mar han de cumplirse con las normas para el efluente establecidas en virtud del Protocolo de fuentes terrestres derivado de la Convención de Cartagena para proteger el medio ambiente del Gran Caribe.

### **11.6.2 NIVEL DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES NECESARIO PARA LA DESCARGA EN LA BAHÍA**

Para determinar el nivel de tratamiento de las aguas residuales se realizó una simulación de la calidad del agua para varias alternativas de reducción de la contaminación. Entre las alternativas se incluyen el tratamiento primario, el secundario y el tratamiento avanzado de la carga de contaminación generada dentro de la zona cubierta por el sistema de alcantarillado, así como otras medidas entre las que se encuentran la reducción de la contaminación del efluente de las aguas residuales generadas por la refinería, la disminución de la carga de sedimentos internos, etc. En el Apéndice 7 “Desarrollo del modelo de simulación de la calidad del agua de la Bahía

de La Habana” se describen las condiciones básicas empleadas para calcular la carga de contaminación para las diferentes situaciones, los resultados de la simulación de la calidad del agua y las conclusiones. La descripción relativa a la determinación del nivel de tratamiento de las aguas residuales aparece a continuación.

**(1) Condiciones básicas de la proyección de la calidad del agua**

De las varias situaciones estudiadas, las siguientes son pertinentes para la descarga en la bahía.

- Caso 2 - Futuro (2020) con la implementación únicamente de los proyectos del GEF/UNDP (Zona 4 and Zona 6)
- Caso 4 - Tratamiento secundario en el nuevo sistema de alcantarillado y eliminación de las interconexiones en el sistema de alcantarillado existente
- Caso 5 - Tratamiento primario en el nuevo sistema de alcantarillado y eliminación de las interconexiones en el sistema de alcantarillado existente
- Caso 6 - Tratamiento avanzado en el nuevo sistema de alcantarillado y eliminación de las interconexiones en el sistema de alcantarillado existente

El Caso 2 representa la condición futura en el año 2020 con la terminación de los proyectos en ejecución del GEF/UNDP para la Zona 4 y la Zona 6 y sin la implementación de ningún otro proyecto. En este caso la reducción de la carga contaminante será para el Dren Agua Dulce que se desviarán y tratarán junto con las aguas residuales de origen industrial cerca de la desembocadura del río Luyanó, y para parte de las zonas en Luyanó-Abajo (Zona 6).

En el caso 4 se considera el empleo del tratamiento secundario para las aguas residuales en todos los distritos de alcantarillado de los ríos Luyanó, Martín Pérez y Arroyo Tadeo, y la eliminación de la carga de contaminación descargada a través de los canales de drenaje pluvial generada en el sistema de alcantarillado existente mediante la solución de las interconexiones. El Caso 4 demuestra lo que puede alcanzarse con el nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto en términos de reducción de la carga de contaminación orgánica.

En el Caso 5 el nivel de tratamiento de las aguas residuales en el nuevo sistema de alcantarillado será el primario en vez del secundario como en el Caso 4. Por tanto, la reducción de la carga de contaminación orgánica será inferior a la alcanzada en el Caso 4.

En el Caso 6 se considera el efecto de la remoción mejorada de nutrientes a través del tratamiento avanzado de las aguas residuales generadas en el nuevo sistema de alcantarillado.

**(2) Descarga estimada de la contaminación en la Bahía**

A partir de las condiciones descritas en la sección precedente, se hicieron estimados de la descarga de la contaminación para las diferentes situaciones. Los supuestos que se enumeran a continuación resultan necesarios para tal estimación.

1. Las aguas residuales industriales y domésticas constituyen aproximadamente el 25% del caudal de los ríos Luyanó y Martín Pérez, de acuerdo con un análisis hecho por CIMAB y DPAA en 1998. En el caso del Arroyo Tadeo que es un riachuelo urbano, la proporción se supone sea de 90% debido a su cuenca de captación extremadamente pequeña (2.6 km) y a su naturaleza urbana. El caudal originado por procesos naturales se distinguió de la aportación de aguas residuales de origen doméstico e industrial. Se asume que la calidad del agua del río a causa de procesos naturales son los valores medidos en este Estudio en los puntos de muestreo en las partes más altas. El caudal del río y su calidad o carga se estimaron considerando por separado la porción natural del río y la porción aportada por las aguas residuales. La Tabla 11.12 muestra la calidad del río asumida.

**Tabla 11.12 Calidad del río aguas arriba**

Parámetro	Río Luyanó	Río Martín Pérez	Arroyo Tadeo
Caudal (excluyendo el agua residual), m <sup>3</sup> /d	86,120	46,590	800
DBO, mg/L	6	3	13
N-T, mg/L	0.6	3.5	7.8
F-T, mg/L	0.09	0.2	1.2
SS, mg/L	18	62	58
OD, mg/L	7	7	1

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

2. Para los casos donde sólo se implementen los proyectos del GEF/PNUD, se prevé que la carga de agua residual generada sufra cierta degradación antes de llegar a la bahía. Para explicar esta degradación, la carga generada se multiplica por un factor definido como proporción de escurrimiento y que no es sino la proporción entre la carga descargada y la carga generada. Se asume un valor del 90% para la proporción de escurrimiento en cada distrito de alcantarillado.
3. La eficiencia del tratamiento de las aguas residuales para los distintos niveles de tratamiento se asume como sigue:

**Tabla 11.13 Eficiencia del tratamiento de las aguas residuales (Asumida)**

Parámetro	Tratamiento primario	Tratamiento secundario*	Tratamiento avanzado
DBO <sub>5</sub>	40 %	90 %	95%
SS	50 %	90 %	95%
N-T	15 %	15 %	65%
F-T	15 %	15 %	75%

\* - proceso convencional de lodos activados

4. La eficiencia del tratamiento de las aguas residuales para las plantas de tratamiento de la Zona 4 y de la Zona 6 se basa en los datos de diseño de la planta de tratamiento. Las concentraciones promedios de afluente y efluente son las siguientes:

**Tabla 11.14 Calidad del afluente y del efluente para la PTAR de la Zona 6 (PNUD)**

Parámetro	Afluente	Efluente
DBO <sub>5</sub> , mg/L	90	30
N-T*, mg/L	26	5
F-T, mg/L	10	5

\* Nitrógeno Kjeldahl

**Tabla 11.15 Calidad del afluente y del efluente para la PTAR de la Zona 4 (Italia)**

Parámetro	Afluente	Efluente
DBO <sub>5</sub> , mg/L	109	20
N-T*, mg/L	20**	14**
F-T, mg/L	5**	2.5**

\* Nitrógeno Kjeldahl

\*\* calculado a partir de los datos de diseño disponibles para las cargas de afluente y para el porcentaje de remoción

5. La degradación del efluente tratado entre el punto de descarga en la PTAR y el punto de entrada en la bahía se supone insignificante debido al poco tiempo de traslado entre un lugar y otro (unas pocas horas) y la baja concentración de materia orgánica que queda en el efluente después de su tratamiento secundario para su posterior biodegradación.

En las Tablas 11.16 a 11.19 aparecen los resultados de los cálculos de la descarga de aguas residuales en la Bahía para los Casos 2, 4, 5 y 6.

**Tabla 11.16 Caso 2 - Futuro (2020) con los Proyectos del GEF solamente**

Distrito de alcantarillado	Fuente (Sistema de río)	Caudal	DBO <sub>5</sub>	N-T	F-T	SS
		m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Luyanó-abajo	Luyanó	196,837	13,979	2,102	996	24,429
Luyanó-arriba						
Martín Pérez-abajo	Martín Pérez	84,328	7,035	1,344	307	9,784
Martín Pérez-arriba						
Tadeo	Tadeo	10,635	1,729	307	76	1,754
Existente (Central)						
San Nicolás	San Nicolás	8,554	1,320	145	79	352
Matadero	Matadero	77,760	8,942	610	1,053	22,728
Agua Dulce	Agua Dulce	-	-	-	-	-
Refinería		6,406	21,723	54	1	
<b>Total</b>		<b>384,519</b>	<b>54,728</b>	<b>4,562</b>	<b>2,512</b>	<b>32,226</b>

**Tabla 11.17 Caso 4 : Tratamiento secundario**

Distrito de alcantarillado	Fuente (Sistema de río)	Caudal	DBO <sub>5</sub>	N-T	F-T	SS
		m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Luyanó-abajo	Luyanó	153,637	1,838	1,755	449	2,872
Luyanó-arriba						
Martín Pérez-abajo	Martín Pérez	84,328	906	1,167	263	3,655
Martín Pérez-arriba						
Tadeo	Tadeo	10,635	208	262	65	220
Existente (Central)						
San Nicolás	San Nicolás					
Matadero	Matadero					
Agua Dulce	Agua Dulce					
Refinería		6,406	21,723	54	1	
<b>Total</b>		<b>255,005</b>	<b>24,676</b>	<b>3,238</b>	<b>778</b>	<b>6,746</b>

**Tabla 11.18 Caso 5 : Tratamiento primario**

Distrito de alcantarillado	Fuente (Sistema de río)	Caudal	DBO <sub>5</sub>	N-T	F-T	SS
		m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Luyanó-abajo	Luyanó	153,637	8,446	1,755	449	8,158
Luyanó-arriba						
Martín Pérez-abajo	Martín Pérez	84,328	4,736	1,167	263	6,719
Martín Pérez-arriba						
Tadeo	Tadeo	10,635	1,167	262	65	987
Existente (Central)						
San Nicolás	San Nicolás					
Matadero	Matadero					
Agua Dulce	Agua Dulce					
Refinería		6,406	21,723	54	1	
Total		255,005	36,073	3,238	778	15,864

**Tabla 11.19 Caso 6 : Tratamiento avanzado**

Distrito de alcantarillado	Fuente (Sistema de río)	Caudal	DBO <sub>5</sub>	N-T	F-T	SS
		m <sup>3</sup> /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Luyanó-abajo	Luyanó	153,637	1,178	753	138	2,211
Luyanó-arriba						
Martín Pérez-abajo	Martín Pérez	84,328	523	576	84	3,272
Martín Pérez-arriba						
Tadeo	Tadeo	10,635	113	114	20	124
Existente (Central)						
San Nicolás	San Nicolás					
Matadero	Matadero					
Agua Dulce	Agua Dulce					
Refinería		6,406	21,723	54	1	
Total		255,005	23,536	1,497	243	5,607

### (3) Resultados de la proyección de la calidad del agua

Las Figuras 11.1 a 11.5 muestran la comparación de la distribución simulada de la calidad del agua en la bahía en términos de OD, DBO<sub>d</sub>, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P y Chl-a para los Casos 2, 4, 5 y 6.

#### 1) OD

Puede observarse un mejoramiento significativo del OD entre el Caso 2 y el Caso 4. Los niveles de OD alcanzan los 3 mg/L en la Ensenada de Atarés que es la zona más contaminada de la bahía en términos de contaminación orgánica. Con el Caso 5, o sea, tratamiento primario, los niveles de OD caerán por debajo de 3 mg/L y por tanto serán insuficientes para lograr los objetivos en cuanto a la calidad del agua. El mejoramiento en los niveles de OD en Atarés en el Caso 4 es consecuencia del mejoramiento de los niveles de OD logrado en la Ensenada de

Guasabacoa con el tratamiento secundario toda vez que no habrá cambios en la carga de contaminación vertida en la zona de Atarés que recibe aguas residuales a través de los drenes.

## **2) DBOd**

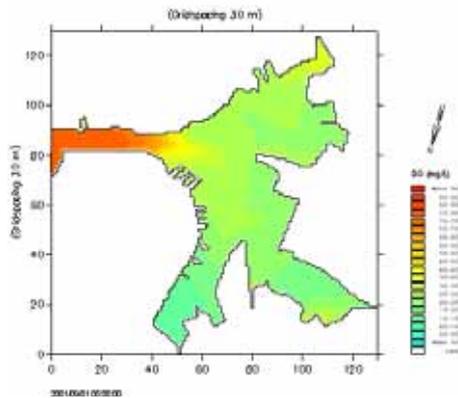
La diferencia en la concentración de DBOd (materia orgánica biodegradable disuelta) en Guasabacoa entre el Caso 4 (tratamiento secundario) y el Caso 5 (tratamiento primario) es debido al nivel de tratamiento. Mientras tanto, no se observa un mejoramiento significativo entre el Caso 4 (tratamiento secundario) y el Caso 6 (tratamiento avanzado).

## **3) NH<sub>4</sub>-N and PO<sub>4</sub>-P**

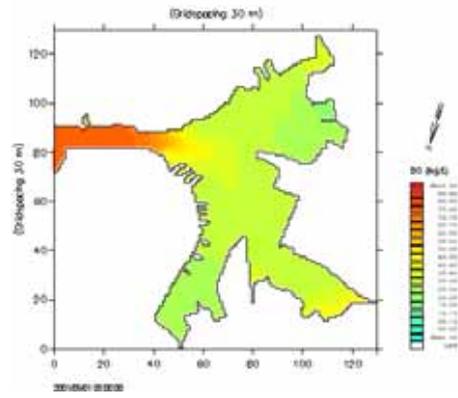
En el caso de los nutrientes, puede observarse un mejoramiento significativo en Guasabacoa en el Caso 6 (tratamiento avanzado) a causa de la remoción de nutrientes.

## **4) Chl-a**

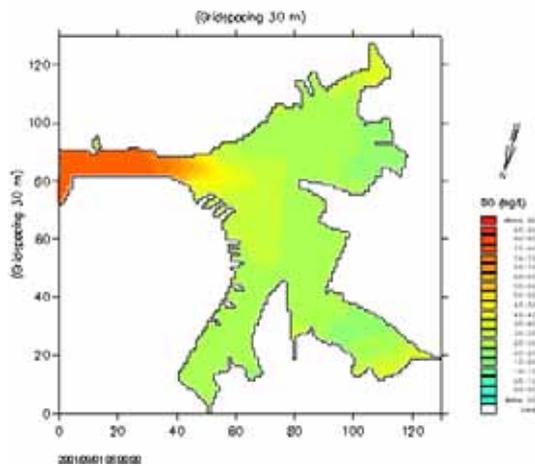
La concentración simulada de Chl-a en el Caso 4 (tratamiento secundario) es aproximadamente 6 µg/L, similar a los niveles observados fuera de la bahía. Con el Caso 6 (tratamiento avanzado) se logra una reducción total de la concentración de Chl-a en toda la bahía.



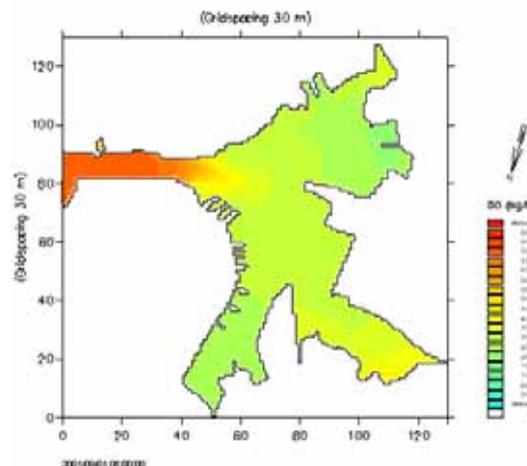
Caso 2 OD



Caso 4 OD



Caso 5 OD

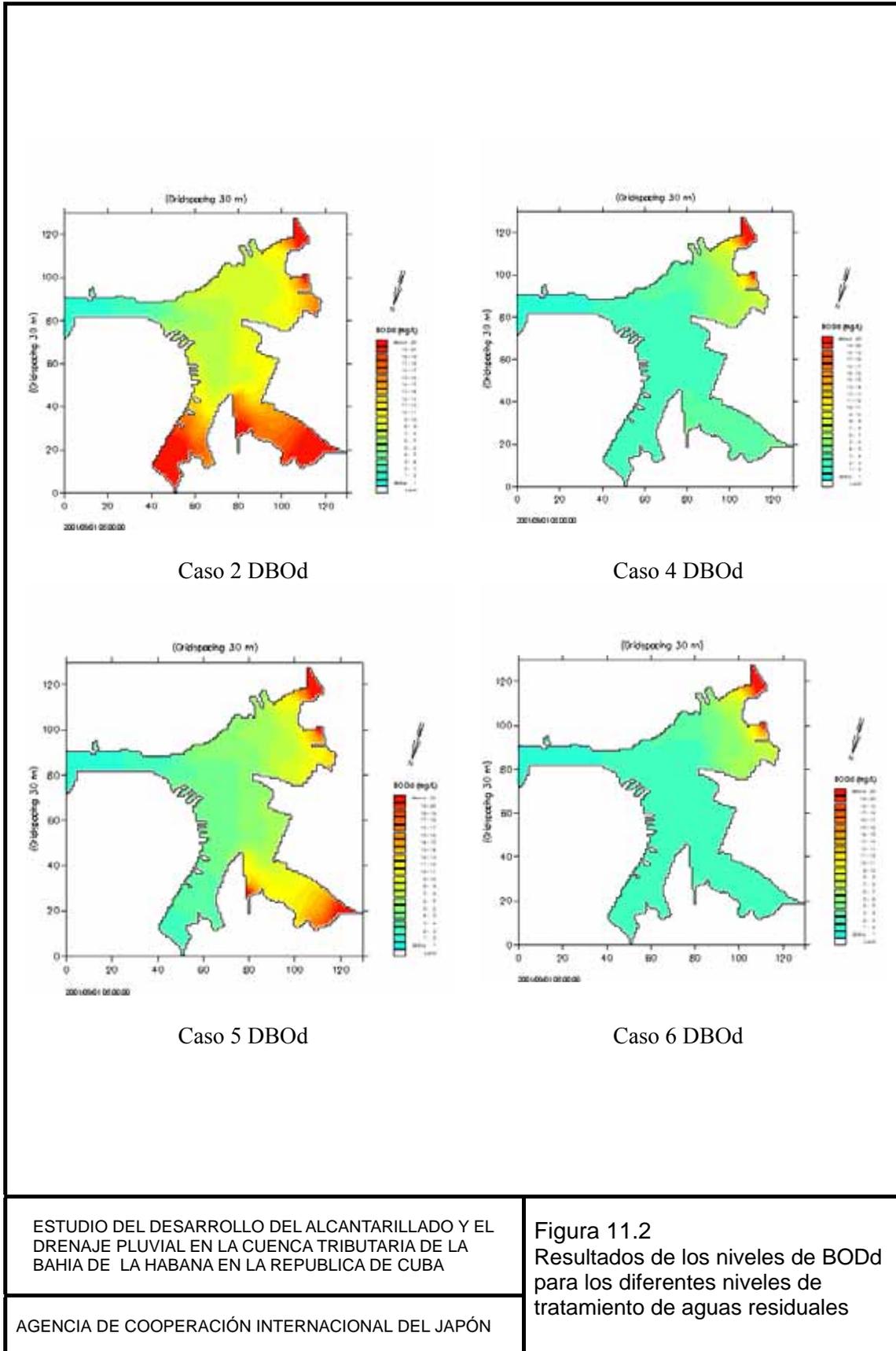


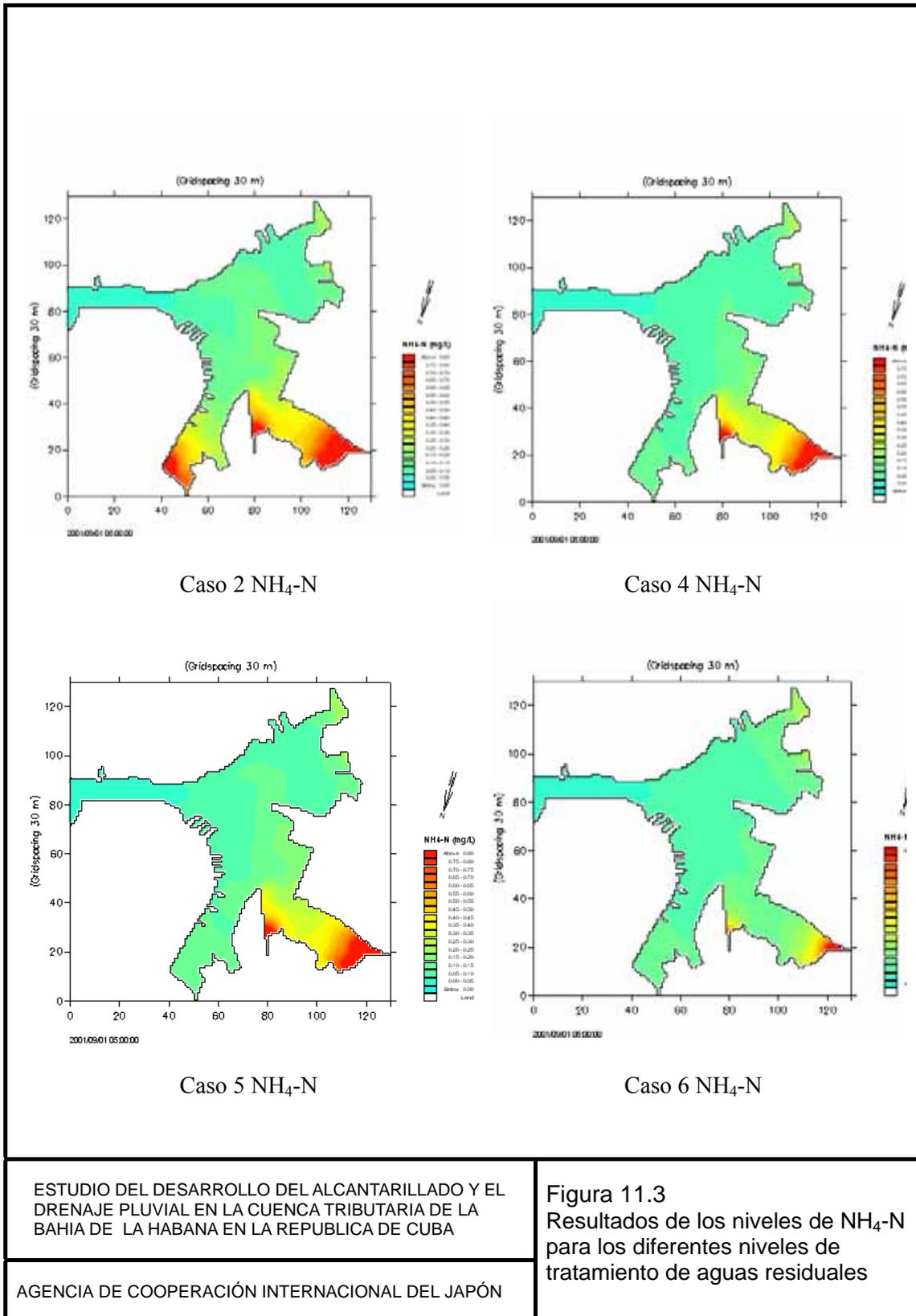
Caso 6 OD

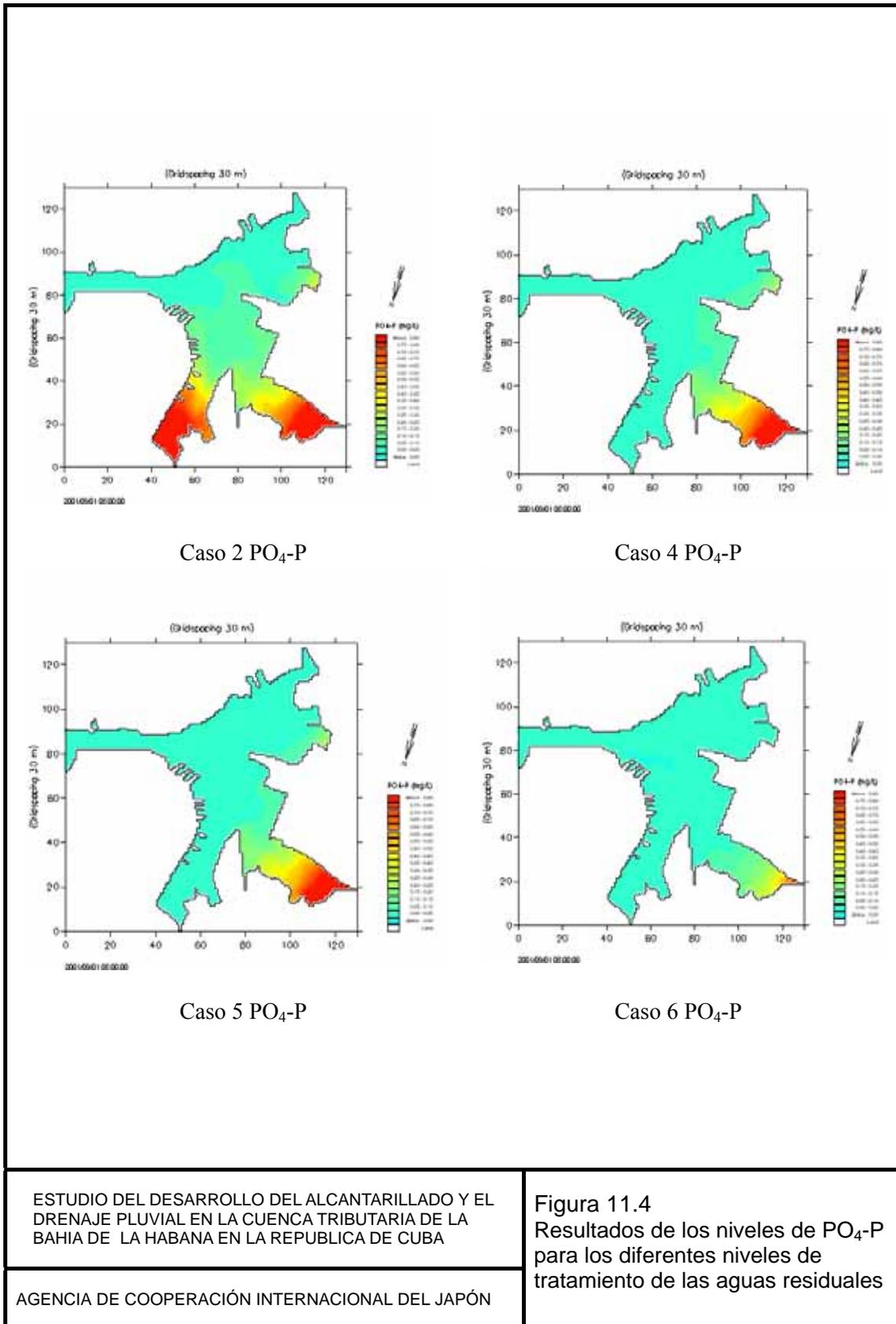
ESTUDIO DEL DESARROLLO DEL ALCANTARILLADO Y EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CUENCA TRIBUTARIA DE LA BAHIA DE LA HABANA EN LA REPUBLICA DE CUBA

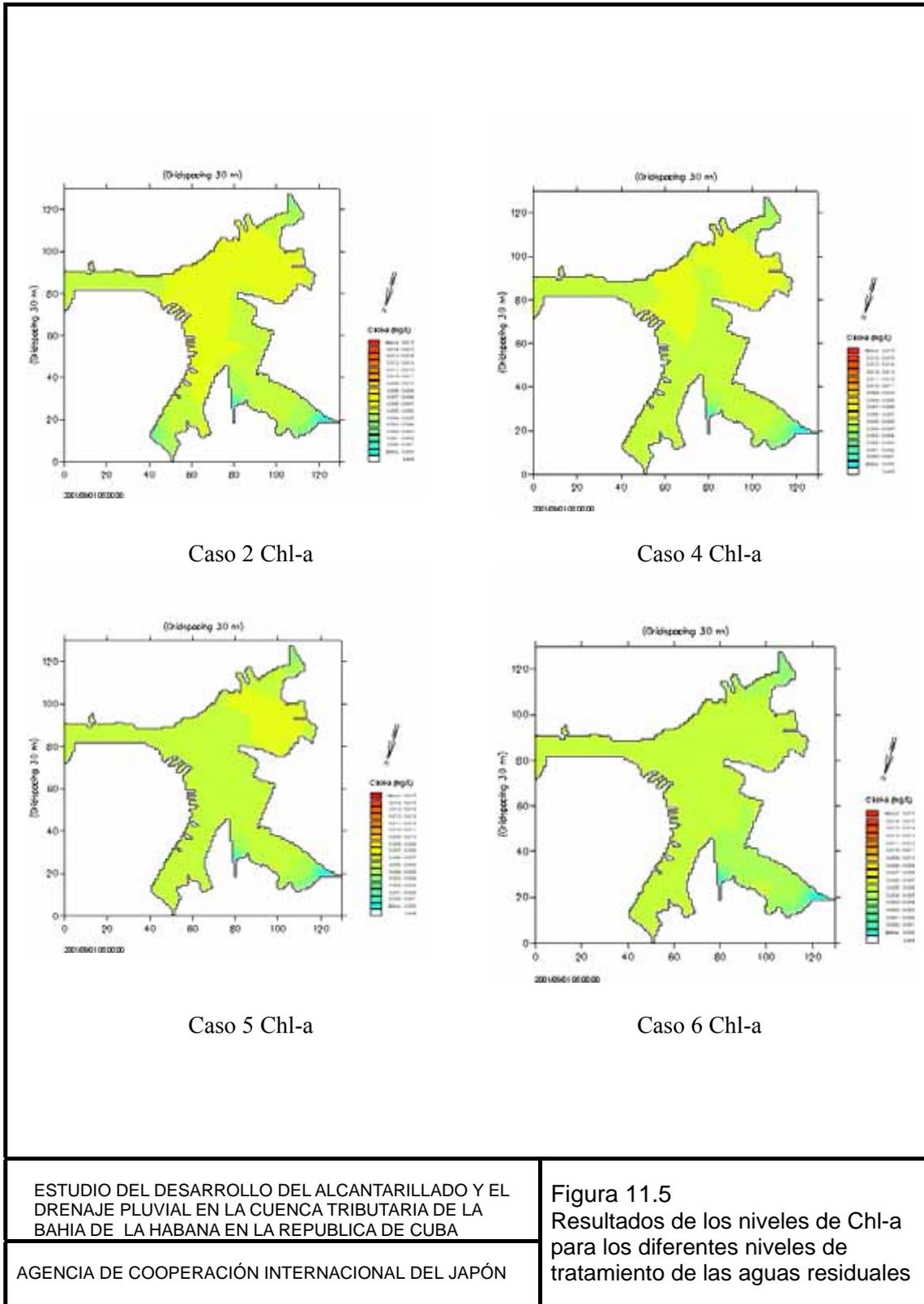
AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN

Figura 11.1  
Resultados de los niveles de OD para los diferentes niveles de tratamiento de las aguas residuales









#### **(4) Nivel de tratamiento de las aguas residuales**

A partir de la comparación de los resultados de la simulación y del objetivo de alcanzar un nivel de OD de al menos 3 mg/ L en la bahía, puede plantearse lo siguiente:

Para lograr un nivel mínimo de OD de 3 mg/L en la Ensenada de Atarés, zona donde tal nivel es el más bajo, resulta necesario disponer de tratamiento secundario para todas las aguas residuales generadas en el nuevo sistema de alcantarillado.

Con el tratamiento secundario para las aguas residuales generadas en el nuevo sistema de alcantarillado, los resultados de la simulación no muestran una tendencia a la eutroficación. A juzgar por las limitaciones de datos disponibles y por su gran dispersión, en particular la de la información sobre la carga N-T y de F-T descargada en la bahía, y de Chl-a que representa el índice de eutroficación, no podría justificarse en esta etapa la adopción del tratamiento avanzado para las aguas residuales.

Se concluye, por tanto, que en el desarrollo del nuevo sistema de alcantarillado se adoptará el tratamiento secundario de aguas residuales para reducir la carga de contaminación orgánica que afecta seriamente las ensenadas de Atarés y Guasabacoa.

Ha de observarse que el nivel de tratamiento necesario para alcanzar el objetivo de 3 mg/L es más riguroso que el requerido para cumplir con las normas para la descarga en Aguas Interiores de Superficie (DBO<sub>5</sub> de 40 mg/L) tomando en consideración la calidad del agua residual cruda (200 mg/L).

#### **11.6.3 NIVEL DE TRATAMIENTO NECESARIO PARA LA DESCARGA EN EL MAR**

En la Tabla 11.20 se muestran las normas de calidad para la descarga del efluente en virtud del Protocolo sobre fuentes terrestres para el sistema de alcantarillado del que se sirve la población de la cuenca de la Bahía de La Habana.

**Tabla 11.20 Normas de calidad del efluente para la descarga en el mar**

Parámetro	Concentración
Total de sólidos suspendidos	150 mg/L
DBO <sub>5</sub>	150 mg/L
pH	5 ~ 10
Grasas y aceite	50 mg/L
Flotables	No visibles

Si se toma en consideración la calidad del agua residual cruda de of 200 mg/L con la eliminación de las interconexiones, el tratamiento primario será suficiente para cumplir con las

normas antes mencionadas.

## **11.7 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

### **11.7.1 SISTEMA DE COLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

En esta sección se resumen los principales criterios para el diseño del sistema de colección de aguas residuales. Los colectores sanitarios se planifican y diseñan sobre la base de los criterios siguientes:

#### **(1) Período de diseño**

Los colectores sanitarios se diseñan para el flujo de diseño en el año 2020.

#### **(2) Factores de diseño**

Con el fin de determinar las capacidades requeridas para los colectores sanitarios han de considerarse los factores siguientes:

- Caudal de agua residual máximo por hora; (la tasa de generación total de aguas residuales) x (Factor M por la Ecuación de Harmond) + Caudal de entrada/Infiltración;
- Caudales máximos adicionales provenientes de grandes consumidores como fábricas;
- Topografía de la zona, cuencas, pendientes de la superficie del terreno, etc.;
- Profundidad de la excavación para la instalación de los colectores, por lo general menos de 6 m, y
- Requisitos de bombeo.

#### **(3) Diámetros y materiales de las tuberías**

En la Tabla 11.21 aparecen los diámetros y materiales de las tuberías empleados para el diseño de los colectores. Los colectores públicos han de ser de no menos de 200 mm de diámetro, con la excepción de las tuberías de conexión a las viviendas.

**Tabla 11.21 Materiales y diámetros de las tuberías empleados en el diseño**

Diámetro externo (mm)	Diámetro interno (mm)	Material
200	176	HDPE
250	216	HDPE
315	271	HDPE
400	343	HDPE
500	427	HDPE
630	535	HDPE
800	678	HDPE
1000	851	HDPE
1200	1030	HDPE
	1200 arriba	Hormigón

Nota: HDPE significa polietileno de alta densidad

**(4) Velocidad del caudal**

Todos los colectores han de diseñarse e instalarse para alcanzar velocidades promedio no inferiores a 0.6 m/seg al fluir al 60 por ciento de profundidad, según la fórmula de Manning. La velocidad no excederá los 3 m/seg en ningún tipo de colector con el fin protegerlos de la erosión. La pendiente de los colectores ha de ser tal que permita el flujo de agua residual a velocidades promedio superiores a 0.6 m/seg cuando el agua residual fluya a toda capacidad.

**(5) Resistencia a la capacidad de diseño**

La resistencia a la capacidad de diseño para los colectores rehabilitados existentes y para los nuevos colectores propuestos se establece tal y como se muestra en la tabla siguiente.

**Tabla 11.22 Resistencia a la capacidad de diseño para los colectores**

Diámetro (mm)			Resistencia a la capacidad		Curvas hidráulicas específicas	
			Resistencia contra la capacidad	Capacidad total contra caudal de diseño máximo por hora	Profundidad del agua en el colector	Proporción entre la profundidad del agua y la profundidad total
200	a	600	100%	2 veces	$H=H_{full} \times$	0.5
700	a	1500	50% a 100%	1.5 a 2 veces	$H=H_{full} \times$	(0.5 a 0.59)
1650	a	3000	25% a 50%	1.25 a 1.5 veces	$H=H_{full} \times$	(0.59 a 0.64)

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

**(6) Fórmulas de diseño**

Se empleará en principio la fórmula de Manning para los colectores por gravedad. Los coeficientes de rugosidad y los valores n se asumen como sigue: 0.016 para la evaluación de la

capacidad actual de los colectores existentes, 0.013 para las nuevas tuberías de hormigón, 0.010 para las tuberías plásticas o para los materiales plásticos empleados en el revestimiento de las paredes interiores de los colectores durante los trabajos de rehabilitación.

Para el colector a presión, por su parte, se emplea la fórmula de Hazen-Williams y el coeficiente de rugosidad, valor C de 110 se establece para las tuberías de hierro dúctil con revestimiento interno de hormigón.

#### **(7) Conexiones de las tuberías**

Cuando se conecta un colector a uno mayor, la elevación de este último ha de reducirse lo suficiente para mantener el mismo gradiente de energía. Un método aproximado para conseguir tales resultados es colocar la corona de ambos colectores a la misma elevación.

### **11.7.2 ESTACIONES DE BOMBEO**

Aunque los colectores están diseñados en principio para conducir las aguas residuales por gravedad, pudiera haber lugares donde la ayuda de una estación de bombeo de elevación puede ser económicamente justificable. En tales casos, pueden diseñarse estaciones de bombeo para aguas residuales. Todos los equipos de bombeo, tuberías y conductos se diseñarán para conducir los caudales máximos previstos.

Para que una gran estación pueda bombear el agua residual de los sub-colectores o los colectores principales, las bombas han de ser del tipo de pozo seco. Se han de adoptar las medidas para sustituir las bombas y los motores en las instalaciones rehabilitadas. Se proporcionará acceso seguro e idóneo a los pozos secos de las estaciones de bombeo y a los pozos sumideros que contengan lo mismo rejas de barras que equipos mecánicos que necesiten inspección o mantenimiento.

Para las estaciones intermedias necesarias para bombear las aguas residuales de los colectores ramales y/o de los sub-colectores, las bombas han de ser del tipo sumergible ubicadas en registro o estructuras similares. Se requiere que las bombas sumergibles puedan ser reemplazadas con facilidad sin necesidad de secar los pozos sumideros y de detener la continuidad de la operación de las otras unidades de bombeo.

### **11.7.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

#### **(1) Proceso de tratamiento de aguas residuales**

Para la selección del método apropiado de tratamiento biológico secundario de las aguas residuales se compararon los cinco métodos siguientes en términos de principio de tratamiento, rendimiento y aplicabilidad a las condiciones locales del Área de Estudio. En las Tablas 11.23 y

11.24 se muestran el principio de tratamiento y los resultados de la comparación respectivamente.

- Proceso convencional de lodos activados (CLA)
- Proceso de zanja de oxidación (ZO)
- Laguna aereada (LA)
- Laguna (L)
- Proceso convencional de filtro percolador (CFP)

De los cinco métodos de tratamiento de aguas residuales, los de Laguna y Laguna aereada son los más fáciles y baratos de operar y mantener pero requieren terrenos de grandes dimensiones para la construcción de las instalaciones. Las dificultades para obtener tales terrenos constituyen obstáculos para la aplicación de dichos métodos en la cuenca de la Bahía de La Habana.

A la luz de la limitada disponibilidad de terrenos en la cuenca, el proceso convencional de lodos activados resulta el método de tratamiento más aplicable, pero requiere de una elevada tecnología y experiencia así como conlleva grandes gastos de construcción, operación y mantenimiento.

Tabla 11.23 Principio de tratamiento de los métodos seleccionados

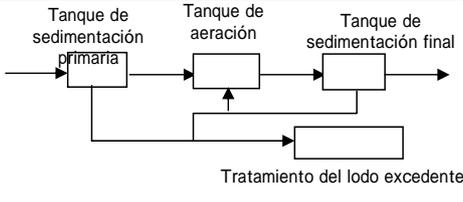
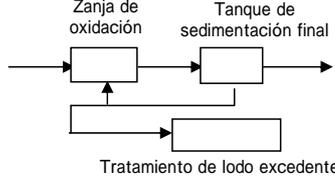
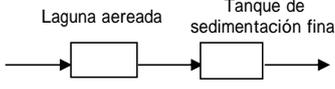
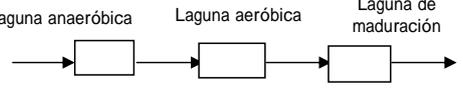
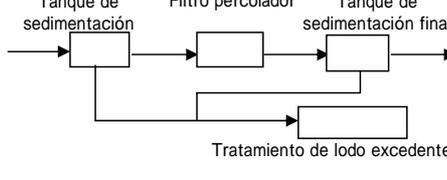
Métodos	Componentes del proceso	Principio del proceso
Proceso convencional de lodos activados		<p>El afluente de las aguas residuales se mezcla con el lodo recirculado del tanque de sedimentación final. Las bacterias aeróbicas (heterótrofos aeróbicos) que crecen en el lodo oxidan y asimilan las materias orgánicas.</p>
Proceso de zanja de oxidación		<p>El afluente de las aguas residuales se mezcla con el lodo activado en la zanja. El lodo activado oxida y asimila las materias orgánicas. El tiempo de retención hidráulica es mayor que en el proceso convencional de lodos activados.</p>
Laguna de Aeración		<p>Las bacterias aeróbicas que crecen en la laguna oxidan y asimilan las materias orgánicas. Las condiciones aeróbicas pueden mantenerse por medio de aereadores mecánicos de superficie.</p>
Laguna		<p>Las bacterias degradan y asimilan las materias orgánicas tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas. Las condiciones aeróbicas se generan por la fotosíntesis de las algas.</p>
Proceso convencional de filtro percolador		<p>Mientras el afluente de las aguas residuales fluye a través de los medios filtrantes, la película biológica o biólino adherido a los medios filtrantes absorbe, oxida y asimila las materias orgánicas. Cuando la película biológica se espesa demasiado se separa de los medios filtrantes. La película biológica separada se asienta en el tanque de sedimentación final para ser tratada en la instalación de lodo excedente.</p>

Tabla 11.24 Comparación de los cinco métodos de tratamiento

Aspecto		Proceso convencional de lodos activados (CLA)	Proceso de zanja de oxidación (ZO)	Laguna aerada (LA)	Laguna (L)	Proceso convencional de filtro percolador (CFP)	Observaciones
Tasa de remoción de nutrientes	DBO ( % )	90(85 - 95)	90(85 - 95)	85 ( 80—95 )	85 ( 80—95 )	85 ( 80 - 90 )	
	SS ( % )	90(85 - 95)	90(85 - 95)			85 ( 80 - 90 )	
Comparación de los costos	Construcción	Muy altos	Superiores a los del CFP	Inferiores a los del CFP	Baratos	Elevados	
	O/M	Muy altos	Superiores a los del CPF	Inferiores a los del CFP	Baratos	Elevados	
Necesidades de terrenos para la comparación		1	2	5	13.3	1.7	
Rendimiento del tratamiento	Contra las variaciones del caudal	Cuando el caudal varíe considerablemente se requieren instalar tanques de ajuste del caudal.	El volumen del tanque de reacción, tiempo de retención hidráulica de alrededor de un día, es suficiente para ajustar las variaciones en el caudal de entrada, pero se incrementarán las cargas al tanque de sedimentación final.	Como el volumen de la laguna es suficiente, así como el tiempo de retención hidráulica de dos a seis días aproximadamente, este proceso resulta eficaz contra las variaciones de caudal.	Como el volumen de la laguna es suficientemente grande, así como el tiempo de retención hidráulica de varias semanas, este proceso resulta muy eficaz contra la variación en el caudal.	La flexibilidad contra las variaciones del caudal depende de las condiciones de crecimiento de la película biológica fija. Cuando se elimina la película fija debido a las variaciones de flujo, se necesitarán operaciones especiales tales como el incremento de la cantidad de filtros.	
	Contra las cargas de contaminación	Igual que arriba.	Debido a la misma razón antes expuesta, este proceso es más eficaz que el proceso CLA.	Debido a la razón antes expuesta, este proceso resulta eficaz contra las variaciones de las cargas.	Debido a la razón antes expuesta, este proceso es eficaz contra las variaciones de las cargas.	Debido a las variedades de bacterias que se forman en el limo, este proceso es eficaz contra las variaciones de las cargas.	
	Características principales del tratamiento	Puede ocurrir abultamientos. Una operación adecuada puede evitar la ocurrencia de abultamientos. La instalación de un tanque anaeróbico antes del tanque de aeración puede constituir también una medida de protección.	Como el licor mezclado se orea durante horas y disminuye la sedimentabilidad del lodo, el sobrenadante se descarga con facilidad del tanque de sedimentación final. Por tanto, las cargas de superficie hacia los tanques de sedimentación habrán de fijarse a valores inferiores a los del proceso CLA.	El rendimiento del rendimiento depende de la capacidad de suministro de oxígeno de los aereadores. La operación y el mantenimiento adecuados del aereador es la clave del rendimiento.	Las condiciones meteorológicas y las especies biológicas dominantes en las lagunas son claves para el rendimiento del tratamiento de las aguas residuales.	El fácil crecimiento de las algas en la superficie de los medios filtrantes interrumpe la alimentación uniforme de las aguas residuales y reduce el rendimiento del tratamiento. La eliminación de las algas de los medios filtrantes es esencial para mantener el rendimiento.	
	Caso en el que empeore la calidad del agua tratada	Cuando empeora la sedimentabilidad del lodo activado, disminuye el rendimiento del tratamiento. En caso de ocurrencia de abultamientos, el rendimiento disminuye hasta sus límites más bajos.	Cuando aumenta la sedimentabilidad del lodo activado, disminuye el rendimiento del tratamiento.	Cuando disminuye la capacidad de suministro de oxígeno de los aereadores de superficie.	En caso de condiciones meteorológicas adversas, como lluvia y bajas temperaturas.	Cuando se separa la película biológica o limo biológico de la superficie de los medios filtrantes.	

Tabla 11.24 (Continuación) Comparación de los cinco métodos de tratamiento

Aspecto		Proceso convencional de lodos activados (CLA)	Proceso de zanja de oxidación (ZO)	Laguna aerada (LA)	Laguna (L)	Proceso convencional de filtro percolador (CFP)	Observaciones
Operación y Mantenimiento	Equipos mecánicos principales	Barredor de lodos en el tanque de sedimentación primaria, soplador, difusor, bombas de lodos, barredor de lodos en el tanque de sedimentación final.  Se necesitan varias clases de equipos.	Aereador, bombas de lodos, barredor de lodos en el tanque de sedimentación final.  Se necesitan menos variedad y cantidad de equipos que para el proceso CLA..	Aereador de superficie	No se necesitan equipos mecánicos para tratar las aguas residuales.	Barredor de lodos en el tanque de sedimentación primaria, bomba del alimentador, distribuidor y barredor de lodos en el tanque de sedimentación final.  Se necesitan varias clases de equipos pero más sencillos que los requeridos para el proceso CLA..	
	Operación y Mantenimiento de la instalación	Se necesitan mantener y operar regularmente muchas instalaciones y equipos. La adecuada operación del lodo recirculado es muy importante para obtener un buen rendimiento. Este proceso conlleva muchos operadores calificados e inspecciones regulares.	Como la cantidad de instalaciones y de equipos que requieren inspecciones regulares es pequeña, se pueden hacer inspecciones diarias. Se requiere asimismo la operación adecuada del lodo recirculado.	Se necesitan inspecciones regulares y mantenimiento periódico de los aereadores de superficie, así como el mantenimiento de la laguna.	La Operación y el mantenimiento de la laguna es muy sencillo y no requiere de una tecnología sofisticada. Pocos equipos necesitan inspecciones regulares.	El número de instalaciones y equipos que requieren inspección regular es pequeño. Este proceso no necesita una tecnología sofisticada.	
	Cantidad de empleados para la operación y el mantenimiento	Se necesita una gran cantidad de empleados.	Se necesita una pequeña cantidad de empleados.	Se necesita una cantidad de empleados intermedia entre la necesaria para el método de laguna y el de filtro percolador.	Se requiere la menor cantidad de empleados de los cinco métodos.	Pocos empleados son necesarios.	
	Necesidades energéticas	Grandes	Grandes	Grandes	Ninguna	Pequeñas	
	Disponibilidad de los equipos	La disponibilidad es limitada por la gran cantidad y variedad de equipos que hacen falta.	La disponibilidad es mayor pues se necesita una variedad menor de equipos que para el proceso CLA..	La disponibilidad es grande toda vez que el aereador de superficie es el único equipo de envergadura que se necesita.	No se necesitan equipos mecánicos para el tratamiento.	La disponibilidad puede ser mayor que la del proceso CLA pues se requieren muchos equipos pero de estructura sencilla.	
	Generación de lodos	El volumen de lodo producido es grande. Se requiere tratamiento y disposición de lodos.	El volumen de lodo producido es menor que el del proceso CLA. Se requiere tratamiento y disposición de lodos.	El volumen de lodo producido está entre el de ZO y el de laguna.	La generación de lodo es muy pequeña. El lodo acumulado en la laguna se elimina una vez cada muchos años. No se requiere tratamiento de lodo.	El volumen de lodo producido es inferior al del proceso CLA. Se requiere tratamiento y disposición de lodo.	
	Calidad del lodo	Si la operación es adecuada, la sedimentabilidad del lodo es Buena. Cuando ocurren abultamientos empeora la sedimentabilidad.	La sedimentabilidad del lodo es peor que la del proceso CLA debido a la mayor aeración. La deshidratabilidad del lodo es inferior a la del método mecánico.	A causa de la aeración más prolongada, la sedimentabilidad del lodo es peor que la del proceso CLA. Sin embargo, el lodo se estabiliza para su tratamiento y disposición.	El lodo se sedimenta y estabiliza en la laguna. La disposición del lodo de la laguna resulta fácil.	Como el lodo se forma principalmente de la película biológica que se separa de los medios filtrantes, la sedimentabilidad del lodo es buena y la separación del lodo en el tanque de sedimentación final fácil.	

Tabla 11.24 (Continuación) Comparación de los cinco métodos de tratamiento

Asunto		Proceso convencional de lodos activados (CLA)	Proceso de zanja de oxidación (ZO)	Laguna aerada (LA)	Laguna (L)	Proceso convencional de filtro percolador (CFP)	Observaciones
En caso de interrupción eléctrica, impactos adversos y contramedidas	Impactos adversos a la Bahía de La Habana	El afluyente se descargará sin tratamiento alguno.	Igual que el proceso CLA.	Igual que el proceso CLA.	Una vez que el afluyente entre en las lagunas se pueden tratar las aguas residuales.	Igual que el proceso CLA.	
	Capacidad mínima requerida del generador autónomo para mantener las funciones del proceso	Grande (fundamentalmente para los sopladores y las bombas de lodos)	Grande (fundamentalmente para los aereadores y las bombas de lodos)	Mediana (fundamentalmente para los aereadores de superficie)	Innecesaria	Pequeña (fundamentalmente para las bombas de circulación)	
Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que aplican el proceso en Cuba		PTAR de Varadero	PTAR de Trinidad	Sin identificar	PTAR de Varadero	PTAR de Quibú y de María del Carmen	
Impactos ambientales adversos (Olores desagradables, ruidos, vibraciones, etc.,)		El olor desagradable producido por las instalaciones para el tratamiento de lodos tendrá un impacto negativo en las zonas circundantes. Se tomarán medidas de mitigación tales como el establecimiento de una zona de contención. Se adoptarán asimismo medidas contra los ruidos y las vibraciones producidos por los sopladores, en caso de ser necesario.	El olor desagradable producido por las instalaciones para el tratamiento de aguas residuales tendrá un impacto adverso en las zonas circundantes. De ser necesario se tomarán medidas de mitigación para paliar la generación de olores ofensivos.	Se tomarán medidas de mitigación contra la generación de olores. Las grandes dimensiones del área requerida para la construcción de las instalaciones provocarán efectos negativos en los habitats y en la ecología de la zona.	Los mismos que para el caso de la laguna aerada.	Se generarán moscas. Se producirán asimismo olores desagradables en el tanque de sedimentación primaria y en las instalaciones para el tratamiento de lodos.	
Aplicabilidad de la construcción por etapas de las instalaciones de tratamiento	Aplicabilidad de la construcción por etapas a partir del caudal y de la calidad del caudal del afluyente de las aguas residuales.	Posible	Posible	Posible aunque el desarrollo por separado de la laguna implicará costos superiores.	Igual que para la laguna aerada.	Posible.	
	Rendimiento cuando la calidad del afluyente es mucho menor que la calidad de diseño.	Cuando la concentración de DBO del afluyente es inferior a 100mg/L, las dificultades para mantener una concentración apropiada de SSLM en el tanque de aeración pueden provocar un pobre rendimiento.	Igual que para el proceso CLA.	No hay problemas de rendimiento.	No hay problemas de rendimiento.	No hay problemas de rendimiento debido a que se formará una película biológica, o limo biológico, adecuada.	
Aplicabilidad del proceso en las nuevas plantas de tratamiento de aguas residuales del Área de Estudio (Bahía de La Habana).		Este proceso es de mucha aplicación cuando existen limitaciones en la disponibilidad de terrenos y se requiere tratar grandes volúmenes de agua residual, como ocurre en las áreas urbanas. Sin embargo, este proceso conlleva mayores costos por concepto de construcción y de O/M y el empleo de operadores calificados. Resulta esencial, por tanto, preparar programas de capacitación para los operadores.	La O/M de este proceso es más fácil que la del proceso CLA. Sin embargo, puede resultar difícil de aplicar para el Área de Estudio debido a la limitada disponibilidad de terrenos.	Este proceso es fácil de operar y necesita menos terrenos para su construcción que el de las lagunas. Sin embargo resulta difícil obtener los terrenos que se requieren para construir el proceso.	Este proceso es el más barato en términos de construcción y O/M de todos los procesos. Sin embargo resulta muy difícil obtener los terrenos para construir el proceso de tratamiento.	Este proceso es más fácil de operar y más barato en términos de costos de construcción y O/M que el proceso de CLA. La necesidad de terreno es mayor que la del proceso de CLA pero menor que la de otros procesos. Se examinará la aplicabilidad de este proceso en el terreno que se dispone.	

## **(2) Métodos de tratamiento de lodos**

El proceso de tratamiento de lodos se compone fundamentalmente de métodos tales como el espesamiento de lodos, la digestión anaeróbica sin calentamiento y los lechos de secado de lodos o deshidratación mecánica de lodos. Estos métodos de tratamiento de lodos, salvo el último, se aplican en las plantas de tratamiento de aguas residuales de Quibú y de María del Carmen en la Ciudad de La Habana.

El espesamiento se emplea para reducir el volumen de lodos. A tal efecto se aplica básicamente un tanque de espesamiento por gravedad. El objetivo de la digestión anaeróbica, por su parte, es facilitar la degradación, la reducción del volumen y la estabilización del lodo. En tal sentido se emplea un digestor abierto sin sistema de calentamiento.

Con la deshidratación y el secado de lodos se intenta reducir el volumen del lodo para facilitar su disposición. En la tabla siguiente se comparan los lechos de secado de lodos y la deshidratación mecánica de lodos. Aquel es fácil de operar y más barato en términos de construcción y de O/M, así como mejor para el reuso del lodo en la agricultura. Sin embargo, requiere de terrenos de grandes dimensiones para la construcción de las instalaciones y más espacio aún en zonas urbanas para aplicar las medidas de mitigación para hacer frente a la generación de olores desagradables. A manera de conclusión puede plantearse que los lechos de secado de lodos se prevén fundamentalmente para cuando exista una disponibilidad suficiente de terrenos, mientras que las unidades de deshidratación mecánica se introducirán para tratar el resto del lodo. En caso que la disponibilidad de terrenos sea muy limitada se aplicará una combinación de espesamiento y de deshidratación mecánica de lodos.

En principio se dispondrá del lodo secado y deshidratado en vertederos sanitarios.

**Tabla 11.25 Comparación de los métodos de secado y deshidratación de lodos**

<b>Parámetros</b>	<b>Lechos de secado de lodos</b>	<b>Deshidratación mecánica</b>
Contenido de agua	Reducción de hasta un 60%.	Reducción de hasta un 80%.
Necesidades de terreno	Se necesitan terrenos de grandes dimensiones para la construcción de las instalaciones. Se examinará su aplicabilidad a partir del período de secado de 11 días: valor de diseño aplicado a la PTAR Luyanó.	Un área muy limitada es suficiente para la instalación del equipo mecánico: equipo de deshidratación de prensa de banda.
Facilidad de la O/M y nivel tecnológico necesario	Se requiere la inspección visual de las condiciones de secado de los lodos y de la remoción del lodo secado. No se necesitan grandes habilidades.	Se requiere la inspección diaria y el mantenimiento regular de los equipos, así como la preparación y ajuste periódicos del coadyuvante de coagulación. Se necesita de tecnología y de habilidades para la operación y el mantenimiento de los equipos.
Disponibilidad de equipamiento y de piezas de repuesto	Las válvulas y tuberías son los principales elementos del equipamiento, por lo que las piezas de repuesto son de fácil adquisición.	Se requieren importar de otros países los equipos mecánicos y los coadyuvantes de coagulación, por lo que las piezas de repuesto no son fáciles de adquirir.
Impactos ambientales adversos al área circundante	Se generarán olores desagradables de los lechos de secado. Cerca de las áreas residenciales algunas medidas de mitigación necesitan más terrenos como zona de contención para reducir los olores.	Se generarán olores desagradables. Pueden adoptarse medidas de mitigación más costosas en la instalación tales como cerrarla o emplear equipos de desinfección.
Costos de construcción	Bajos	Altos
Costos de O/M	Bajos	Altos
Reuso del lodo	Su uso en la agricultura es promisorio toda vez que los fertilizantes orgánicos son muy populares en la agricultura urbana.	El contenido de agua es mayor, por lo que el reuso directo del lodo pudiera ser difícil.
Experiencia en Cuba	Experimentado o aplicado en Quibú, María del Carmen, y otras PTAR.	Experiencia limitada. Se prevé aplicar en la PTAR que se construirá con financiamiento parcial del gobierno italiano.

Nota: Las figuras en las tablas representan una evaluación de tres categorías: bien, regular, mal