

# **Programa de Saneamiento de la Ciudad y la Bahía de Panamá II**

## **PN-L1109)**

### **Análisis Técnico**

#### **1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA**

El objetivo general del programa es contribuir a mejorar las condiciones sanitarias de la Bahía y del Área Metropolitana de la Ciudad de Panamá (AMP). Los objetivos específicos son: (i) reducir la carga contaminante de la bahía y los ríos que atraviesan el AMP; (ii) aumentar el caudal de aguas residuales tratado; y (iii) asegurar la sostenibilidad del sistema por medio del fortalecimiento de la capacidad de la UCP del MINSA.

Los componentes del programa son: 1) Construcción del segundo módulo de tratamiento de la PTAR Juan Díaz; 2) Obras complementarias al sistema de alcantarillado sanitario y; 3) Fortalecimiento Institucional.

El presente documento analiza las obras de ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Juan Díaz que atiende la ciudad de Panamá<sup>1</sup>, contenidas en el componente 1.

En el componente 2) se incluye la construcción de obras de rehabilitación y mejora de redes, conducciones y estaciones de bombeo del sistema de saneamiento del AMP identificadas como prioritarias en el estudio de Actualización del Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario Consolidado (APMC)<sup>2</sup>. Algunas de esos proyectos están diseñados a nivel ejecutivo, y su análisis se presenta en este documento. Para las demás intervenciones, se incluyen en el programa montos para la elaboración de los diseños definitivos, además de estimaciones preliminares de montos de inversión

Asimismo, el programa comprende la implementación de iniciativas de control de consumos excesivos de agua en la zona atendida por la PTAR, de manera de permitir que el sistema de tratamiento ampliado pueda cubrir los aportes proyectados para los próximos 20 años. Estas acciones se incluyen en el componente de fortalecimiento institucional.

En la tabla siguiente se presenta el detalle de los componentes y sus costos.

---

<sup>1</sup> Se prevé duplicar la capacidad de la mayor parte de las unidades de tratamiento de la PTAR actual, de manera de disponer de una capacidad media de tratamiento de 5.1 m<sup>3</sup>/s.

<sup>2</sup> Contrato en ejecución supervisado por la UCP, financiado con préstamo BID y elaborado por la firma Hazen and Sawyer. Actualiza el Plan Maestro Consolidado (2001) realizado por el Consorcio CESOC y otros estudios posteriores.

**Tabla 1 Cuadro de costos del programa**

<b>Categoría o Componente</b>	<b>Financiadores</b>	<b>Contrapartida</b>	<b>Total</b>
<b>1. Administración del proyecto</b>	<b>13,000,000</b>	<b>950,000</b>	<b>13,950,000</b>
<b>2. Costos directos</b>			
<b><u>Componente 1 - Segundo módulo de tratamiento de la PTAR</u></b>	<b>146,915,000</b>	<b>60,285,000</b>	<b>207,200,000</b>
<i>2.1 Planta de Tratamiento de Aguas - Diseño y Construcción</i>	<i>146,915,000</i>	<i>10,285,000</i>	<i>157,200,000</i>
<i>2.2 Planta de Tratamiento de Aguas - Operación y Mantenimiento*</i>	<i>0</i>	<i>50,000,000</i>	<i>50,000,000</i>
<b><u>Componente 2 - Obras Complementarias al Sistema de Alcantarillado Sanitario:</u></b>	<b>89,315,000</b>	<b>9,085,000</b>	<b>98,400,000</b>
<i>2.3 Colectoras Sanitarias y Obras de Rehabilitación de Sistemas de Alcantarillado</i>	<i>79,871,000</i>	<i>8,229,000</i>	<i>88,100,000</i>
- Colectores Paitilla y Punta Pacífica	16,820,000	1,180,000	18,000,000
- Colectora Matasnillo	29,085,000	3,015,000	32,100,000
- Construcción de los Sistema Colectores para Separación de Caudales ( Bella Vista, Calidonia)	28,546,000	3,554,000	32,100,000
- Construcción Extensión Colectora Principal Drenaje Sanitario Curundú	4,000,000	300,000	4,300,000
- Construcción de los Sistema Colectores para Separación de Caudales ( Chanis)	1,420,000	180,000	1,600,000
<i>2.4 Estudios, Diseños y Supervisión de Obras</i>	<i>9,444,000</i>	<i>856,000</i>	<i>10,300,000</i>
-Estudios y Diseños Matasnillo	1,500,000	100,000	1,600,000
-Estudios y Diseños - Separación de Caudales en Areas de la Ciudad (Bella Vista, Calidonia)	1,400,000	100,000	1,500,000
-Supervisión Colectores Paitilla y Punta Pacífica	1,440,000	160,000	1,600,000
-Supervisión Construcción de la Colectora Matasnillo	2,400,000	200,000	2,600,000
-Supervisión Sistema Colectores para Separación de Caudales (Bella Vista, Calidonia)	2,400,000	200,000	2,600,000
-Supervisión Colectora Principal Drenaje Sanitario Curundú	304,000	96,000	400,000
<b><u>Componente 3-Fort Institucional y Sostenibilidad</u></b>	<b>10,550,000</b>	<b>1,050,000</b>	<b>11,600,000</b>
<b>3. Imprevistos</b>	<b>10,220,000</b>	<b>0</b>	<b>10,220,000</b>
<b>4. Costos totales</b>	<b>270,000,000</b>	<b>71,370,000</b>	<b>341,370,000</b>

Financiadores: BID, CAF, BEI, Montos en US\$

La ciudad de Panamá ha crecido aceleradamente en las últimas décadas y ese crecimiento ha sido acompañado de numerosas inversiones en infraestructura urbana, entre las que se pueden mencionar la construcción del metro de la ciudad, la extensión de los corredores sur y norte y la cinta costera. El sistema de alcantarillado sanitario ha recibido un importante flujo de inversiones en los últimos 10 años, que responden a definiciones adoptadas por el Plan Maestro Consolidado (PMC) de 2001 y posteriores estudios y diseños<sup>3</sup> y que incluyen obras de expansión, la construcción de la planta de tratamiento

<sup>3</sup> i) Estudio de Asistencia Técnica financiado por el US Trade and Development Agency (2003), ii) Estudios y diseños de redes, colectoras y Estaciones de Bombeo (EB), Hazen and Sawyer, (2004), iii) Diseño del Sistema de Intercepción, Tratamiento y

(PTAR) Juan Díaz, con capacidad media actual 2.2 m<sup>3</sup>/s, y el sistema costero de conducciones hacia dicha planta.

Los estudios de APMC actualmente en curso se refieren al área de los Distritos de Panamá y San Miguelito, con población conjunta estimada al 2015 de 1.3 millones de habitantes<sup>4</sup>. Los estudios comprenden el diagnóstico de la situación presente, proyecciones de demanda, análisis de alternativas de expansión-conducciones-tratamiento-disposición final, identificación de la solución más conveniente, incluyendo la identificación de obras prioritarias de expansión y mejoras.

El desarrollo de los estudios de APMC permitió determinar que la mejor alternativa global para tratamiento y disposición final de efluentes de saneamiento en el área a que se refieren es la construcción de dos nuevas plantas de tratamiento (una al norte y una al este del área). Estas plantas se sumarán a la PTAR Juan Díaz existente, cuya capacidad de tratamiento deberá ser ampliada para poder servir al área de aporte definida para la misma. Los motivos principales que justifican la necesidad de construir las nuevas plantas son las restricciones para el tendido y los elevados costos de los sistemas de conducciones que se necesitarían para llevar a la PTAR Juan Díaz los aportes de las zonas más alejadas de la misma (tanto las de más al norte como las de más al este), así como la menor vulnerabilidad del sistema asociada a la configuración de tres plantas.

Es así que se definió como área de aporte actual y futuro a la PTAR Juan Díaz una zona de 15.230 hectáreas que incluye los sistemas Paitilla, Punta Pacífico, Matasnillo, Proyecto hotelero, Curundú, Casco Antiguo-Chorrillo, San Francisco, Río Abajo, Matías Hernandez, Tocumen, Tapia y Juan Diaz (sin Juan Díaz norte). La población total en dicha área de aporte es de 808.000 personas, de las cuales el 88% están actualmente conectados a redes. Sin embargo, a la fecha solamente los efluentes del 42% de la población del área son transportados a la PTAR Juan Díaz.

Las proyecciones de población, caudales y cargas para el área de influencia de la planta Juan Díaz implican que su capacidad de tratamiento debe ampliarse en el corto plazo. En caso de mantenerse el nivel actual de altos consumos de la población<sup>5</sup>, la PTAR debería triplicar su capacidad actual en no más de 20 años.

Se evaluó entonces el impacto posible de aplicar una estrategia de contención de consumos excesivos, y se determinó que si se lograra una media de consumo por habitante no mayor a los valores de la norma de diseño de IDAAN (100 gal = 387 litros por habitante día), sería suficiente duplicar la capacidad de tratamiento de la PTAR Juan Díaz para cubrir la demanda de los próximos 20 años.

---

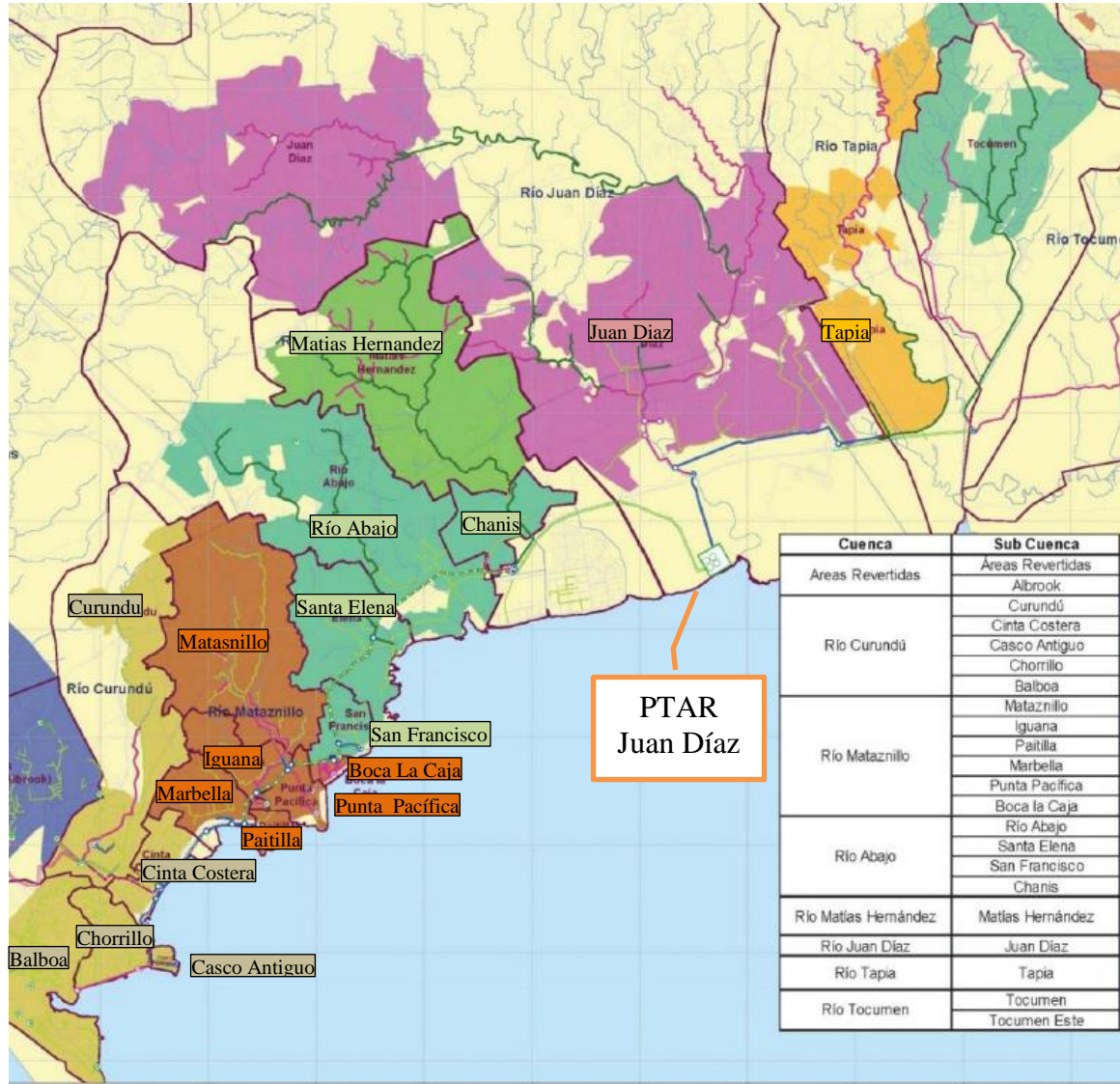
Disposición de Aguas Residuales de la ciudad de Panamá, Nippon Koei, 2006, iv) Informes sobre proyecciones de demanda, metas de tratamiento, aportes industriales, etc, Nippon Koei, 2008; entre otros.

<sup>4</sup> Fuente: Contraloría General de la República, proyectado a partir del censo de 2010. El área comprende: Ciudad de Panamá (San Felipe, El Chorrillo, Santa Ana, Calidonia, Curundú, Betania, Bella Vista, Pueblo Nuevo, San Francisco, Parque Lefevre, Río Abajo, Juan Díaz y Pedregal), con 448.000 habitantes, el resto del Distrito de Panamá (Ancón, Chilibre, Las Cumbres, Pacora, San Martín, Tocumen, Las Mañanitas, 24 de Diciembre, Alcalde Díaz y Ernesto Córdoba), con 520.000 habitantes, y el Distrito de San Miguelito (Amelia Denis de Lanza, Belisario Porras, José Domingo Espinar, Mateo Iturralde, Victoriano Lorenzo, Arnulfo Arias, Belisario Frías, Omar Torrijos y Rufina Alfaro), con 335.000 habitantes.

<sup>5</sup> El aporte de caudal a las redes colectoras fue estimado como dentro del entorno de 400 y 900 l/hab día, según el área, correspondientes a consumos per cápita entre 3 y 5 veces la media regional.

Por otra parte, el estudio de APMC realizó el diagnóstico de los sistemas de redes en el área, incluyendo la clasificación de los problemas detectados, así como la identificación, descripción y estimación de recursos para las acciones requeridas para resolver dichos problemas, en el marco de la proyección de caudales y cargas definidas.

**Figura 1- Cuencas y subcuencas de saneamiento en el AMP**



Fuente plano base: Memoria de Diseño Final del Saneamiento de Punta Paitilla y Punta Pacífica, rev marzo 2015, The Louis Berger Group, Inc

Los problemas detectados incluyen: (i) descargas directas y/o desbordes hacia las quebradas y/o a la Bahía<sup>6</sup>; (ii) servidumbres de paso ocupadas por edificaciones, algunas sobre las colectoras, tramos en lotes privados,<sup>7</sup> (iii) algunos tramos de capacidad actual y/o futura insuficiente o con problemas de diseño<sup>8</sup>, (iv) estaciones de bombeo sin operar<sup>9</sup>,

<sup>6</sup> Sistemas Punta Paitilla, Matasnillo, Colectora Curundú, Río Abajo, Juan Díaz.

<sup>7</sup> Sistemas Matasnillo, Curundú, Juan Díaz

<sup>8</sup> Sistemas Matasnillo, Curundú, San Francisco, Río Abajo

(v) conexiones cruzadas con sistemas pluviales<sup>10</sup>, (vi) obstrucciones y roturas<sup>11</sup>, y (vii) viviendas no conectadas por no encontrarse en situación regular<sup>12</sup>.

El estudio de APMC se identificó numerosas intervenciones necesarias para mejorar la situación actual y cubrir las necesidades del corto y mediano plazo en la infraestructura de redes, conducciones y estaciones de bombeo. Entre ellas, se encuentran las intervenciones en los sistemas Punta Pacífico, Paitilla, Matasnillo, Curundú y Bella Vista/Caledonia, que se propone financiar en el marco de este programa.

La UCP Bahía, creada por medio del Decreto Ejecutivo No. 144 del 20 de junio de 2001, ha sido responsable de la ejecución de las obras más importantes de recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Panamá (primer módulo de la PTAR Juan Díaz, estaciones de bombeo principales, túnel interceptor, colectoras principales, etc.) que se han construido en los últimos años en el marco del Programa de Saneamiento de la Bahía y Ciudad de Panamá (PSBCP). La UCP realizó las contrataciones de la operación y mantenimiento (O&M) de la infraestructura construida y de la supervisión de dicho contrato, y administra los mismos.

## **2. PLANTA DE TRATAMIENTO JUAN DIAZ**

### **2.1. Proyecciones de caudales de aporte**

#### **2.1.1. Estimaciones realizadas por el estudio de APMC**

De acuerdo con los estudios efectuados por el estudio de APMC, los sistemas de drenaje que aportan actualmente a la PTAR Juan Díaz, corresponden a 12 sistemas de los 18 en que se ha dividido el sistema de alcantarillado sanitario, incluyendo las obras que entrarán en operación en 2015, más las proyectadas dentro de la APMC. Esta área, que se representa en la figura 2 con diferentes colores, abarca 20.041 ha y en ella viven 1.092.000 personas.

Sin embargo, la evaluación de alternativas de agrupaciones de sistemas-conducciones-tratamiento y disposición final para toda el AMP, determinó que la capacidad actual de las conducciones hacia la PTAR Juan Díaz no es suficiente para recibir los caudales de las áreas de expansión hacia el norte y hacia el sur de la ciudad. Los costos y dificultades constructivas para realizar las ampliaciones y modificaciones necesarias, determinaron la factibilidad de incorporar a futuro dos nuevas PTAR, una al norte y otra al este, en la zona de Pacora, para tratar los afluentes de áreas de expansión de la ciudad.

Por lo tanto, se delimita un área menor de aporte a la PTAR Juan Díaz, de 15.230 ha, la cual se muestra en la figura 2 y que abarca los sistemas que se indican en la tabla 2, totalizando 808.000 habitantes.

---

<sup>9</sup> Sistema Punta Paitilla

<sup>10</sup> Sistema Punta Pacífica

<sup>11</sup> Sistemas Matasnillo, Curundú

<sup>12</sup> Sistemas Matasnillo, Curundú, San Francisco

**Tabla2- Sistemas de saneamiento en el área de aporte a la PTAR Juan Díaz**

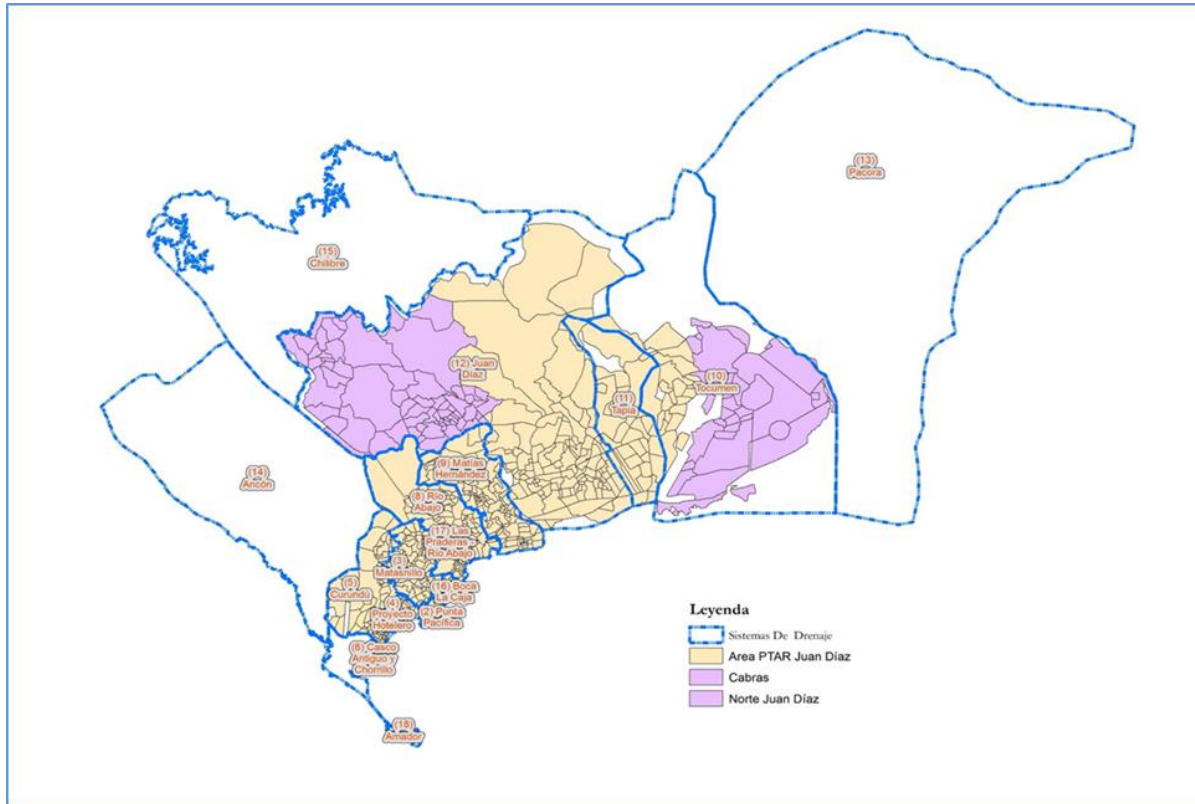
Sistema	Año 2015				
	Área (ha)	Población total	Cobertura Redes %	Población	
				Con Redes	Sin Redes
1. Paitilla	52	3,669	100%	3,669	0
2. Punta Pacífica	94	5,388	100%	5,388	0
3. Matasnillo	1,041	72,058	100%	72,058	0
4. Proyecto Hotelero	207	16,819	100%	16,819	0
5. Curundu	1,200	50,521	98%	49,511	1,010
6. Casco Antiguo Y	148	36,690	100%	36,690	0
7. San Francisco	107	7,745	100%	7,745	0
8. Río Abajo	2,580	129,303	98%	126,717	2,586
9. Matías Hernández	1,838	158,275	98%	155,110	3,166
10. Tocumen (Sin Cabras)	1,025	66,246	80%	52,997	13,249
11. Tapia	1,425	62,745	40%	25,098	37,647
12. Juan Díaz (Sin Juan Díaz)	5,512	198,945	80%	159,156	39,789
<b>Total Aporte a PTAR Juan</b>	<b>15,230</b>	<b>808,404</b>	<b>88%</b>	<b>710,957</b>	<b>80,127</b>

Fuente: Estudio de APMC, 2015

El estudio de APMC identifica que a fin del año 2015, con solo el 42% de los efluentes de la población del área tratados en la PTAR Juan Díaz, el caudal de aporte va a alcanzar el de la capacidad media de la PTAR. En los años siguientes, los excedentes deberán desviarse a la Bahía generando una contaminación puntual con los consiguientes danos ambientales y de salud pública. Esta situación también pone en riesgo no solo la utilidad de la infraestructura construida sino el objetivo fundamental del PSCBP.

Lo anterior justifica que a corto plazo se debe iniciar la construcción de un segundo módulo de la PTAR Juan Díaz. El conjunto de ambos módulos alcanzará una capacidad de tratamiento del orden de  $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , con lo cual se espera poder tratar hasta un caudal medio del orden de los  $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$ , para 752.000 habitantes, previstos como aporte para 2024 (correspondientes al 80% de la población del área).

**Figura 2** Area de aporte prevista para la PTAR Juan Díaz



Fuente: informe “Evaluación capacidad de tratamiento de la PTAR Juan Díaz” en el marco del estudio de APMC, 2015

Las proyecciones de caudales medios de aporte en el área de influencia de la PTAR, fueron realizadas considerando aportes unitarios diferenciados por sistema. De acuerdo con los estudios y mediciones realizados en campo, el estudio de APMC determinó aportes unitarios que varían entre cerca de 900 litros por habitante hasta poco menos de 400.

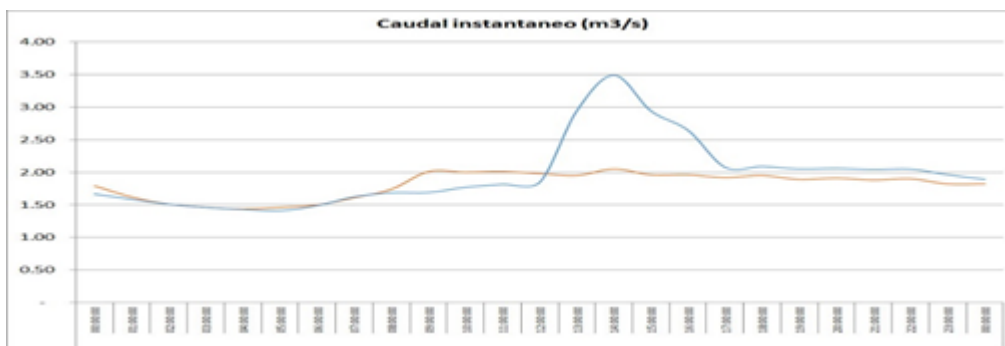
Estos valores tienen incluido un coeficiente de retorno a la red de alcantarillado, por lo que se puede decir que en todos los casos superan los de la norma de diseño del IDAAN, que indica 100 galones (385 litros) de dotación de agua potable por habitante y por día.

De no adoptarse medidas de control de caudales excesivos, la ampliación deberá ser de dos módulos en vez de 1, para cubrir un período más extenso.

### **2.1.2. Verificaciones con medidas de caudales en la PTAR**

En más de un año que tiene operando la PTAR han sido medidos tanto los caudales de agua residual entrantes como sus características. En el gráfico a continuación se muestra el comportamiento de dichos caudales en un período de veinticuatro horas, representativos de un día seco y de un día de lluvia:

**Figura 3 Gráfico de medidas de caudal de entrada a la PTAR en día seco y día de lluvia**



Fuente: Proyecciones de Población, Demandadas de Tratamiento, Caracterización de Agua Residual, Aportes Industriales y Metas de Tratamiento- Consorcio Nippon Koei – NKLAC, abril 2015 ([ver link](#)).

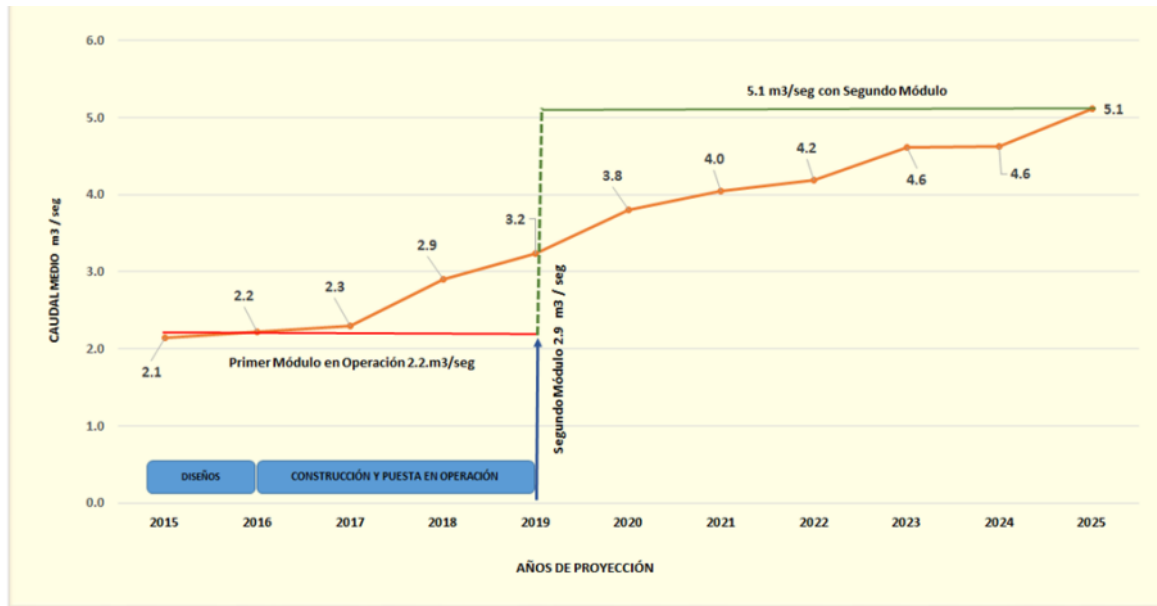
Puede observarse que los caudales mínimos son muy similares en ambas condiciones (no hay infiltraciones mayores debidas en época de lluvia), el valor del pico es elevado, y éste corresponde a un periodo levemente mayor a la duración del evento de lluvia. En ausencia de lluvia, se observa que la diferencia entre los valores máximos y mínimos es baja, lo que lleva a pensar que existen fuertes fugas de agua que ingresan al sistema.

Se constata entonces que un porcentaje considerable del caudal de entrada a la planta consiste en aportes de consumos excesivos, fugas, etc. El informe de la consultora NKLAC estima, basado en estas mediciones en la planta y en mediciones de estudios anteriores en la red y teniendo en cuenta concentraciones y cargas del afluente, que el aporte a fines del año 2014 ( $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$  de caudal medio) correspondería al de poco más de 303.000 personas.

Este caudal medio incluye la infiltración, y su valor solo se puede estimar razonablemente. La consultora basa sus estimaciones en estudios anteriores de CSA que incluyeron mediciones caudales. Concluye que la infiltración podría ser del orden de los 500 l/s. Los aportes extraordinarios que ocurren durante las lluvias no entran en estas consideraciones de aporte, dado a que está prevista la evacuación de los picos que exceden la capacidad hidráulica de la PTAR.

A las proyecciones de caudales medios realizadas en el estudio de APMC, se sumaría entonces el aporte de 500 l/s correspondiente a infiltración.

**Figura 4- Comportamiento de proyección de capacidad PTAR versus ampliación (m3/s)**



Fuente: informe “Evaluación capacidad de tratamiento de la PTAR Juan Díaz” en el marco del APMC, 2015

NKLAC analizó caudales promedio diarios y máximos instantáneos de una base de datos con 395 registros diarios. Se determinaron así coeficientes máximos diarios de 1.14 y 1.16 para temporadas seca y húmeda respectivamente. Los coeficientes máximos horarios calculados fueron respectivamente 1.64 y 1.81.

### **2.1.3. Efectos de medidas de reducción de consumos excesivos en la capacidad de diseño**

Las proyecciones realizadas concluyen en la necesidad de ampliar la planta en dos módulos más, en vez de uno, si se mantienen los actuales valores de aportes unitarios al sistema.

Sin embargo, si se aplican medidas de contención de consumos excesivos, y se logra reducir los aportes a valores del orden de la norma de IDAAN (300 l/hab/d), entonces la PTAR con un módulo más podría ser capaz de tratar los aportes previstos por lo menos al año 2035.

Este programa financiará la construcción de un módulo más de la PTAR Juan Díaz, y paralelamente apoyará la elaboración de una estrategia de contención de consumos excesivos y la implementación de algunas de las acciones que se identifiquen en ella.

## **2.2. Calidad del afluente**

NKLAC realizó el procesamiento de 1 año de datos (enero 2014- enero 2015) de concentraciones y caudales de entrada a la PTAR. Durante dicho período, los caudales fueron creciendo notoriamente a medida que se iban incorporando redes y colectoras al sistema costero. Se analizaron 396 registros.

Los valores calculados se indican en la tabla a continuación:

**Tabla 1 Caracterización del afluente a la PTAR**

Concentraciones (mg/l)	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	SSV	NTK	PT
MEDIA	100.8	241.2	104.8	89.6	21.1	2.8
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	20	65	28	19	6	0
MÍNIMO	39	88	24	16	9	1
MÁXIMO	186.0	653.0	340.0	170.0	38.0	4.3

Fuente: Proyecciones de Población, Demandadas de Tratamiento, Caracterización de Agua Residual, Aportes Industriales y Metas de Tratamiento- Consorcio Nippon Koei – NKLAC, abril 2015.

Para la temporada seca se analizaron 230 datos, alcanzándose un valor medio de 104 mg DBO<sub>5</sub>/l, con máximo de 186 mg DBO<sub>5</sub>/l y mínimo de 45 mg DBO<sub>5</sub>/l. La concentración observada igual o menor durante el 95% del tiempo fue de 142.35 mg DBO<sub>5</sub>/l.

La concentración de PT observada igual o menor al 95% del tiempo fue de 3.8 mg/l, valor mucho menor que el límite de COPANIT 35-2000.

Las cargas unitarias estimadas para los diferentes parámetros de diseño son: DBO<sub>5</sub>, 50 g/hab/d, N-NH<sub>3</sub>, 7 g/hab/d y PT, 1.5 g/hab/d.

### **2.3. Características de las instalaciones de tratamiento<sup>13</sup>**

La planta consta de las siguientes unidades:

- ✓ Cámara de reparto prevista para tres módulos (la actual PTAR sería el primero de dichos módulos). Posee control de olores con filtro de carbón activado y compuerta de excesos
- ✓ Pretratamiento, que consta de medición, rejillas mecánicas (4 rejillas de 6 mm de separación, desarenadores con extracción de grasas con aporte de aire). Se produce 1 contenedor de 7 T de residuos por semana. Posee techo y extracción forzada de aire y tratamiento de olores.
- ✓ Sistema de lodos activados, diseñado para remoción biológica de nitrógeno y para remoción de fósforo, que consta de:
  - 4 reactores tipo canal de oxidación, de sección circular y 47 m de diámetro y 6.84 m de profundidad útil, con tres zonas: contacto, aireación y desgasificación. La aireación es discontinua.
  - Edificio de sopladores, donde se ubican los cinco (5) sopladores que alimentan de aire los reactores. Actualmente se ponen en servicio un máximo de 2.
  - Cámaras de distribución hacia los clarificadores. Se trata de 2 unidades de repartición de caudales.

---

<sup>13</sup> Fuente: “ Informe de Procesos de Tratamiento y Condiciones Técnicas del Segundo Módulos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá”, CONSORCIO NIPPON KOEI – NKLAC, abril 2015

- 8 clarificadores secundarios circulares con raspadores telescópicos con motor en el borde y 4.14 m de profundidad
- Estación de bombeo de recirculación (100%) y exceso de lodos. No se realiza la recirculación adicional para la denitrificación, debido a que se mantiene un alto caudal circulante por medio de agitadores.
- ✓ Cámara de contacto y desinfección con cloro gas del efluente.
- ✓ Edificio de cloración. Alberga los equipos para almacenamiento y aplicación de gas cloro en la desinfección del efluente, los equipos de neutralización de escapes de gas, los tableros eléctricos y de control del proceso, y un espacio para el camión de carga y descarga de contenedores.
- ✓ Medida de caudal de agua tratada
- ✓ Tratamiento de lodos:
  - Pre - Espesadores: Estas unidades son dos (2) estanques de hormigón armado de 9 m de diámetro. Cuentan con una cubierta de material ligero para evitar emanaciones de olores.
  - Digestión. Son dos unidades de hormigón armado de 5,000 m<sup>3</sup> de volumen, de los cuales uno es suficiente para la carga actual de la planta. Los digestores trabajan a 35-38° C, por lo que son calentados. La mezcla interna se realiza por un sistema de cañones o tubos, generando burbujas.
  - Edificio de digestión y cogeneración: destinado a calderas, bombeos, sopladores de biogás, equipos de cogeneración y sala eléctrica. El biogás generado en la digestión se utiliza para generar energía eléctrica mediante un motor de combustión interna.
  - Gasómetro y antorcha: Corresponden a estructuras para almacenamiento y quema de biogás respectivamente.
  - Tanque de lodos digeridos
  - Mesas de espesado dinámico y centrífugas para deshidratación (cantidad: 3 de cada una).
  - Se producen aproximadamente 1000 T de lodos por mes con una concentración de 25%-26%, los cuales se disponen en contenedores. Se aplica cal.

El lodo deshidratado (biosólido) es recogido en contenedores y transportado mediante camiones hacia el botadero municipal en Cerro Patacón, donde se deposita finalmente.

La Planta dispone, en el segundo piso del edificio de administración, de un centro de control que permite una supervisión automatizada y el registro de las principales variables de proceso de la instalación.

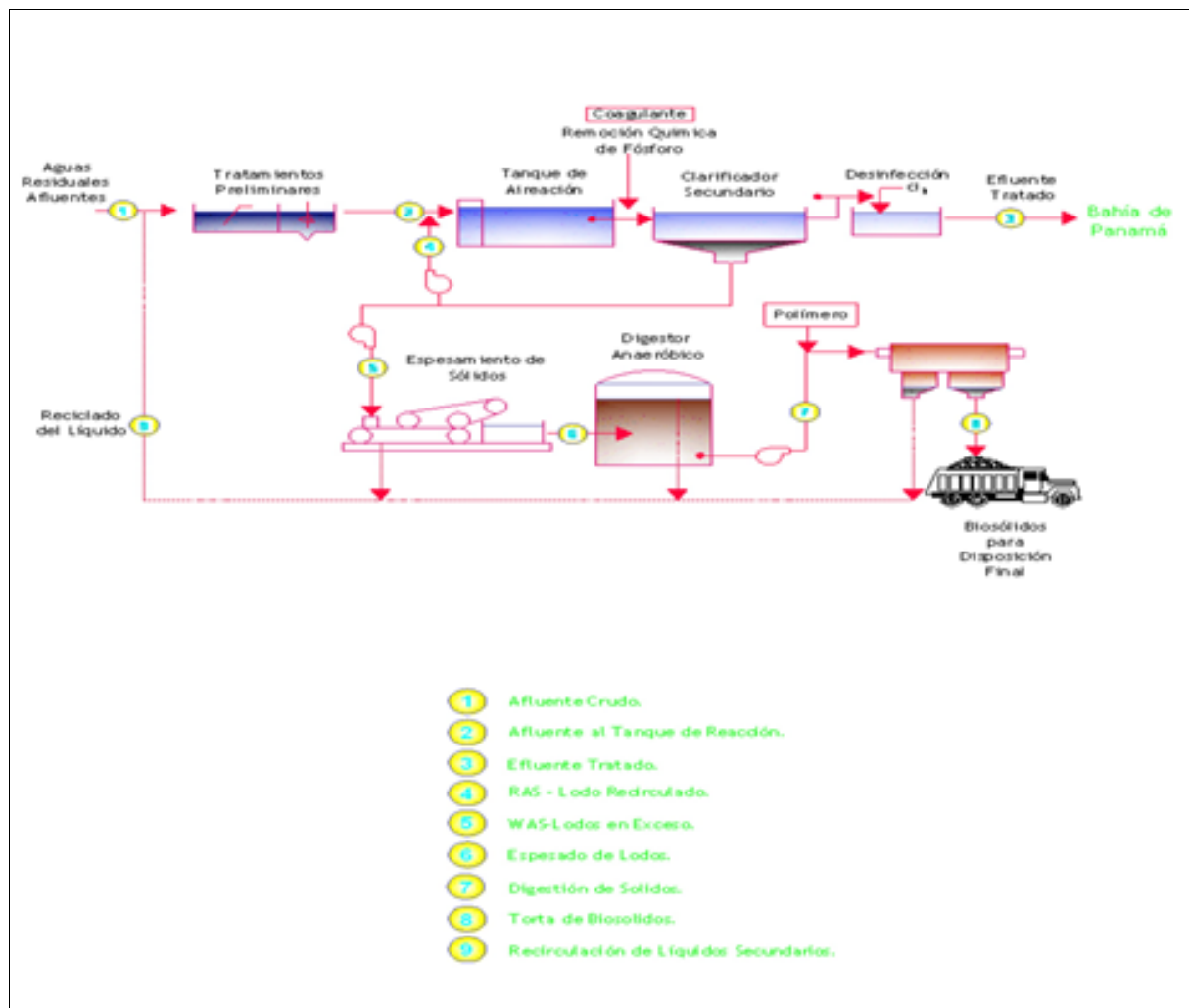
El tratamiento anaeróbico que se realiza en la PTAR no remueve patógenos ni inactiva parásitos. Los lodos digeridos son deshidratados hasta alrededor del 20% de sólidos y se le aplica cal viva para que alcance un contenido de sólidos no menor del 25%. El biosólido que se produce en la PTAR es de la categoría deshidratado, y el contenido de cal aplicado no es suficiente para que se considere sanitizado.

Se dispone de los elementos instalados para precipitar fósforo, pero no se utilizan por la baja concentración en el afluente.

Se utilizan polímeros para el espesado y la deshidratación del lodo, y eventualmente para el pre espesamiento

Se utiliza cloruro férrico para precipitar el sulfuro y controlar la presencia de  $H_2S$  en el biogás.

**Figura 5 Diagrama general de la PTAR Juan Díaz**



Fuente: Nippon-Koe, UCP Bahía

La planta fue diseñada para los siguientes valores de caudales y cargas, con una capacidad media de  $2.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $2.75 \text{ m}^3/\text{s}$  de capacidad máxima diaria, y caudales picos de  $3.96 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La capacidad de tratamiento biológico de la planta es poco utilizada, debido a la baja concentración de materia orgánica en el afluente, mientras que la capacidad hidráulica de la misma planta está llegando a su límite. Por tal motivo, solamente trabajan 3 unidades de aireación y solo funciona un soplador.

Se ha venido manteniendo una eficiencia en remoción de DBO<sub>5</sub> del 90%, (efluente  $\leq 12$  mg DBO<sub>5</sub>/l), y una eficiencia aún mayor en la remoción de sólidos suspendidos ( $\leq 10$  mg SST/l a la salida) la mayor parte del tiempo.

Actualmente solo funciona uno de los digestores, pues la cantidad de sustrato no es suficiente para poner en funcionamiento el segundo digestor. La carga orgánica aplicada es de 1.5 kgSSV/m<sup>3</sup> de reactor anaeróbico, lo que resulta en el 50% de su carga máxima. La tercera parte del biogás producido (64% de CH<sub>4</sub>) se utiliza para la cogeneración eléctrica, con un ahorro de US\$21,000 en la factura eléctrica mensual.

La operación y el mantenimiento de la PTAR está a cargo del consorcio adjudicatario de la licitación de diseño-construcción+operación por 4 años, realizada en 2009. El contrato es administrado por la UCP y se firmó por un período de 4 años. El contrato incluye la operación de las estaciones de bombeo (EB) Matías Hernandez e Interceptor costero. La UCP Bahía contrató a su vez a la empresa consultora Noppon Koei para la supervisión del contrato de operación y mantenimiento.

#### **2.4. Propuesta de ampliación de la PTAR**

El predio de la PTAR cuenta con espacio suficiente como para construir dos módulos adicionales similares al existente. Teniendo en cuenta los resultados del estudio de APMC, la UCP Bahía decidió iniciar el proceso para la ampliación de la capacidad de tratamiento de la PTAR. El diseño de las especificaciones técnicas para la construcción del módulo II, así como las estimaciones de costos de inversión y operación y mantenimiento están a cargo de la firma consultora NKLAC. A la fecha, esa firma está elaborando los documentos de licitación para la construcción del módulo II de la PTAR bajo la modalidad diseño detallado-suministro-construcción, contándose con el apoyo de consultores especializados en el tema.

Los estudios estiman la capacidad combinada de tratamiento en:

Caudal afluente	MODULO I Existente 2015	MODULO II Construcción 2018	MODULO I + II
Caudal de Diseño Qd Caudal Máximo Diario (l/s)	2,750	2,750	5,500
Caudal Máximo Instantáneo Qmh (Máximo 4 horas/día) (l/s)	3,960	3,960	7,920

Algunos aspectos básicos que se considera incluir en el proyecto del módulo II son:

- ✓ Tamaño máximo acorde con el espacio disponible.
- ✓ La entrada del afluente se hará a partir de la cámara de distribución de caudales existente.

- ✓ Deberán construirse las instalaciones requeridas para todos los procesos de tratamiento:
  - Línea de líquidos: pretratamiento, bypass, desarenado, desengrasado, tratamiento biológico, con procesos de remoción de nutrientes, clarificadores, desinfección
  - Línea de sólidos: recirculaciones, espesados, digestión, concentrado, deshidratación, y suministro de productos químicos necesarios para cumplir con las condiciones impuestas por las normas para disposición de lodos en el relleno sanitario.
- ✓ Se podrá aprovechar la disponibilidad de unidades redundantes del módulo 1, tales como: digestor, soplantes, espacios y equipamientos en los edificios de deshidratación y cloración.
- ✓ Se modulará en cuatro líneas de tratamiento, lo cual permitirá que se pierda solamente 12.5% de la capacidad total cuando se realice la parada de mantenimiento de una unidad.
- ✓ Se está evaluando la opción de desinfección por UV como alternativa al cloro.
- ✓ Teniendo en cuenta las dificultades operativas que se han manifestado durante la operación del módulo 1 por la baja carga de lodos a los digestores, se van a incorporar opciones de mejora de los procesos para aumentar la producción de biogás.
- ✓ Se incluirá recuperación de energía, calentamiento de lodos.
- ✓ Tratamiento de olores, cobertura de unidades de pretratamiento y tratamiento de lodos y ventilaciones.
- ✓ La descarga se hará en el mismo punto que el módulo I.
- ✓ Cumplimiento de las normas panameñas e internacionales aplicables (ambientales, de diseño, constructivas, de seguridad operacional).

La tecnología de tratamiento biológico de zanja de oxidación modificada con remoción biológica de nutrientes que es la que se aplica en el módulo I, es una tecnología efectiva, sin embargo nuevos procesos de tratamiento biológico han sido desarrollados y patentados. Para el diseño del proceso biológico de la PTAR podrán proponerse sistemas de tratamiento diferente al del Módulo I con la condición que el proceso propuesto mantenga los principios de confiabilidad y redundancia, además de tener referencias verificables de aplicabilidad de las mismas en otras partes del mundo<sup>14</sup>.

## **2.5. Estimación de costos de inversión de la PTAR**

Para estimar las inversiones asociadas a la construcción del módulo II de la PTAR, la consultora NKLAC tuvo en cuenta los parámetros relevantes del módulo I de la planta. La firma consideró cantidades físicas asociadas a los elementos más representativos de las diferentes unidades construidas, y precios de mercado de los mismos, además de los antecedentes de los costos del módulo I.

---

<sup>14</sup> Fuente: “ Informe de Procesos de Tratamiento y Condiciones Técnicas del Segundo Módulos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá”, CONSORCIO NIPPON KOEI – NKLAC, abril 2015

**Tabla 2 Presupuesto estimado de las obras Modulo II (US\$)**

<b>Diseño de detalle</b>	<b>10,245,000</b>
Diseño de obras civiles	6,835,000
Diseño de equipamiento y montaje	3,410,000
<b>Construcción y montaje electromecánico</b>	<b>136,670,000</b>
Preliminares y terracerías	15,450,000
Edificio de pre-tratamiento	9,538,000
Edificio de sopladores	5,233,000
Camaras de distribución a aireadores	629,000
Estanques de aireación	38,935,000
Camaras de distribución a clarificadores	685,000
Clarificadores secundarios	29,153,000
Ampliación edificio de cloro	657,000
Desinfección	4,920,000
Bombeo lodos de recirculación y exceso	5,135,000
Espesador de lodos	1,280,000
Digestor anaeróbico	7,605,000
Tanque de lodos digeridos	699,000
Ampliación edificio deshidratación	4,848,000
Gasometro	1,310,000
Grupo electrógeno / sala eléctrica 1	2,986,000
Sala electrica 2	2,036,000
Pavimentación camino de acceso	1,001,000
Centro interactivo de educación ambiental	982,000
Edificio para contratista de OyM	141,000
Insalaciones generales	3,447,000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>146,914,000</b>
ITB 7%	10,284,000
<b>TOTAL</b>	<b>157,198,000</b>

Fuente: UCP, NKLAC

Si bien no es de descartar que los oferentes presenten variaciones de tipología del tratamiento biológico, así como de unidades y equipamientos, se consideró razonable utilizar la solución adoptada para el modulo I como base de estimación de costos. Como se indicó anteriormente, se tuvieron en cuenta aspectos de optimización, tales como

aprovechamiento de instalaciones que tienen capacidad para absorber parte de las nuevas cargas, elementos que mejoren los resultados del sistema de producción de biogás, etc. En la tabla siguiente se detalla el presupuesto estimativo preparado por la firma consultora. El equipo del Banco procedió a la revisión de ese presupuesto, y entiende que resulta en principio razonable.

## **2.6. Estimación de costos de operación y mantenimiento (O&M) de la PTAR**

NKLAC realizó estimaciones de costos de operación y mantenimiento para la explotación conjunta de los dos módulos de la PTAR. Fueron considerados al efecto los siguientes ítems y criterios.

- ✓ Productos químicos: los productos incluidos y sus cantidades se estimaron en función de los consumos actuales del módulo I, relacionándolos con la carga orgánica afluyente a la planta. El precio unitario se consideró en función de lo que se está pagando actualmente a los proveedores.
- ✓ Para la energía eléctrica se utilizó el mismo criterio considerado para los productos químicos.
- ✓ Servicios personales: se definió una dotación de personal base, teniendo en cuenta la organización actual para el módulo I y estimando un agregado de 30% de personal para atender las dos plantas. Se estimaron las remuneraciones en base a valores estándar en Panamá.
- ✓ Manejo de lodos: se estima el volumen a disponer y se multiplica por el precio que se está pagando actualmente por el subcontrato correspondiente al módulo I.
- ✓ Mantenimiento de maquinarias y equipos
- ✓ Servicios de limpieza, vigilancia, mantenimiento locativo, laboratorios externos, etc: montos de subcontratos actuales para el módulo I.
- ✓ Repuestos, suministros, materiales, seguros.
- ✓ Indirectos, financiamiento y utilidad

El procedimiento de cálculo adoptado es el siguiente:

- ✓ Componente del costo directamente relacionados con la carga afluyente: (energía, cloro gas, cal, polímeros, ácido sulfúrico, cloruro férrico, agua: los relacionan con la toneladas de DBO<sub>5</sub> afluyente a la planta. Resulta un costo variable = 577.66 US\$/T DBO<sub>5</sub>.
- ✓ Componente del costo que depende en menor medida de las condiciones de entrada (el resto de los componentes no incluido en el renglón anterior): se considera fijo anualmente: 6.350.000 U\$S por año
- ✓ A los efectos de estimar la proyección de costos en función del caudal, se considera una concentración de 160 mg/L de DBO<sub>5</sub>.

En la tabla siguiente se presentan los costos estimados en función de los caudales proyectados de aporte en el marco del estudio de APMC.

Año	m3/s	m3/d	TDBO5/d	C Fijo Anual	C. Var Anual	Total	US\$/m3 trat
2,018	2.9	207,360	33.18	6,349,110	6,995,361	13,344,471	0.18
2,019	3.2	235,872	37.74	6,349,110	7,957,223	14,306,333	0.17
2,020	3.8	285,120	45.62	6,349,110	9,618,621	15,967,731	0.15
2,025	5.1	397,440	63.59	6,349,110	13,407,775	19,756,885	0.14

A los costos en la tabla anterior deben agregarse los de supervisión del contrato de operación y mantenimiento, y del personal de la UCP. Se estima que estos rubros no introducen variaciones significativas en los valores medios de la tabla. Los valores de costos estimados por la consultora son consistentes con los que figuran en el documento “Operations and Maintenance report, Multi-agency benchmarking study”, que incluye informaciones de 7 entidades operadoras de Norteamérica respecto a 12 plantas de tratamiento del tipo lodos activados.

Se observa que las economías de escala resultantes de la explotación simultánea de dos módulos de la misma capacidad, sumadas a la aplicación de una modalidad de contratación considerando un monto fijo anual y otros variables en función del caudal efectivamente tratado permitirán obtener valores unitarios de costos de O&M progresivamente menores que los pagados actualmente para la gestión del módulo I. A título de ejemplo, en el periodo comprendido entre noviembre de 2013 y octubre de 2014, ese módulo trató un caudal entrante promedio de 1.6 m<sup>3</sup>/s, lo que se tradujo en un costo por m<sup>3</sup> tratado de 0.24 US\$/m<sup>3</sup>. No obstante, este valor tenderá a decrecer a medida que el caudal medio tratado por el módulo se acerque a la capacidad nominal de 2.2 m<sup>3</sup>/s, ya que, en la modalidad de contratación actual, el único monto variable es el correspondiente al consumo de energía eléctrica.

### **3. SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PAITILLA Y PUNTA PACÍFICO**

#### **3.1. Situación actual**

La zona de drenaje comprende los barrios Paitilla y Punta Paitilla, y está localizada en el corregimiento de San Francisco. Se trata de una zona residencial de alta densidad, con algunas áreas comerciales también de alta densidad, y comercios vecinales en algunos casos. La zona cuenta con 7.158 unidades habitacionales. Considerando la cantidad de habitantes por vivienda resultantes del censo de 2010 (2.15), la población actual del área se encuentra en el orden de las 16.000 personas.

##### **3.1.1. Punta Paitilla**

El sistema Punta Paitilla incluye también la zona denominada monumento de las madres.

En la actualidad gran parte de la red descarga en el túnel principal del proyecto Saneamiento de la Bahía, en el pozo de inicio del túnel.

Por otra parte, existen dos PTAR, una para el hotel Radisson y el Multicentro y otra para el Hotel Hard Rock, las cuales descargan las aguas tratadas al río Matasnillo (no se pudo verificar si no hay descargas de aguas no tratadas al río).

En el sistema hay construidas 7 estaciones de bombeo (EB), de las cuales 4 (Playita, Privada, Hospital Paitilla y Multicentro) están en funcionamiento. Las otras 3 (Yolimar, Las Madres, Marbella) no funcionan.

Hay 6 descargas directas, 4 de ellas a la Bahía y las dos restantes al río Matasnillo, cerca de su desembocadura en la Bahía.

### **3.1.2. Sistema Punta Pacífica**

Punta Pacífica (barrio) es un desarrollo habitacional de alta densidad, de carácter residencial y comercial, de población con alto poder adquisitivo. Junto con los barrios Comercial Multiplaza Pacífica, centro comercial Punta Pacífica, Islas Artificiales, constituye la cuenca de drenaje Punta Pacífica.

El sistema consta de red, colectora, estación de bombeo y planta de tratamiento de lodos activados localizada adyacente al corredor Sur, operada por IDAAN. Está contemplado suspender la operación de la planta e incorporar el efluente al túnel interceptor.

Hay 3 EB en funcionamiento: Punta Pacífica, Privada y Náutica.

Existen conexiones cruzadas con las aguas pluviales en 6 puntos desde los que se descarga directo en la Bahía de Panamá.

Otros sistemas en el área de influencia son San Sebastián, Escuela Profesional, Nuevo Paitilla. Los dos primeros se conectan a pluviales, mientras que el último descarga en el colector Quebrada Iguana, y por éste llega al interceptor y funciona correctamente.

Hay problemas de capacidad en varias líneas colectoras.

**Figura 6 Sistemas de saneamiento Punta Paitilla y Punta Pacífico- Situación actual**



Fuente: Memoria de Diseño Final del Saneamiento de Punta Paitilla y Punta Pacífica, rev marzo 2015, The Louis Berger Group, Inc.

### 3.2. Propuestas de intervención en Puntas Paitilla y Pacífica

En el marco del estudio de “Diseño final del saneamiento de Paitilla y Punta Pacífica”<sup>15</sup>, se realizaron las proyecciones de demanda, modelaciones hidráulicas, propuestas de soluciones y los diseños ejecutivos de las obras propuestas.

Las hipótesis aplicadas para el estudio de caudales son:

- ✓ Dotación residencial (100 GL/hab/d), habitantes por vivienda (5), coeficientes de retorno (0.80), de infiltración (0.5 l/s/km) de acuerdo con las normas del IDAAN.
- ✓ Proyección de la población según índices de crecimiento del censo.
- ✓ Proyectos de desarrollo identificados en el área.
- ✓ Actividades comerciales y otras: Hoteles, hospital, Complejo Multicentro, complejos Multiplaza, Colegios (3 colegios de más de 5.000 alumnos), otros comercios. Los consumos se estimaron en función de números de cama, alumnos, superficie, y aplicando dotaciones estándar de la literatura.

Considerando las hipótesis anteriores, las previsiones al año 2035 para el área son de una población aportante máxima de 51.000 personas, consumo medio residencial 224 l/s, consumo medio total 485 l/s, caudal medio total 388 l/s. Estimando un total de 25 km de red, se agregan 12.5 L/s de caudal de infiltración y 35.4 l/s de caudal debido a conexiones erradas, por lo que el Q medio totalizaría 436 l/s. El Q máx estimado es 700 L/s.

Las conclusiones del estudio son que las plantas de tratamiento deben ser anuladas, y el sistema se debe reforzar y rehabilitar para transportar los efluentes al sistema costero.

**Figura 7- Obras propuestas en Punta Paitilla**



<sup>15</sup> Memoria de Diseño Final del Saneamiento de Punta Paitilla y Punta Pacífica, rev marzo 2015, The Louis Berger Group, Inc

Con esa finalidad, las obras identificadas para incluir en el programa en Punta Paitilla son:

- ✓ EB Monumento a las madres, de 54 l/s y línea de impulsión de 250 mm y 200 m de longitud.
- ✓ Colectoras: Paitilla principal, calle 53 este, parroquia San Mateo, calle Ramón H. Jurado, Multicentro. Estas tuberías reemplazan tuberías existentes que no tienen capacidad suficiente.
- ✓ Microtúnel Paitilla de 800 mm de diámetro y 362 m de longitud hacia el pozo de entrada al túnel principal del sistema interceptor. El mismo pasará por debajo del río Matasnillo.

**Figura 8- Obras propuestas en Punta Pacífica**



Las obras requeridas para el mejoramiento del saneamiento de Punta Pacífica son las siguientes:

- ✓ Colectoras: PTAR, San Sebastián, Escuela profesional, super 99, Javillo y Calle 56 Este.

- ✓ Microtúnel Pacífica de 1.200 mm de diámetro hacia el pozo de Vía Brasil. Tendrá 780 m de longitud y requerirá 6 pozos de trabajo.

La planta existente en Punta Pacífica deberá ser dejada fuera de servicio.

El presupuesto estimado de las obras se presenta a continuación.

<b>Obra</b>	<b>Monto estimado (US\$)</b>
<b>Paitilla</b>	<b>6,195,685</b>
Colectora calle Ramon Jurado	142,685
Colecotra calle 53 este	202,489
Colectora parroquia San Mateo	160,244
EB y linea de impulsión	371,678
Colectora Paitilla principal	430,677
Colecta Multicentro	38,376
Microtunel paitilla	3,410,916
Pozos de micro tunel (5)	1,438,619
<b>Punta Pacifica</b>	<b>11,800,981</b>
Colectora San Sebastian	136,408
Colectora Escuela profesional	24,043
Colectora Boulevard Pacifica	659,491
Colectora Boulevard Pacifica conexión PTAR	20,762
Colectora Super 99	266,524
Colectora calle 56 este	106,023
Colectora Javillo	143,426
Micro tunel Punta Pacifica	7,349,488
Pozos de microtunel (6)	3,094,816
<b>Total</b>	<b>17,996,665</b>