

ÍNDICE DE CONTENIDO DE LA SECCIÓN C

C. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	C-3
C.1. ANTECEDENTES GENERALES.....	C-3
C.1.1. Fundamento Legal que rige este EsIA	C-3
C.1.2. Alcance de este EsIA	C-3
C.1.3. Estudios previos	C-4
C.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	C-5
C.3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICO ADMINISTRATIVA	C-5
C.4. JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN.....	C-5
C.5. PARTES, ACCIONES Y DISEÑOS DE LAS OBRAS FÍSICAS.....	C-6
C.5.1. Población y Flujo de diseño	C-8
C.5.2. Concepto de las Obras físicas de la planta de tratamiento.....	C-9
C.5.3. Obras físicas de la planta de tratamiento.....	C-10
C.5.4. Componentes de la planta de tratamiento propuesta y los procesos unitarios involucrados	C-11
C.5.5. Programa de entrenamiento para operadores de plantas de tratamiento	C-11
C.6. VIDA ÚTIL Y DESCRIPCIÓN CRONOLÓGICA DE LAS ETAPAS	C-12
C.7. PLAN DE MANEJO DE LOS RECURSOS.....	C-12
C.7.1. Materias primas y equipos.....	C-12
C.7.2. Fuentes de energía	C-14
C.7.3. Agua potable	C-14
C.7.4. Aguas servidas.....	C-14
C.7.5. Desechos sólidos	C-15
C.7.6. Emisiones gaseosas.....	C-16
C.7.7. Lodos de la planta de tratamiento de Juan Díaz.....	C-17
C.7.8. Combustibles.....	C-17
C.8. ENVERGADURA DEL PROYECTO	C-17
C.8.1. Área de influencia.....	C-17
C.8.2. Requerimientos del proyecto	C-17
C.9. INVERSIÓN	C-18
C.10. ETAPA DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO.....	C-18
C.11. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	C-20
C.12. ETAPA DE OPERACIÓN.....	C-20
C.12.1. Proceso: Pretratamiento.....	C-22
C.12.2. Tratamiento biológico con la tecnología de lodos activados	C-26
C.12.3. Proceso Unitario: Aireación	C-26
C.12.4. Proceso Unitario: Sedimentación.....	C-28
C.12.5. Proceso Unitario: Desinfección	C-29
C.12.6. Decoloración	C-30
C.12.7. Efluente	C-30
C.12.8. Manejo de Lodos	C-31
C.12.9. Planta de Generación Eléctrica.....	C-35
C.12.10. Componentes electromecánicos de la PTAR.....	C-36
C.12.11. Perfil hidráulico	C-38
C.13. ETAPA DE ABANDONO.....	C-38
C.14. MARCO DE REFERENCIA LEGAL Y ADMINISTRATIVO.....	C-38
C.14.1. Constitución Nacional.....	C-39
C.14.2. Legislación sobre recursos hídricos y calidad del agua.....	C-39
C.14.3. Normas Técnicas de la Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas.....	C-42

C.14.4.	Normas relacionadas con los ruidos.....	C-48
C.14.5.	Normas relacionadas con la Calidad del Aire.....	C-49
C.14.6.	Normas sobre suelos	C-50
C.14.7.	Normas relacionadas con la fauna.....	C-51
C.14.8.	Normas relacionadas con la flora.....	C-52
C.14.9.	Desechos sólidos y peligrosos	C-52
C.14.10.	Normas relacionadas con los estudios de impacto ambiental	C-53
C.14.11.	Normas relacionadas con la participación ciudadana.....	C-53
C.14.12.	Convenios ambientales relevantes al proyecto	C-56

LISTADO DE TABLAS

Tabla C.1.	Distancias de la PTAR a las urbanizaciones más cercanas.....	C-5
Tabla C.2.	Proyección de la población hasta el año 2035	C-8
Tabla C.3.	Etapas de construcción de la PTAR	C-11
Tabla C.4.	Tabla resumen de las principales sustancias químicas a ser utilizadas en los procesos de la PTAR.....	C-13
Tabla C.5.	Caudales y factores de diseño.	C-14
Tabla C.6.	Requerimientos del proyecto	C-17
Tabla C.7.	Inversión de la PTAR por etapa en Balboas	C-18
Tabla C.8.	Equipos en el edificio de pretratamiento (Rejas)	C-23
Tabla C.9.	Equipos en el edificio de pretratamiento. (militamices).....	C-24
Tabla C.10.	Equipos en el edificio de pretratamiento (desarenadores).....	C-25
Tabla C.11.	Equipos para el control de olores en el edificio de pretratamiento	C-25
Tabla C.12.	Equipos para el proceso de aireación.....	C-27
Tabla C.13.	Equipos del proceso de sedimentación	C-29
Tabla C.14.	Equipos en el edificio de cloración	C-30
Tabla C.15.	Equipos de cloración.....	C-30
Tabla C.16.	Características de los tres sitios propuestos para la descarga del efluente	C-31
Tabla C.17.	Equipos del sistema de digestión de lodos.....	C-32
Tabla C.18.	Equipos en el edificio de manejo de lodos.....	C-33
Tabla C.19.	Producción Anual de Biogás y Generación Secundaria de Energía Eléctrica	C-35
Tabla C.20.	Cálculo de la Línea Base de CO ₂ equivalente.....	C-36
Tabla C.21.	Cálculo del Valor de los Créditos de Carbono.....	C-36
Tabla C.22.	Nomenclatura de Instrumentación.....	C-38

C. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En esta sección se describen las etapas de planificación, construcción, operación y abandono del proyecto, incluyendo las acciones que podrían generar impactos ambientales significativos. La Metodología para el desarrollo de las secciones se presenta en el Anexo 1.

C.1. Antecedentes generales

C.1.1. Fundamento Legal que rige este EsIA

Este Estudio de Impacto Ambiental se acoge al Decreto Ejecutivo No. 59 de 16 de marzo de 2000, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 83 del nuevo Decreto Ejecutivo No. 209 de 5 de septiembre de 2006, por el cual se reglamenta el Capítulo II del Título IV de la Ley 41 de 1ro. de julio de 1998, General del Ambiente, el que deroga el Decreto No. 59 de 16 de marzo de 2000, y que establece lo siguiente:

“Artículo 83. Aquellos Estudios de Impacto Ambiental que se encuentren en el proceso de evaluación al momento de la promulgación del presente Reglamento se registrarán por el decreto anterior hasta culminar sus respectivos procesos.

Aquellos Estudios de Impacto Ambiental que puedan comprobar estar en confección al momento de promulgarse este Decreto Ejecutivo tendrán que presentar dichas comprobaciones a más tardar 30 días después de la promulgación de este Decreto ante la Dirección de Evaluación y Ordenamiento Ambiental, lo que les permitirá acogerse a lo establecido en el Decreto anterior”.

El Ministerio de Salud, mediante Nota No. UCP-SCBP-486-2006, fechada 21 de septiembre de 2006 y recibida por la ANAM el 26 de septiembre de 2006, notificó al Ing. Bolívar Zambrano, Director Nacional de Evaluación y Ordenamiento Ambiental de la ANAM, que el proceso de contratación de la firma Ingemar Panamá se había iniciado el día 6 de julio de 2006, cuando todavía estaba vigente el Decreto 59, adjuntando la documentación que certifica dicha aseveración.

C.1.2. Alcance de este EsIA

El proyecto de Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá está dividido en cuatro (4) componentes o partes:

- Obras de recolección de aguas residuales.
- Obras de transporte de aguas residuales.
- Sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Rehabilitación del sistema sanitario existente.

Este estudio de impacto ambiental evalúa los posibles impactos y riesgos ambientales a ser generados por el sistema de tratamiento de aguas residuales, o sea, la planta de tratamiento de

aguas residuales (PTAR). Los demás componentes fueron aprobados por la Resolución DINEORA IA-067-2005 de 31 de agosto de 2005, que aprueba el Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, del Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá.

C.1.3. Estudios previos

El Gobierno de la República de Panamá ha planificado el desarrollo del Proyecto de Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Para iniciar este desarrollo se han realizado los siguientes trabajos de consultoría:

- Plan Maestro de Saneamiento para la Ciudad de Panamá, Greeley & Hansen 1959. Los planes para sanear la Bahía de Panamá se remontan a más de cuatro décadas atrás, cuando la firma consultora Greeley & Hansen preparó un primer Plan Maestro de Saneamiento para la Ciudad de Panamá, en 1959. El mismo contemplaba la construcción de tres PTAR para el área metropolitana de Panamá.
- Actualización del Plan Maestro para la Ciudad de Panamá, Hazen & Sawyer-Tecnipan 1977. Posteriormente, en 1977 y debido al crecimiento poblacional y la expansión del área metropolitana, se contrató al consorcio Hazen & Sawyer-Tecnipan para actualizar el Plan Maestro.

Recientemente se han desarrollado los siguientes estudios:

- Plan maestro y Estudio de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá, realizado por el consorcio CESOC, de 1998 a 2001.
- Plan Maestro Consolidado (PMC), realizado en 2001.
- Trabajos suplementarios del PMC: Diseño Conceptual y el Plan de Implementación, realizado en 2002.
- Trabajos de Asistencia Técnica para el Proyecto de Saneamiento de la Bahía y Ciudad de Panamá para la elaboración del diseño conceptual de las obras de transporte y planta de tratamiento, así como análisis del manejo de los lodos de la planta. Estos trabajos fueron ejecutados por Hazen & Sawyer, P.C. en el año de 2003.
- Elaboración del Plan de Mitigación Ambiental del Proyecto de Saneamiento de la Bahía y Ciudad de Panamá, ejecutado por la empresa CATEC, diciembre de 2003. Documento elaborado para H&S.
- Estudios, diseños y planos finales de las redes de alcantarillados, colectoras, estaciones de bombeo menores y líneas de impulsión menores. Estos trabajos fueron desarrollados en 2004 por parte de la Empresa Consultora de Ingeniería Hazen & Sawyer, P.C.

El Plan Maestro Consolidado estableció que se construirá una sola planta de tratamiento en las inmediaciones del Corredor Sur y el río Juan Díaz.

- Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, del Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. Ingemar 2005. Este estudio, aprobado por la ANAM, consideró el plan maestro con una PTAR única ubicada en el área de Juan Díaz utilizando el método de lodos activados con remoción biológica de nutrientes y un sistema presurizado de conducción. La resolución de la ANAM aprobó la construcción y operación de las redes de alcantarillado, colectoras y

sistema de transporte. La planta no fue aprobada porque los diseños eran muy conceptuales, por lo que se está presentando este Estudio de Impacto Ambiental.

- Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Nippon Koei, Co. LTD. 2006. Este proyecto conformaría la segunda fase del Proyecto de Saneamiento de la Ciudad y la Bahía de Panamá. Esta descripción de proyecto toma como base este último trabajo de consultoría, correspondiente al diseño básico de Ingeniería.

C.2. Objetivos del proyecto

El objetivo general del proyecto es mejorar la calidad de vida de la población de la Ciudad de Panamá, que será beneficiada con el desarrollo del proyecto, a través de los sistemas de recolección, transporte y el tratamiento de las aguas residuales.

El objetivo específico del proyecto es el tratamiento de las aguas residuales mediante la construcción de una planta de tratamiento biológico con la tecnología de lodos activados, con remoción biológica de nutrientes y alimentación por pasos (step feed-BNR) con el fin de ajustar los parámetros de calidad de las aguas a valores bajo norma.

C.3. Localización geográfica y político administrativa

La Planta de Tratamiento se construirá en un globo de terreno de 34.76 ha, ubicado en el Corregimiento de Juan Díaz, Distrito de Panamá, Provincia de Panamá. El terreno se localiza al sur del Corredor Sur y al Oeste de la desembocadura del Río Juan Díaz. Circundado por manglares, el terreno es la actual sede de las antenas propiedad de la Empresa Medcom. En la Figura 1 se muestra la localización y las coordenadas UTM del polígono. En la siguiente tabla se presentan las distancias de la Planta de Tratamiento a las urbanizaciones más cercanas:

Tabla C.1. Distancias de la PTAR a las urbanizaciones más cercanas

Urbanización	Distancia de la PTAR (m)
Costa del Este	718.79
Jardín Olímpico	2,493.11
Llano Bonito	2,173.19
San Fernando	2,554.46
Ciudad Radial	2,516.52

Fuente: Este estudio

C.4. Justificación de la localización

El promotor, con la asesoría de los diseñadores, ha tenido consideraciones de tipo técnico, económico, ambiental y social para justificar la ubicación de la planta, a continuación presentamos un resumen de estas consideraciones. Las consideraciones técnicas son:

- El principal aspecto técnico lo constituye el morfológico. La topografía de la Ciudad de Panamá facilita que un volumen de aguas residuales fluya por gravedad hacia la Bahía, lo que minimiza el uso de tuberías de presión con el necesario bombeo.

- Existen terrenos disponibles con vocación de uso de suelos compatible con la instalación de una planta de tratamiento.
- Es un proceso de construcción que facilita el desarrollo por etapas.
- El sitio escogido para la planta de tratamiento brinda espacio suficiente para albergue mínimo de los espacios necesarios, tanto para los edificios de las estructuras requeridas, de control y servidumbres, almacenamiento y tratamiento de los residuos del proceso propuesto, cumplimiento con los requerimientos de las especificaciones de los volúmenes de aguas residuales a ser tratadas y cantidad de sedimentos generados, que también requerirán de tratamiento.
- El terreno del proyecto está suficientemente distante del Aeropuerto Tocumen, por lo que no interfiere ni con el espacio aéreo ni el cono de aproximación.

Las consideraciones económicas son:

- Como es un proyecto integral, el cual técnicamente permite su realización por etapas, se puede desarrollar de acuerdo con la disponibilidad de recursos financieros del País.
- La selección del sistema de tratamiento se basó en el análisis y la comparación de varias alternativas.
- Los manglares que circundan el lote propuesto actuarán como zona de amortiguamiento entre la planta de tratamiento y las urbanizaciones circundantes.

C.5. Partes, acciones y diseños de las obras físicas

El consultor NIPPON KOEI presenta lo siguiente para ejecutar el diseño básico:

- Área disponible: 34.76 ha.
- Cota topográfica: 3.5 m.s.n.m.
- Temperatura Máxima: 28°C.
- Temperatura Mínima: 24°C.
- Método de Tratamiento del Afluente: Lodo activado RBN.
- Método de Tratamiento de Lodos: Digestión Anaeróbica.
- Año meta del diseño: 2020 en la primera etapa-2035 en la segunda etapa.

La Planta de Tratamiento se construirá sobre un polígono de 34.76 ha. Para el año 2035, la infraestructura a construirse ocupará 21.64 ha, o sea, el 62.26%, dejando las remanentes 13.12 ha para futura expansión. Sin embargo, el proyecto contempla reubicar la antenna existente dentro del polígono a un lote adyacente de 4.81 ha. Por lo tanto, el área total de desarrollo del proyecto suma 39.57 ha.

El Gobierno Nacional, a través de la ANAM tiene la intención de incluir este proyecto en su portafolio de proyectos de desarrollo limpio, para poder vender créditos de carbono, a través de la mitigación del metano como gas de efecto de invernadero producido en los digestores anaeróbicos de lodos de la planta, enmarcado dentro de las políticas y regulaciones derivadas del

Protocolo de Kyoto, del cual Panamá es dignatario. El estudio de Nippon Koei contiene una sección sobre el ahorro de energía y utilización de gas metano, que a continuación se transcribe¹:

“Se estima que para el año 2015, el ahorro en costos de energía sería de aproximadamente B/. 3,067 por día, equivalente a aproximadamente B/. 1,120,000 por año. Al final del horizonte de diseño, en el año 2035, se estima que el ahorro en costos de energía sería de aproximadamente B/. 2,135,000 por año.

Cabe señalar que estos cálculos se basan en una consideración del costo de energía constante de B/. 0.09 por KWh, mientras en realidad esta cifra subiría con el paso del tiempo.

De igual modo, este cálculo no incluye el costo de construcción, y de operación y mantenimiento del sistema de generación de energía dentro de la PTAR. Este análisis completo se hará como parte del diseño básico, y será entregado con el paquete final del proyecto.

Créditos de Carbono

En la tabla 4 se presenta el cálculo de la línea base, que es la masa equivalente de CO₂ que genera en la PTAR más el CO₂ equivalente a la energía que se tendría que producir. Esta masa se utiliza como base para la determinación de la masa de CO₂ que se deja de emitir como consecuencia del funcionamiento de la PTAR.

Para transformar el CH₄ a CO₂ equivalente se ha utilizado un factor de 21; es decir que el CH₄ es 21 veces más potente que el CO₂ para consideraciones del calentamiento global. Como no hay otros gases producidos por el proceso de digestión que son considerados como dañinos para efectos del calentamiento global, para este ejercicio solo se han considerado CH₄ y CO₂.

Tabla 4 – Cálculo de la Línea Base de CO₂ Equivalente

Año	Masa de CH₄ Generado (t- CH₄/año)	Masa de CO₂ Generado (t- CO₂/año)	Masa Equivalente de CO₂ (t- CO₂/año)	CO₂ equivalente para la producción de la electricidad en Panamá (t- CO₂/año)	Línea Base Total (t- CO₂/año)
2015	3,230	4,260	72,090	8,540	80,630
2025	5,330	7,030	119,000	14,080	133,100
2035	6,150	8,120	137,300	16,290	153,600

Transformar Kw/día a Mwh: 0.68670 t – CO₂/MWh

¹ Resumen de Generación de Gas Metano en la PTAR de Juan Díaz. En: Diseño del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá. Elaborado por Nippon Koei para la Unidad Coordinadora para el Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá. 2005.

En la tabla 5 se presenta el cálculo de los créditos de carbono utilizando un valor de B/.10 por t- CO₂. La masa de CO₂ utilizado para calcular el crédito es la masa calculada de la línea base menos la masa de CO₂ generada por la producción de energía de la generadora de la planta, como se explicó anteriormente.

Tabla 5- Cálculo del Valor de los Créditos de Carbono

Año	Línea Base Total (t-CO ₂ /año)	Masa de CO ₂ al Quemarse el Gas para la Generación de Energía (t-CO ₂ /año)	Masa de CO ₂ reducido (t-CO ₂ /año)	Crédito (B€/año)
2015	80,630	13,130	67,400	674,000
2025	133,100	21,680	111,300	1,113,000
2035	153,600	25,020	128,500	1,285,000

Valor del Crédito: B/.10 por T-CO₂

Como se puede apreciar, se estima un valor de aproximadamente B/. 674,000 para el año 2015, incrementándose a B/. 1,285,000 aproximadamente en el año 2035.

Hay dos asuntos principales que tomar en cuenta para interpretar estos datos: (1) se ha utilizado un valor de B/. 10.⁰⁰ por tonelada de CO₂, y (2) el mercado para estos créditos hasta el año 2035 no se puede considerar seguro ya que los tratados firmados hasta ahora no tiene plazos tan amplios. Se destacan estos puntos porque el mercado de los créditos de carbono todavía es bastante nuevo, y por lo tanto es imposible saber que precio ni que plazo uno pueda recibir hasta negociar los detalles con un potencial comprador.”

C.5.1. Población y Flujo de diseño

El diseño contempló el incremento de la población hasta el año 2035, cuya proyección se estima a continuación²:

Tabla C.2. Proyección de la población hasta el año 2035

Año	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Población	829,832	910,835	989,321	1,074,702	1,154,447	1,235,756	1,317,066

Fuente: Final Technical Assistance Report, Panama Bay Sanitation Project. Septiembre 2003. Elaborado por Hazen & Sawyer para la TDA

El diseño básico se ha realizado tomando en cuenta que la construcción se realizará en dos etapas.

² Final Technical Assistance Report, Panama Bay Sanitation Project. Septiembre 2003. Elaborado por Hazen & Sawyer para la TDA, que a su vez está desarrollado a partir del Estudio del Plan Maestro CESOC de mayo de 2001 y del Plan Maestro Consolidado (PMC) del Ministerio de Salud de julio de 2002.

- **Primera Etapa- Período de 2009 a 2020:** La primera etapa comprende los caudales correspondientes a la zona Oeste de la Ciudad incluyendo el aporte de la estación de bombeo de Juan Díaz y el aumento del flujo hasta el año 2020. El caudal de diseño de la primera etapa es de $4.32 \text{ m}^3/\text{s}$
- **Segunda Etapa- Período 2020 a 2035:** La segunda etapa incorporará los aportes de las estaciones de Tocumen y Ciudad Radial, así como el aumento del caudal proveniente de la zona oeste de la Ciudad hasta el año 2035. El caudal de diseño de la segunda etapa aportará $1.872 \text{ m}^3/\text{s}$ a la capacidad instalada, por lo que la capacidad final de la PTAR sería $6.196 \text{ m}^3/\text{s}$.

C.5.2. Concepto de las Obras físicas de la planta de tratamiento

Para una mejor comprensión de las partes físicas de la PTAR, así como de los procesos físico-químicos unitarios involucrados, y teniendo como referencia la naturaleza del desecho líquido que se procesa, se parte del concepto que la PTAR cuenta con dos líneas principales de tratamiento, a saber, la línea de los líquidos y la línea de los lodos.

C.5.2.1. Línea de los líquidos

- **Edificio de pretratamiento:** En esta parte de la PTAR se recibe el agua residual procedente las tuberías de conducción, las del oeste de la Ciudad de Panamá y las del Este, este edificio tiene los componentes: Cámara de rejas (de 12mm de abertura) y Militamices (de 3mm de abertura) para la eliminación de materiales flotantes y basuras y los desarenadores tipo vórtice para la eliminación de partículas inertes.
- **Control de olores:** Saliendo del pretratamiento se tiene un tratamiento al agua residual para controlar los olores con solución cáustica e hipoclorito de sodio.
- **Proceso de tratamiento Biológico:** Tecnología de lodos activados (Step feed – BNR) consiste en la distribución del efluente en diferentes puntos a lo largo del tanque de aireación. Los componentes son: la eliminación de nitratos por desnitrificación mediante proceso anóxico (sin oxígeno); la conversión de la DBO soluble en sólidos suspendibles volátiles (Biomasa), mediante un proceso aeróbico en los tanques de aireación; eliminación del fósforo total por sedimentación en los sedimentadores secundarios.
- **Proceso de desinfección:** La parte líquida del agua residual que sale de los sedimentadores secundarios se somete a un proceso de desinfección. Se analizaron dos alternativas: desinfección con radiación ultravioleta y desinfección con cloro. La alternativa con desinfección con cloro gaseoso fue la más económica, por lo tanto fueron desarrollados los diseños para la cloración.
- **Decloración:** Si el porcentaje de cloro residual está arriba de lo especificado en la norma se produce la reducción del cloro residual mediante la adición de SO_2 antes de su vertimiento al Río Juan Díaz.

C.5.2.2. Línea de lodos

- **Espesamiento de lodos:** Es el primer componente. Se busca aumentar el contenido de sólidos mecánicamente con un espesador de banda por gravedad (GBT). En esta parte se produce una dosificación de polímeros para aumentar el número de sólidos.
- **Control de olores:** En esta parte del proceso de tratamiento se le da a los lodos un tratamiento químico con solución cáustica e hipoclorito de sodio para controlar los olores.
- **Estabilización de lodos:** La estabilización de lodos se realiza mediante digestión anaeróbica, en la que se encuentran digestores primarios en donde se tiene un mecanismo de mezcla permanente y en digestores secundarios en donde se finaliza el proceso de estabilización.
- **Producción de gas metano:** Como producto de la digestión anaeróbica se espera una producción de gas metano, el cual podrá ser utilizado para generar energía eléctrica a través de una turbina dual (diesel-gas natural). Los consultores estimaron que para el año 2010 se podría generar 2.3 Mm³/año, con una generación de energía eléctrica de 7,755,039 Kwh/año; para el año 2020, una generación de gas metano de 2.9 Mm³/año y una generación de energía eléctrica de 8,897,519 Kwh/año.
- **Deshidratación de lodos:** Los lodos digeridos se deshidratan en centrífugas, a las cuales les llega el lodo digerido a través de una tubería proveniente de los digestores.

C.5.3. Obras físicas de la planta de tratamiento

En el plano del diseño básico de la planta de tratamiento se identifican las siguientes obras físicas (Figura 2):

- Administración.
- Edificio de Pre tratamiento.
- Tanque de aireación.
- Sopladores.
- Talleres de mantenimiento.
- Tanques de combustible.
- Sedimentadores secundarios.
- Cámaras de bombas de lodos.
- Digestores.
- Edificio de manejo de lodos.
- Edificio de cloración.
- Tanques de contacto.
- Caja de distribución de sedimentadores.
- Decloración.

- Edificio de Administración de químicos.
- Caja de distribución de tanques de contacto.
- Área para disposición de lodos.
- Sub estación eléctrica.
- Tanque de almacenamiento de agua potable.
- Tanque de almacenamiento de agua reciclada.
- Filtro de presión.
- Caja de salida.

C.5.4. Componentes de la planta de tratamiento propuesta y los procesos unitarios involucrados

La siguiente tabla presenta las partes de la planta en forma tabulada, según los procesos unitarios que se desarrollan y la cantidad de unidades que se construirán por etapa.

Tabla C.3. Etapas de construcción de la PTAR

Etapa	Caudales de Diseño m ³ /s			Número de Unidades por Etapa											
	Q _{pes}	Q _{md}	Q _{mh}	Pretratamiento			Lodos Activados			Digestores		Manejo de Lodos		Tanques de Contacto	
				R	MT	DV	TA	SOP	SED	RAS	P	S	GBT		C
I 2010 - 2020	3.529	4.411	6.352	5	8	3	8	3	16	3	4	3	3	3	3
II 2020 - 2035	6.196	7.745	11.153	1	4	1	3	1	6	1	1	2	1	1	1
TOTAL				6	12	4	11	4	22	4	5	5	4	4	4

R = rejas, MT = millamicos, DV = desarenador de vórtice, TA = Tanque de aireación, SOP= cuarto de sopladores, SED = Sedimentadores, RAS = Cámara de recirculación de lodo, P = digestor primario, S = Digestor Secundario, GBT = espesador de banda, C = centrifugas

Fuente: Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.5.5. Programa de entrenamiento para operadores de plantas de tratamiento

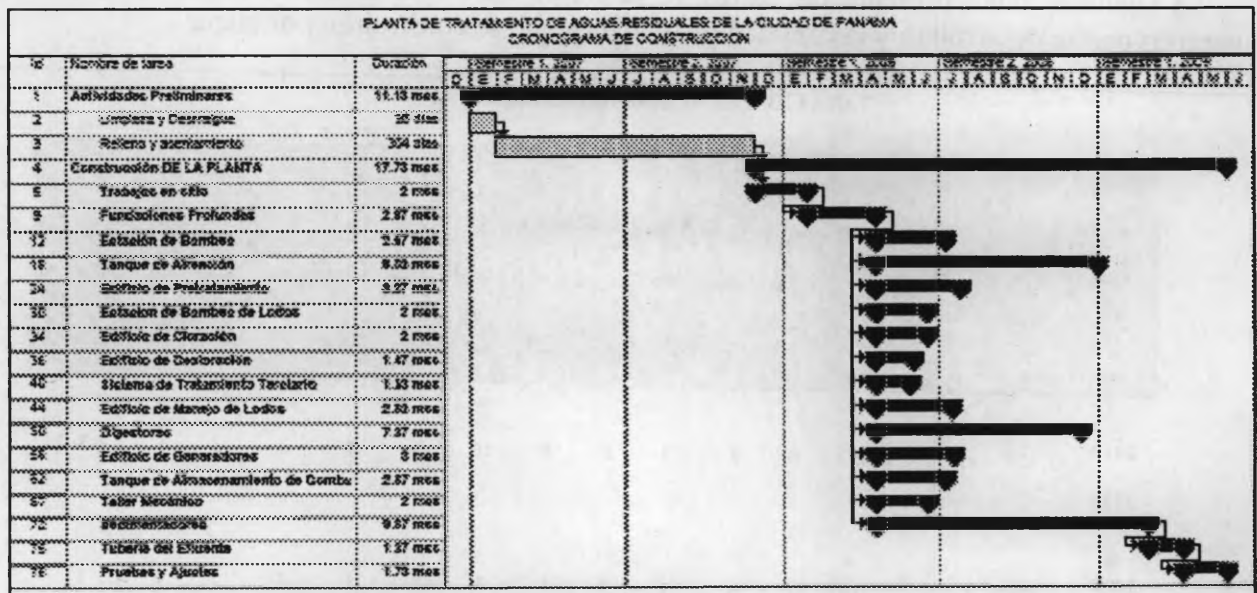
El Proyecto está contemplando una contratación de Diseño, Construcción y Operación, por lo que el contratista que desarrolle la obra de la Planta de Tratamiento, tendrá la responsabilidad de capacitar el personal para la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas

residuales, a fin de garantizar la correcta operación de los mismos. El mismo deberá durar un periodo razonable para asegurar el adecuado entrenamiento de los operadores eventuales. El proyecto incluirá documentación completa e informativa al igual que manuales de operación y mantenimiento.

C.6. Vida útil y descripción cronológica de las etapas

El proyecto de construcción se ha dividido en dos etapas, a saber: una primera etapa con un periodo de 2009 al 2020 y una segunda etapa con un periodo de 2020 a 2035. La vida útil del proyecto se estima en 20 años en su primera etapa. En la tabla anterior también se pueden observar los componentes de la PTAR que se construirán en cada etapa.

En cuanto a la PTAR se ha estimado un total de once meses para el proceso de licitación. Al igual que para el sistema de conducción será necesaria una pre calificación. El diseño final de la PTAR tomará aproximadamente doce meses. A continuación se presenta el cronograma de construcción:



Fuente: Unidad Coordinadora del Saneamiento de la Ciudad y Bahía de Panamá (MINSA)

C.7. Plan de manejo de los recursos

C.7.1. Materias primas y equipos

Durante la construcción, se realizará un relleno de por lo menos 1.5 m sobre el nivel actual. Considerando que las estructuras ocuparán un área de 21.64 ha, el volumen total estimado será de 324,600 m³ de material de relleno. Las fuentes del material de relleno contarán con sus respectivos Estudios de Impacto Ambiental aprobados. Además, los materiales y equipos, incluirán, entre otros, hormigón, acero de refuerzo, bombas sumergibles, válvulas, cemento, arena, piedra triturada, pintura, equipo especializado variado, ventanas de vidrio, puertas de madera, puertas metálicas, techos de zinc u otro material. Diversos equipos especializados en gran cantidad.

Durante la fase de operación, la materia prima se limitará a las aguas residuales de la ciudad de Panamá, incluyendo las cuencas de los ríos Curundú, Mataznillo, Río Abajo, Matías Hernández, Tapia, Juan Díaz, Cabra y Tocumen; y químicos para diversos tratamientos durante el proceso de aguas y lodos. (otras materias primas para la fase de operación son los equipos y materiales para el mantenimiento de la planta).

Los químicos necesarios para la operación y mantenimiento de la PTAR serán almacenados en un edificio especial para el almacenaje de los mismos; dicho edificio presenta en el diseño un área de 800 m². Algunos de los químicos a almacenarse pueden ser clasificados como sustancias peligrosas. El cloro gaseoso (Cl₂), hidróxido de sodio (NaOH), ácidos y químicos utilizados para el control de lavado químico de olores son considerados peligrosos. También se almacenarán combustibles e hidrocarburos que son utilizados para el funcionamiento de la planta. Durante la operación los contratistas tendrán que cumplir con las normativas del cuerpo de bomberos de Panamá, la NFPA y la norma DGNTI-COPANIT 43-2001 en cuanto al almacenamiento, manejo y trabajo con sustancias explosivas y peligrosas. Entre estas medidas se deberán construir sistemas de retención de fugas para los líquidos peligrosos; además de que se contará con equipos de limpieza como absorbentes y otros materiales que se serán utilizados en el caso de un derrame. El edificio deberá contar con sistemas de ventilación y de extinción de incendios. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los principales químicos que serán almacenados en el edificio de administración de químicos:

Tabla C.4. Tabla resumen de las principales sustancias químicas a ser utilizadas en los procesos de la PTAR

Nombre del Químico	Proceso de tratamiento donde se utiliza	Características
Hidróxido de Sodio (NaOH, Soda Caústica)	Lavado químico para control de olores.	El hidróxido de sodio comúnmente llamado como soda caústica es utilizado en el control químico de olores en la plantas de tratamiento de aguas residuales para remover H ₂ S (Sulfuro de hidrógeno) que se producen en el pretratamiento y en manejo de lodos. También sirve para mantener el nivel del pH debido a sus características básicas. Es una sustancia no inflamable, pero puede causar incendios y explosiones cuando se combina con sustancias no compatibles. Puede causar quemadura a los ojos, la piel, el sistema respiratorio, digestivo y ceguera.
Hipoclorito de Sodio (NaClO)	Lavado químico para control de olores.	El hipoclorito de sodio es utilizado en los sistemas de lavado químico de las plantas de tratamiento de aguas residuales; especialmente para remover el H ₂ S en la segunda y tercera etapa de lavado. Es un líquido incoloro y con olor fuerte. Es estable, sensible a la luz, incompatible con ácidos fuertes, aminas y otros compuestos orgánicos. Es corrosivo y dañino cuando se ingiere, se inhala o se tiene contacto con la piel.
Cloro gaseoso (Cl ₂)	Cloración.	El cloro gaseoso es el desinfectante que más se utiliza en las PTAR debido a su bajo costo. Es un gas amarillo verdoso. Comburente con ciertas sustancias, reacciona con compuestos orgánicos y puede causar ignición al contacto con ciertos materiales. Es peligroso cuando entra en contacto con el hidrógeno, acetileno, éter, amoníaco, hidrocarburos, metales en polvo. Puede ser irritante al sistema respiratorio, produce náuseas, dolores de cabeza y bloqueo del sistema nervioso.
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Decloración.	El dióxido de azufre se utiliza en los sistemas de tratamiento en el proceso de desinfección; específicamente durante la decloración con el objetivo de remover el cloro gaseoso.

Nombre del Químico	Proceso de tratamiento donde se utiliza	Características
Polímero	Espesamiento y Deshidratado de lodos.	Los polímeros son utilizados en el manejo de lodos específicamente durante los procesos de espesamiento y deshidratado. Los polímeros son sustancias sintéticas, no peligrosas con una carga eléctrica que atrae las partículas finas para formar partículas más grandes. Polímeros existen en tres formas: líquida, seca y en emulsión. Los polímeros no son inflamables, combustibles, corrosivo o reactivos.

Fuente: Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.7.2. Fuentes de energía

La energía que requerirá la PTAR será suministrada por la empresa comercial Elektra, S.A. El diseño de la planta considera una generación de electricidad por medio del aprovechamiento del gas metano generado en los digestores de la planta se ha estimado un 30% del total, estimandose una generación de 6,870,185 Kwh/año para el año 2010 y de 12,903,381 Kwh/año para el año 2035.

C.7.3. Agua potable

El agua potable que se consumirá en la planta será abastecida de las redes del acueducto del IDAAN de ese sector.

C.7.4. Aguas servidas

El sistema propuesto tiene el objetivo de recolectar, transportar y tratar las aguas residuales que se generan en la Ciudad de Panamá, incluyendo los distritos de Panamá y San Miguelito.

En el diseño básico de la planta de Juan Díaz se prevé que la calidad del efluente cumpla con las normas ambientales vigentes en Panamá. Se ha concentrado en el nivel de Nitrógeno Orgánico Total y los niveles de contaminación de los SST y DBO₅ menores de 35 mg/l.

Comparando el afluente con el efluente, se destacan los siguientes datos de caudales y parámetros a ser tratados:

Tabla C.5. Caudales y factores de diseño.

caudales	l/seg	m ³ /hr	m ³ /día	Factores K
Promedio	6196.0	22305.60	535334.40	1
Máx. Diario	7745.0	27882.00	669168.00	1.25
Máx. Horario	11152.6	40150.08	963601.92	1.8
Mín. Horario	3717.6	13383.36	321200.64	0.6

Fuente: Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

El diseño final de la planta PTAR cumplirá con la norma panameña de descargas de aguas residuales a cuerpos naturales de agua. El diseño contempla los siguientes parámetros:

Parámetro	mg/L
N _{total}	5.72
N-NH ₄	0.36
N-NO ₃	3.0
N-Kjeldahl	1.91
P _{total}	2.58
SST	15.8
DBO	4.74
DQO	32.4

Fuente: Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá,
Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.7.5. Desechos sólidos

C.7.5.1. Desechos a producirse durante la fase de construcción

Durante la fase de construcción se producirán dos (2) tipos de desechos en términos generales: los desechos generados por el personal humano involucrado en la construcción de las diferentes obras (trabajadores, inspectores, ingenieros, administradores, etc.); y los desperdicios de la construcción. Los desechos de origen doméstico de desperdicios de construcción serán llevados al relleno sanitario de Cerro Patacón para su disposición final, y se procurará recuperar aquellas partes de los desechos que tengan algún valor comercial para el reuso o como materia prima en la industria; y los desechos vegetales producto de la limpieza y desarraigue.

C.7.5.2. Desechos a producirse durante la fase de operación

Los desechos sólidos a producirse durante la fase de operación serán de tipo doméstico, producidos por el personal en las oficinas administrativas y de operaciones (administradores, trabajadores, ingenieros, etc). En las rejillas de la entrada de la planta de tratamiento se anticipa que se colectarán sólidos que fueron conducidos a través de las tuberías de conducción.

El material retenido en las rejillas mecánicas consistirá generalmente en sólidos de tamaño considerable, como rocas, papel, plásticos, telas y materia orgánica. El material cribado después del paso del agua residual cruda será transportado hasta el sistema de lavado y compactación por una faja transportadora cubierta, de donde se descargará a un contenedor para ser posteriormente recogido por camiones recolectores de basura.

El material que se retendrá en los militarices consistirá principalmente en telas delgadas, papel, plásticos, arenas, materiales delgados y materia orgánica. El material removido en los militarices será conducido a través de fajas transportadoras, lavado y compactado en forma conjunta con el material cribado de las rejillas finas.

Se estima una tasa de 30 litros (0.03 m^3) de desechos colectados por las rejillas por cada 1000 m^3 de agua residual en la PTAR.³ Considerando que el flujo de agua residual que entrará a la

³ Consultores Metcalf & Eddy, Inc

instalación será de 535,334.40 m³/día, se estima que el volumen total de desechos sólidos a ser generado será de 16.06 m³/día.

C.7.6. Emisiones gaseosas

En la planta de Juan Díaz se generarán gases producto de liberación de gases en los diferentes procesos unitarios.

El diseño de la planta contempla dos sitios para el control de olores, es decir de las emanaciones gaseosas, a saber: en el del edificio de pretratamiento, debido a la descomposición de la materia orgánica con la consiguiente generación de olores fuertes, el otro sitio es en el edificio de manejo de lodos: espesadores de banda, centrífugas, deshidratación.

Los largos periodos de retención hidráulica en el sistema de alcantarillado y la alta temperatura del líquido son factores que acelerarán la generación de gas sulfhídrico así como de otros gases malolientes, como amoníaco y mercaptanos en el pre-tratamiento. En consecuencia dos medidas de control de olores han sido consideradas: contención y tratamiento químico.

La contención mantendrá un sistema de ventilación con presión negativa dentro del edificio de pre-tratamiento. El desagüe se hará a través de tuberías soterradas. Los gases malolientes serán atrapados y tratados mediante un sistema de lavado químico de gases. El sistema estará compuesto de tres etapas en serie.

En la primera etapa, el gas se pondrá en contacto con una solución de hidróxido de sodio (NaOH), la cual atrapará el 70% del gas sulfhídrico y lo convertirá a una forma de sulfuro soluble. En las dos etapas sucesivas el gas reaccionará (en un medio de polipropileno) con una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) e hidróxido de sodio (NaOH), oxidando los compuestos gaseosos oxidables, produciendo sulfato de sodio y cloruro de sodio como sub-productos. La eficiencia esperada de este proceso es del 99%.

El sistema de ventilación en áreas donde habrá personal deberá proveer de al menos 12 cambios de aire por hora y en las zonas donde normalmente no hay personal, el sistema de ventilación proveerá de seis cambios de aire por hora. La cantidad de aire que ingresará al edificio será igual a la cantidad de aire tratada por el sistema de control de olores. Los ductos de extracción de aire estarán ubicados sobre los puntos de origen de los olores y serán colectados y tratados.

En el edificio de manejo de lodos se llevarán a cabo dos tipos de procesos unitarios, el espesamiento y deshidratado de lodos. En el caso del proceso de espesamiento, los lodos en exceso WAS serán aeróbicos y frescos, por lo que los olores no serán tan ofensivos; sin embargo, el informe de Nippon Koei recomienda el uso de espesadores de banda (GBT) con cubierta para controlar el escape de olores. La otra fuente de olor será el proceso de deshidratación, donde los lodos provenientes de los digestores secundarios serán descargados en las centrífugas. Estos lodos contendrán altas concentraciones de sulfuros; sin embargo, las centrífugas consistirán en unidades cerradas que contendrán los olores. Además de la contención de los gases dentro de los equipos, se ha propuesto el tratamiento químico de los gases de manera similar al empleado en el edificio de pre-tratamiento.

C.7.7. Lodos de la planta de tratamiento de Juan Díaz

En la planta diseñada se tienen áreas para almacenamiento de lodos deshidratados y secados; específicamente en el edificio de manejo de lodos. Los lodos pueden permanecer en la instalación hasta 15 días para después ser llevados al Relleno Sanitario de Cerro Patacón, operado por la Alcaldía del distrito de Panamá.

Para un caudal de agua residual de $6.196 \text{ m}^3/\text{s}$. y en base a las características de la misma, el diseñador ha calculado una producción de lodo de 48.660 Ton/día . Se estima que para el 2035 se generarán unos 12 camiones por día.

C.7.8. Combustibles

La planta de tratamiento contará con un edificio en donde se almacenarán cuatro (4) tanques de combustibles de 5,000 galones cada uno (14 pies x 7.9 pies x 7.9 pies). El edificio tiene dimensiones de $25.94 \text{ m} \times 19.48 \text{ m} \times 3.60 \text{ m}$ de altura y cuenta sus instalaciones eléctricas y mecánicas correspondientes. Los tanques deben contar con su noria de retención que puede retener 110% del volumen del tanque según las normas de la NFPA y del Cuerpo de Bomberos de la República de Panamá. En la Figura 3 se observa la planta general y la sección del edificio.

C.8. Envergadura del proyecto

C.8.1. Área de influencia

El área de influencia directa consiste en el lote de construcción, los manglares circundantes a la planta, que se extienden desde Costa del Este hasta el río Juan Díaz, y los fangales litorales frente a la línea costera, entre Costa del Este y el río Juan Díaz, que son parte del Sitio Ramsar Bahía de Panamá. La zona de influencia indirecta incluye la Bahía de Panamá, la Ciudad de Panamá (su centro y también la periferia) y el Distrito de San Miguelito. Además este proyecto influirá en todo el país por su impacto sanitario y ambiental.

C.8.2. Requerimientos del proyecto

En la siguiente tabla se presentan algunos datos de los requerimientos del proyecto que han sido tomados de los documentos del diseño básico del proyecto.

Tabla C.6. Requerimientos del proyecto

Item	Requerimiento
Volumen de producción	La planta de Juan Díaz ha sido diseñada para una producción de aguas residuales total hasta de $6.196 \text{ m}^3/\text{s}$. Aproximadamente 141.3 MGD, divididos en etapas: en la primera: $4.32 \text{ m}^3/\text{s}$ (98.6 MGD) y en la segunda etapa: $1.87 \text{ m}^3/\text{s}$ (42.7 MGD).
Número de trabajadores durante la planificación	Se ha estimado en 60 personas, entre personal de la Unidad Coordinadora del proyecto y personal de las empresas consultoras.
Número de trabajadores durante la construcción	Variable según el componente que se trate. Se definirá cuando se realice la Ingeniería de detalle. Se estima en 200 personas, entre personal técnico, administrativo y trabajadores calificados y no calificados.

Item	Requerimiento
Número de trabajadores durante la operación y mantenimiento.	Variable, se necesitarán operarios en la planta de tratamiento y en las estaciones de bombeo, además un personal de mantenimiento para reparación de daños de tuberías y otros daños durante la operación de los sistemas. Se estima en 100 personas, entre personal para supervisión, administrativo y técnico.
Requerimientos de electricidad	Un tendido eléctrico de 13.80 Kv proveerá la energía eléctrica para la PTAR.. Los costos estimados por electricidad en el año 2010 son: 3.45 millones/año y en el año 2035 los costos estimados son: 5.97 millones/año.
Requerimientos de agua	Variable según el componente y la etapa de desarrollo del proyecto.
Acceso a centros de atención médica	Hay asistencia médica pública y privada en todo el ámbito del proyecto.
Acceso a centros educacionales	Hay centros educacionales en todo el ámbito del proyecto.
Camino y medios de transporte	En todos los sitios de trabajo en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto y para los diferentes componentes existirán caminos y medios de transporte.

Fuente: Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.9. Inversión

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los costos de las obras civiles, de quipos y terreno de la PTAR:

Tabla C.7. Inversión de la PTAR por etapa en Balboas

Etapas	Terreno	Obra Civil	Equipo	Total
Primera	6,750,000	46,390,464	64,351,121	117,491,586
Segunda		13,754,291	20,890,606	34,644,897
Total	6,750,000	60,144,756	85,241,727	152,136,483

Fuente: Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá,
Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.10. Etapa de Planificación y diseño

El proyecto del Saneamiento de la Ciudad y la Bahía de Panamá comenzó su etapa de planificación en el año 1959, cuando los primeros estudios fueron realizados por la empresa Greely and Hansen. Este estudio contemplaba el primer Plan Maestro de Saneamiento para la Ciudad de Panamá; en el mismo estudio ya se mencionaba la idea de construir plantas de tratamiento para las aguas residuales que se producían en la ciudad. A partir de ese momento se han realizado un sinnúmero de estudios con respecto al tema; entre los principales tenemos:

- Actualización del Plan Maestro del Saneamiento de la Ciudad de Panamá. Hazen and Sawyer-Tecnipan, 1977.
- Plan Maestro y Estudios de Factibilidad para el Saneamiento de la Ciudad y la Bahía de Panamá. Consorcio Cesoc, 1998-2001.
- Plan Maestro Consolidado, Diseño Conceptual y Reporte de Implementación. Ministerio de Salud, 2001.
- Reporte Final de Asistencia Técnica para el proyecto de Saneamiento de la Bahía de Panamá. Hazen and Sawyer, 2003.

- Estudios, Diseños y Planos Finales de Redes de Alcantarillados Sanitarios, Colectoras, Estaciones de Bombeo, Líneas de Impulsión y Rehabilitación de la Red de Alcantarillado Sanitario existente en la Ciudad de Panamá. Hazen and Sawyer, 2004.
- Estudio de Impacto Ambiental, Categoría III, del Saneamiento de la Ciudad y la Bahía de Panamá. Ingemar Panamá, 2005.

De acuerdo al esquema establecido por el Gobierno de Panamá, el proyecto será ejecutado por el Ministerio de Salud a través de la Unidad Coordinadora del Proyecto (UCP). Esta Unidad fue creada mediante el Decreto Ejecutivo #144 del 20 de Junio del 2001. La Unidad es básicamente una unidad de gerencia del proyecto, la cual es responsable de administrar las tareas de coordinación, preparación, ejecución y supervisión del proyecto hasta su terminación. La UCP ha venido cumpliendo con estas funciones durante toda la fase preparatoria del proyecto, en coordinación con IDAAN y con la UTPP (Unidad Técnica de Políticas Públicas). La Unidad Coordinadora cuenta con el siguiente grupo de profesionales: un Coordinador General; un Ingeniero de Supervisión; un Especialista en Contrataciones, un Ingeniero Administrador; un Ingeniero Sanitario; un Ingeniero Consultor; un Contador; un Administrador Financiero; un Abogado; un Ingeniero Electromecánico; una Secretaria Ejecutiva; un Técnico Ambiental.

En marzo del 2005 la empresa consultora Nipón Koei fue contratada por el Banco Interamericano de Desarrollo para que realizara un estudio de alternativas y un diseño básico correspondiente a la alternativa seleccionada. El informe correspondiente a la evaluación y selección de alternativas fue entregado en agosto de 2005. De un total de ocho alternativas propuestas se seleccionó la que consistía en un sistema de impulsión y estaciones de bombeo con una sola Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. El informe que correspondía al Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de aguas residuales de la Ciudad de Panamá fue entregado por el consultor en julio del 2006; en este estudio se desarrollan los elementos de ingeniería del diseño básico, la estimación de costos del proyecto y las recomendaciones del consultor.

Los resultados del diseño básico arrojaron la necesidad de la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de tipo secundario, con alimentación escalonada (step feed) y con remoción biológica de nutrientes (RBN); este tipo de tecnología fue seleccionada con el objetivo de que cumpliera con la normativa vigente para descargas directas a cuerpos y masas de aguas superficiales (DNGTI-COPANIT 35-2000).

El diseño del consultor Nipón Koei plantea un plan de implementación para la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que se divide en dos etapas. La primera etapa corresponde a la construcción de los módulos de la planta que corresponderá al sector oeste de la ciudad (Desde el casco viejo al río Juan Díaz); la misma iniciará labores de construcción en el año 2007 y estará operando en el 2009 con un caudal promedio de $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ para un horizonte de diseño hasta el año 2020. La segunda etapa corresponderá al sector este y al aumento de la demanda del sector oeste; iniciará operaciones en el 2020 con un caudal promedio de $6.196 \text{ m}^3/\text{s}$ para un horizonte de diseño hasta el año 2035.

C.11. Etapa de construcción

Las obras están a nivel de diseño básico, la licitación será con el modelos de Diseño-Construcción-Operación. Este diseño básico permite tener un alto porcentaje de aproximación de los costos reales y definitivos. Los diseños representan casi un 60% de los diseños finales.

La construcción se iniciará con las actividades de limpieza y desarraigue y relleno. Será necesario reubicar la antena de la televisora, que actualmente se encuentra en el terreno. Para ello, el Promotor habilitará un lote de 4.81 ha justo al oeste de la vía de acceso; lote que además colinda con el terreno donde se ubicará la planta de tratamiento y el manglar (Figura 1). A continuación se construirá una nueva antena con sus instalaciones de soporte (energía eléctrica). Una vez terminada, se conectará la energía eléctrica a la nueva antena y se desarmará la existente. Al mismo tiempo se construirán las instalaciones que compondrán la planta.

C.12. Etapa de operación

La planta de tratamiento de Juan Díaz operará de manera continua las 24 horas del día, siete días a la semana. En el diagrama de flujo de los procesos que aparece en el Anexo F del Informe Final de Nippon Koei se describen de manera continua las líneas de líquidos y la línea de sólidos. Se identifican los siguientes pasos:

- **Paso 1:** Entrada de las aguas servidas crudas que llegan a la planta por dos tuberías de impulsión, una del sector este de 2,500mm de diámetro y otra del sector oeste de 2,000 mm de diámetro. Las aguas residuales pasan las rejillas mecánicas con compuertas de allí pasa a militamices de 3mm con una inclinación de 35°. Los tamices estarán alineados en dos baterías de seis unidades cada una. Las aguas residuales pasan a los tanques desarenadores. Para la primera etapa se han considerado tres de los cuatro previstos; los desarenadores son del tipo vórtice.
- **Paso 2:** Las aguas residuales a las cuales se le ha removido las arenas y otros objetos materiales pasan a los tanques anóxico y de aireación. En la primera etapa se han considerado dos baterías de tres tanques cada uno y dos tanques de aireación, es decir ocho (8) unidades. Cada tanque de aireación a su vez estará subdividido en tres tanques anóxicos (sin oxígeno), con una capacidad de 851 m³ cada uno.
- **Paso 3:** Las aguas residuales que salen de los tanques de aireación pasa a los tanques de clarificación final en donde se le agrega un coagulante.
- **Paso 4:** A las aguas se le agrega cloro en el edificio de cloración para luego pasar a los tanques de contacto, donde se produce la desinfección. Para el proceso de desinfección se estudiaron dos (2) alternativas, la desinfección con radiación ultravioleta y la desinfección con cloro. Para las dos opciones se realizaron análisis económicos, resultando más económica la desinfección con cloro gaseoso. Por lo tanto se desarrollaron los diseños del almacenamiento de cloro, el edificio de cloración y el tanque de contacto. A las aguas residuales a la salida de los tanques de contacto se le agrega SO₂ para producir la decloración antes de pasar al efluente que las conducirá al punto de descarga; dicho efluente cumple con la legislación sanitaria y ambiental del País.

- **Paso 5:** De los tanques de clarificación final salen lodos activados (RAS) que son recirculados y son inyectados a las aguas residuales que se conducen en tuberías antes del primer tanque anóxico mediante bombeo.
- **Paso 6:** Los excesos de lodos (WAS) son conducidos a los espesadores de bandas por gravedad (GBT) en donde se le agregan polímeros. Los lodos activados desechados del proceso (WAS), con una concentración de sólidos aproximada del 1%, son bombeados desde las cámaras de bombeo WAS/RAS a través de cuatro (4) tuberías de 200 mm de diámetro al tanque de almacenamiento y regulación de lodos (600 m³). Del tanque se bombea a los espesadores de banda (GBT) a través de dos tuberías de 250 mm de diámetro. Antes de ingresar a los espesadores se dosifica en línea una solución de polímero por medio de un mezclador estático. La conducción se realiza con bombeo.
- **Paso 7:** De los espesadores de bandas los lodos pasan a los digestores primarios y secundarios. La alimentación del lodo espesado a los digestores primarios se hace a través de tuberías de hierro dúctil de 150 mm de diámetro, en un bombeo programado de 30 minutos por digestor, la entrada de lodo se realiza en varios puntos al mismo tiempo. Se han considerado en total cinco (5) digestores primarios y cinco (5) digestores secundarios. En la primera etapa cuatro primarios y tres secundarios. Cada tanque tiene un periodo de retención de 13 días, es decir que ambos hacen un total de 26 días, y una redundancia del 100% es decir, cuatro digestores pueden asumir el caudal del quinto digestor cuando este último salga de servicio. Los digestores secundarios también tienen la opción de recircular el lodo dentro de si mismos o al digestor primario correspondiente. El lodo efluente va por gravedad a las centrífugas para su deshidratación. Los tanques secundarios tienen una cubierta flotante y dos de ellos llevan un gasómetro del tipo membrana que permiten almacenar hasta 5,000 m³ de gas la conducción del gas se realiza con bombeo.
- **Paso 8:** De los tanques digestores salen lodos que se les agregan polímeros y luego son conducidos a centrífugas de deshidratación de lodos, a través de bombeo.
- **Paso 9:** Los lodos inertes son transportados fuera de las instalaciones. Durante dos semanas estarán almacenados en el edificio de manejo de lodos, luego son transportados al relleno sanitario de Cerro Patacón.
- **Paso 10:** De los espesadores de banda (GBT) salen lodos activados que son recirculados en un flujo secundario hacia la entrada del proceso antes de las rejillas.
- **Paso 11:** Al flujo secundario de recirculación llegan lodos del tanque de clarificación final, como nata, también de los tanques digestores secundarios y de las centrífugas de deshidratación de lodos. Este flujo llega hasta la entrada del proceso antes de las rejillas.
- **Paso 12:** De las rejillas mecánicas son removidos objetos sólidos que son transportados fuera de la instalación.
- **Paso 13:** De los tanques desarenadores salen arenas que son conducidas a un clasificador de arenillas, de éste son transportados sólidos hacia fuera de la instalación. Mediante filtrado salen líquidos hacia la entrada del proceso para agregarlos a las aguas crudas que ingresan al tratamiento.

- **Paso 14:** Del proceso de digestión de la materia orgánica en los tanques digestores primarios y secundarios se genera gas, principalmente metano, CH_4 , el cual es capturado y aprovechado para generar electricidad. Se quema mediante antorcha el gas que no es aprovechado.

A continuación se describen los procesos unitarios de las estructuras y los equipos, de manera detallada:

C.12.1. Proceso: Pretratamiento

El proceso unitario de pre tratamiento corresponde a la remoción de objetos, arenas y desperdicios sólidos voluminosos, que están presentes en el agua residual cruda que llegan en las tuberías de conducción.

Este proceso se lleva a cabo en las siguientes estructuras y los respectivos equipos, a saber, rejillas mecánicas, militamices y desarenadores tipo vórtice. Las rejillas mecánicas y los militamices están en un edificio de hormigón armado que tiene 47.73m de largo por 14.15m de alto con ancho variables de 22.85m en la sección de las rejillas mecánica y 32.65m donde están los militamices.

El ingreso del agua residual a la PTAR se realiza a través de dos tuberías ; una tubería de 2,500 mm de diámetro que trae los desagües de la zona Oeste de la Ciudad y otra tubería de 2,000 mm de diámetro que recoge los desagües de la estación de bombeo Juan Díaz en la I Etapa (2009–2020), posteriormente en la II Etapa (2020–2035), los caudales provenientes de las estaciones de bombeo de Tocumen y Ciudad Radial son conectados a la línea de 1,300 mm de diámetro. Ambas tuberías llegan a la cámara de rejas a una cota máxima de +14.00 msnm.

C.12.1.1. Rejas (R)

La operación de cribado o tamizado es un proceso unitario clave, el cual puede afectar el desempeño y mantenimiento de la planta. Trapos, plásticos y otros desperdicios pueden fácilmente pasar a través de aberturas grandes (3/4" – 1").

El ingreso a los canales de rejas cuentan con compuertas de 1.60 m de ancho por 2.50 m de alto con actuadores eléctricos. El canal de las rejas se ha diseñado con velocidades de aproximación de 0.40 m/s de forma que se evita la acumulación y sedimentación de arenas y otros materiales pesados. Se identifican: compuerta de emergencia, rejas finas de limpieza manual, rejas finas de limpieza manual y canal de by pass.

El material cribado es transportado hasta el sistema de lavado y compactación por una faja transportadora cubierta, de donde se descarga a un contenedor para ser posteriormente recogido por los camiones recolectores de basura. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los equipos en esta parte del edificio de pretratamiento:

Tabla C.8. Equipos en el edificio de pretratamiento (Rejas)

Equipo	Capacidad	Potencia	Largo	Ancho o diámetro	Altura	Altura agua	Características	Número de equipo, por etapa y total
Compuerta stop log entrada				1.60m	3.40m	2.70m		2 unidades en etapa I.
Compuerta de crecida				2.50m	2.00m	2.70m		1 unidad en la etapa I
Compuerta de reja				1.80m	2.80m	2.70m		5 unidades etapa I, 2 unidades, etapa II, total 7.
Compuerta stop log para rejas.				1.60m	3.40m	2.00m		5 unidades etapa I, 2 unidades, etapa II, total 7.
Reja mecánica de limpieza automática.	2.19 m ³ /s	3HP		1.30m	3.00m		12mm abertura canal 1.6	5 unidades etapa I, 1 unidad, etapa II, total 6.
Reja de limpieza manual	2.19 m ³ /s	3HP		1.60m	3.00m		25 mm de abertura.	1 unidad etapa II, total 1.
Faja transportadora de desecho de rejas	2.05 m ³ /s		23m	30m			Wmáx.4.1ton/hora, Wpro. 2.30ton/hora.	1 unidad etapa II, total 1.

Fuente: Anexo A. Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.12.1.2. Militamices (MT)

Aguas debajo de las rejas, se han diseñado militamices rotatorios de tres milímetros de abertura para retener material fino. Los tamices estarán alineados en dos baterías paralelas de seis unidades cada una, cada batería cuenta con una unidad stand-by. Los militamices tienen una inclinación de 35° con respecto al canal. El material removido en los militamices es conducido a través de fajas transportadoras, lavado y compactado en forma conjunta con el material cribado de las rejas finas. En la primera etapa se utilizarían ocho militamices, siete en operación a flujo máximo y uno de reserva. El efluente después de tamizado, continua su curso a través de dos canales de 4.0 metros de ancho cada uno, estos canales se subdividen en 4 canales de 2.44 m de ancho por donde el flujo ingresa a los desarenadores de tipo vórtice. En la siguiente tabla se presenta un resumen de equipos.

Tabla C.9. Equipos en el edificio de pretratamiento. (militamices)

Equipo	Capacidad	Potencia	Largo	Ancho o diámetro	Altura	Altura agua	Características	Número de equipo, por etapa y total
Compuerta de militamices.	2.19 m ³ /s			2.00m	1.60m	1.30m		8 unidades en etapa I, 4 unidades en etapa II, total 12 unidades.
Militamices.				2.60m				8 unidades en etapa I, 4 unidades en etapa II, total 12 unidades.
Faja transportadora de desecho de militamices.	1.00m ³ /h ora.	¾ HP	88.00m	30.00m			Wmáx. 1.85ton/hora, Wpro. 1.10ton/hora.	1 unidad en etapa I, total I.
Tanque hidroneumático	10l/s						Para lavado de militamices, bomba 11HP, H= 70m, Q=10l/s, 3 tanques, incluye suministro, instalación y prueba.	2 unidades etapa I, 1 unidad etapa II, total 3 unidades.

Fuente: Anexo A. Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.12.1.3. Desarenador de Vórtice (DV)

Son cuatro (4) desarenadores tipo vórtice circulares con radio de 4.88 m y consta de: canal de entrada de desarenadores, tolva de descarga de arena, equipo de succión de arena y canal de salida de desarenadores.

Para la primera etapa, se han considerado tres de los cuatro desarenadores previstos. La redundancia de este proceso es del 75%. Las arenas son extraídas por una bomba de arenas y descargada fuera de la unidad hasta un hidrociclón, donde la arena es lavada y la materia orgánica retornada al desarenador. Las partículas removidas pasan por una faja transportadora cubierta hacia una tolva de almacenamiento desde donde es descargada a los camiones recolectores. A la salida de los desarenadores hay una cámara de distribución que reparte el flujo hacia las cuatro baterías de tanques de aireación. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los principales equipos (Figura 4).

Tabla C.10. Equipos en el edificio de pretratamiento (desarenadores)

Equipo	Capacidad	Potencia	Largo	Ancho	Altura	Altura agua	Características	Número de equipo, por etapa y total
Desarenador	4.38 m ³ /s	2 HP		9.75m			Tipo vórtice modelo 100 ^a , opción "1" bomba vórtice modelo 31.5, tornillo deshidratación 17	3 unidades en etapa I, 1 unidad de etapa II, total 4 unidades
Compuerta distribución a canal.				2.40m	1.80m	1.70m		4 unidades en la etapa I, total 4 unidades
Compactador de basura.	2.00 m ³ /h						1.10m ³ /s	2 unidades etapa I, total 2 unidades.
Tolva de almacenamiento de arena								1 unidad en la etapa I, total 1 unidad.
Faja transportador de arena.	6.00 m ³ /h		18.00m	30.0in			Vbasura, Wmáx. 12.0ton/hora, Vol prom, 6.5 ton/hora	1 unidad en la etapa I, en etapa II, 1 unidad total 2 unidades.

Fuente: Anexo A. Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.12.1.4. Control de Olores del Pretratamiento

Los largos periodos de retención hidráulica en el sistema de alcantarillado y la alta temperatura del líquido son factores que aceleran la generación de gas sulfhídrico así como de otros gases malolientes como amoníaco y mercaptanos en el pre-tratamiento. En consecuencia dos medidas de control de olores han sido consideradas, contención y tratamiento químico. En la siguiente tabla se presentan equipos utilizados para el control de olores en la etapa de pretratamiento.

Tabla C.11. Equipos para el control de olores en el edificio de pretratamiento

Equipo	Capacidad	Características	Número de equipo, por etapa y total
Control de olores	34,200m ³ /hor.	Suministro, instalación y prueba de unidad.	3 unidades en etapa I, 2 unidades etapa II, total 5 unidades.
Tanque de almacenamiento de químicos.		Sistema de control de olores	3 unidades en la etapa I, 2 unidades etapa II, total 5 unidades.
Ventiladores de inyección y extracción.	61,768m ³ /hora.	Control de olores: 2.4mg H ₂ /S/m ³ , incluye suministro, instalación y prueba.	2 unidades etapa I, 1 unidad, etapa II, total 3.

Fuente: Anexo A. Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.12.1.5. Caja de Distribución

A la salida de los desarenadores hay una cámara de distribución que reparte el flujo hacia las cuatro baterías de tanques de aireación. La caja de distribución cuenta con cuatro salidas con compuertas de 1.60 metros de ancho por 1.60 metros de alto con actuadores eléctricos, y de una salida de by-pass con dos compuertas de fondo de 1.60 metros de ancho por 1.60 metros de alto y vertedero de demasías. Esta compuerta se conecta a través de una tubería de 2,800 mm de diámetro con la línea general de by pass de la PTAR. La caja de distribución puede observarse en la Figura No. 10.

C.12.2. Tratamiento biológico con la tecnología de lodos activados

El proceso de tratamiento biológico escogido que cumple con los estándares de calidad de efluente es el de lodos activados con remoción biológica de nutrientes y alimentación por pasos (step feed - BNR). Esta es una modificación al sistema de lodos activados convencional (LAC) que consiste en la distribución del afluente en diferentes puntos a lo largo del tanque de aireación. Este método proporciona una tasa de asimilación de oxígeno más balanceada comparado con el sistema convencional en donde los requerimientos de oxígeno van disminuyendo de una tasa muy alta al comienzo del trayecto de la corriente.

La recirculación de lodos (RAS) se realiza directamente al primer tanque anóxico (sin oxígeno) y es equivalente al 100% del caudal promedio. De la cámara de distribución ubicada en el edificio de pre-tratamiento, llega a cada batería de tanques de aireación una tubería de 1,600 mm de diámetro, la misma que se divide en tres tuberías de 1,000 mm de diámetro cada una abastece a un tanque de aireación.

C.12.3. Proceso Unitario: Aireación

La PTAR tiene en sus componentes tanques de aireación donde se le introduce aire al tratamiento de las aguas residuales que ya han pasado por el desarenador y la caja de distribución.

C.12.3.1. Tanque de Aireación (TA)

Los tanques de aireación están divididos en cuatro baterías en paralelo. En la primera etapa se consideraron dos baterías de tres tanques de aireación cada una y una batería con dos tanques de aireación, es decir un total de ocho unidades. En la segunda etapa se complementa con una batería de tres tanques. Cada tanque de aireación a su vez estará subdividido en tres series de tanques anóxicos (sin oxígeno) con una capacidad de 851 m³ cada uno, intercalado con un tanque aeróbico de 3,404.8 m³, aireado mediante el uso de difusores.

El sistema de aireación, consiste en un sistema de aire difuso de burbujas finas, con difusores circulares de membrana, alineados cerca del fondo del tanque a través de tres redes de tuberías de CPVC de 100 mm y 150 mm de diámetro, alimentadas con aire desde tres tuberías bajantes de hierro dúctil o acero de 250 mm de diámetro.

Los tanques anóxicos se encuentran completamente cubiertos para evitar la re-aireación superficial, el acceso es por la parte superior donde hay escotillas, y lleva un mezclador superficial de 10 HP.

El efluente de los tanques de aireación sale a través de un vertedero invertido a un canal de reunión y continúa por una tubería de 2,000 mm de diámetro hacia la cámara de distribución de flujo a los sedimentadores.

C.12.3.2. Cuarto de Sopladores (SOP).

El flujo de aire es producido por un conjunto de sopladores o turbocompresores instalados en paralelo, salida de 900 mm de diámetro en hierro dúctil o acero, que deben abastecer un caudal de aire máximo de 1,057 m³/min y un caudal mínimo de 564 m³/min por batería de tanques de aireación. Los turbocompresores o sopladores se encuentran instalados en los edificios de sopladores. El edificio de sopladores es una estructura metálica techada de dimensiones: 28.19 m de ancho por 29.10 m de largo y 8.50 m de altura. Se distinguen en el edificio los siguientes elementos: carril de acceso (2 unidades), control de grúa (2 unidades), filtro, marco de malla expandida, sopladores de 700 HP (8, 2 filas de 4 unidades cada una), cabezal de descarga, válvula de escape, soplador futuro (2 unidades), acople de expansión, tapa ciega de 1200mm, indicador de presión, puerta enrollable, panel de control de sopladores (Figura 7). En la siguiente tabla se presenta un resumen de equipos para el proceso de aireación, incluidos los sopladores.

Tabla C.12. Equipos para el proceso de aireación

Equipo	Capacidad m ³ /s	Potencia (HP)	Carga (m)	Largo (m)	Ancho o diámetro	Altura (m)	Altura agua	Características	Número de equipo, por etapa y total
Difusores								8755m ² en primera etapa, canal 1(1242), canal 2(1130), canal 3(1130), incluye difusores, bajada de acero inoxidable.	8 unidades en etapa I. 3 unidades etapa 3, total 11 unidades.
Mezcladores				16.0	7.60m	6.00		Verticales para zona anóxica (HIPMIX).	24 unidades en la etapa I, 9 unidades etapa II, total 33 unidades.
Medidores de flujo de aire.					24m				24 unidades etapa I, 9 unidades, etapa II, total 33.
Bombas para sumideros	34.01	10	15						4 unidades etapa I, 1 unidades, etapa II, total 5.
Baffles.	2.19	3		0.008	7.60m	4.50		Acero inoxidable con marcos L3*3*3*3/8, Norma ASME.	80 unidades etapa I, 30 unidades, etapa II, total 110.
Varillas para control de aire	2.19	3			10"			Válvula para control de aire(acero inoxidable)	72 unidades etapa I, 27 etapa II, total 99.
Válvulas de control de aire.	2.05				14"			Válvula con actuador eléctrico.	8 unidades etapa I, 3 unidades etapa II, total 11.

Equipo	Capacidad m ³ /s	Potencia (HP)	Carga (m)	Largo (m)	Ancho o diámetro	Altura (m)	Altura agua	Características	Número de equipo, por etapa y total
Medidores de aire					350mm				16 unidades etapa I, 6 unidades etapa II, total, 18 unidades.
Sopladores		700						Son compresores en vez de sopladores, Qaire= 15864 m ³ /hora, incluye todos los accesorios.	12 unidades etapa I, 4 unidades etapa II, total 16 unidades.
Puente grúa				16.6				Grúa para sopladores	3 unidades etapa I, 1 unidad etapa II, total, 4 unidades.

Fuente: Anexo A. Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.12.4. Proceso Unitario: Sedimentación

Del tanque de distribución salen seis tuberías de 1,000 mm de diámetro cada una que distribuyen el lodo a cada sedimentador. Se han considerado tanques circulares con alimentación central, dimensionados para la máxima carga superficial (máximo horario). El diámetro propuesto es de 42.00 m, y se indica que debe ser concéntrico con el pilar central.

Con esta carga superficial se podrá cubrir el 75% del caudal pico manteniendo una unidad fuera de servicio. Las espumas y natas serán retiradas del sedimentador por medio del dispositivo desnatador y de ahí bombeado hasta la entrada de la PTAR.

En el plano de la PTAR se identificó: una batería de 12 unidades para la primera fase, 6 unidades para la fase 2, 4 unidades para la fase 3 y 2 unidades para futura expansión.

Se identifican los siguientes elementos en el plano de la PTAR: Pozo afluente de 7.47m de diámetro, soporte de pozo afluente, soporte de plataforma, conjunto motor- reductor de H60 Alt, tensores de acero, cabezal "unitubo", montaje de barandilla de plataforma, deflector de cuchilla con rascador de neopreno, contrapesos y soporte, soporte del marco, colector, jaula del centro, pila central, puente de acceso, cuchilla del desnatador, desviadores verticales de la jaula, anclaje del tanque, playa de desnatador, tragante del desnatador, dispositivo con chorro de agua, línea afluente de 1000mm, línea de retorno de lodos de 700 mm, baffle perimetral y vertedero efluente.

El líquido clarificado sale a través del vertedero perimetral ajustable (dientes de sierra) y de ahí a través de una tubería de 800 mm de diámetro es conducida hacia el tanque de contacto para su desinfección. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los equipos del sistema de sedimentación.

Tabla C.13. Equipos del proceso de sedimentación

Equipo	Capacidad	Potencia	carga	Largo	Ancho o diámetro	Altura	Características	Número de equipo, por etapa y total
Mecanismo de clarificación	7.745 m ³ /s				42m	4.2m		16 unidades en etapa I, 6 unidades etapa 3, total 22 unidades.
Bombas sumergibles	30 lps	8.5Hp	15m	15m			Sistema desnatador	32 unidades en la etapa I, 12 unidades etapa II, total 44 unidades.
Medidor de flujo				500mm			electromagnético	16 unidades, etapa I, 6 unidades etapa II, total, 22 unidades
Compuerta de esclusas				1000m				16 unidades, etapa I, 6 unidades etapa II, total, 22 unidades.
Bombas Was	16.5 lps	15 Hp	15m	15.00m				11 unidades, etapa I, 4 unidades etapa II, total 15 unidades

Fuente: Anexo A. Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

En la Figura 8 se tiene representación gráfica del sedimentador secundario.

C.12.5. Proceso Unitario: Desinfección

A las aguas se le agrega cloro en el edificio de cloración; para luego pasar a los tanques de contacto donde se produce la desinfección. Para el proceso de desinfección se estudiaron dos alternativas, la desinfección con radiación ultravioleta y la desinfección con cloro. Para las dos opciones se realizaron análisis económicos, resultando más económica la desinfección con cloro gaseoso. A las aguas residuales a la salida de los tanques de contacto se le agrega SO₂ para producir la decloración antes de pasar al efluente que las conducirá al Río Juan Díaz para la descarga de un líquido que cumple con la legislación sanitaria y ambiental del País.

En el dimensionamiento del área de almacenamiento de cloro se considero para un caudal promedio de 535,334 m³/d, una dosis máxima de 8 mg/l y una mínima 3 mg/l. Un periodo de almacenamiento en cilindros de cloro de una tonelada métrica (1 TM) de 20 días, resultando un total de 80 cilindros de 100 lb cada uno. La estación de cloración se diseño para el caudal máximo horario de 11.2 m³/s, con una dosis máxima de 8 mg/l y una concentración de la solución de 3,500 mg/l, resultando en dos equipos evaporadores de 5,000 lb/d y dos equipos cloradores de la misma capacidad para cada tanque de contacto, esto considerando uno con 100% de capacidad y el otro en reserva. Los tanques de contacto se dimensionaron para tener un tiempo de contacto mínimo de 15 minutos para el caudal máximo horario. En la siguiente tabla se presenta un resumen de equipo que se ubica en el edificio cloración.

Tabla C.14. Equipos en el edificio de cloración

Equipo	Capacidad	Potencia	Características	Número de equipo, por etapa y total
Cloradores	5000 Lb/día			6 unidades en etapa I. 2 unidades etapa, total 8 unidades.
Bombas centrífugas	6lps	1.5 HP		2 unidades en la etapa I, 2 unidades etapa II, total 4 unidades.
Extracción de aire y filtros de aire				2 unidades etapa I, 2 unidades, etapa II, total 4.
Inyector-Difusor.				3 unidades etapa I, 1 unidad, etapa II, total 4.
Evaporadores.	5000 Lb/día		Evaporador eléctrico US filter, capacidad 500Lb/día	6 unidades etapa I, 7 unidades, etapa II, total 13.

Fuente: Anexo A. Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.12.6. Decloración

La estación de decloración se diseñó para las situaciones extremas en las que el cloro residual sobrepase los parámetros establecidos en la norma COPANIT 35-2000. Se consideró que por cada mg/l de cloro residual se requiere de 1 mg/l de anhídrido sulfuroso (SO_2), adicionalmente se consideró un almacenamiento de SO_2 gaseoso de 15 días para el caudal promedio, es decir 20 cilindros de 1 TM. La dosificación de gas sulfuroso se realizará en la caja de salida del emisor. La dosificación es controlada por unos detectores de cloro residual que activan automáticamente la inyección del gas sulfuroso cuando la concertación excede 1 mg/l de cloro. En la siguiente tabla se describen las especificaciones del equipo de decloración (Figuras 9 y 10).

Tabla C.15. Equipos de cloración

Equipo	Capacidad	Características	Número de equipo, por etapa y total
Sulfulador.	4500 Lb/día	Incluye inyector-difusor, rotámetro de de sulfuro, medidor de caudal.	2 unidades en etapa I. 2 unidades etapa 3, total 4 unidades.
Evaporadores.	4500 Lb/día		2 unidades en la etapa I, total unidades.
Bombas centrífugas.	6.0l/s		2 unidades etapa I, total 2.
Balanza	2000 Kg.	Para contenedores.	2 unidades etapa I, total 2.

Fuente: Anexo A. Diseño Básico del Sistema de Intercepción, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá, Elaborado por Nippon Koei, Co. LTD. Para la Unidad Coordinadora, MINSA. 2006

C.12.7. Efluente

En la caja de salida del emisor se instalará un kiosco de control de calidad del efluente a través del cual se monitorearan diferentes parámetros como conductividad, pH, OD, turbidez (SST), $\text{NO}_3\text{-N}$, PO_4 , $\text{NH}_3\text{-N}$ y DBO. Los datos serán registrados y transmitidos al centro de control. El emisor esta compuesto por tres tuberías paralelas de 1,800 mm diámetro que

descargan al Río Juan Díaz desde un cabezal de descarga anclado con pilotes y protegido con rip-rap.

Se consideran tres posibles sitios para la descarga del efluente. En la Figura 11 se presenta el alineamiento y la localización de los tres posibles sitios propuestos para la localización del efluente, que son:

Tabla C.16. Características de los tres sitios propuestos para la descarga del efluente

SITIO	COORDENADAS	DISTANCIA DE LA PLANTA	CARACTERÍSTICAS
En el meandro del río Juan Díaz, frente a la fábrica de plywood	671899E / 997484N	975.81 m	Estuario
En la desembocadura del río Juan Díaz, junto a las areneras	671796E / 997107N	830.75 m	Estuario
En el borde de playa, en la línea costera al sur de la planta	671243E / 996675N	259.67 m	Mar

Fuente: Este estudio.

C.12.8. Manejo de Lodos

C.12.8.1. Espesamiento de Lodos

Los lodos activados desechados del proceso (WAS), con una concentración de sólidos aproximada del 1%, son bombeados desde las cámaras de bombeo WAS/RAS a través de cuatro tuberías de 200 mm de diámetro al tanque de almacenamiento y regulación de lodos (600 m³). Del tanque se bombea a los espesadores de banda (GBT) a través de dos tuberías de 250 mm de diámetro. Antes de ingresar a los espesadores se dosifica en línea una solución de polímero por medio de un mezclador estático. A la salida del espesador el lodo concentrado a un 4%, es bombeado mediante el uso de bombas de cavidad progresiva a un distribuidor de flujo de donde es rebombeado hacia los tanques digestores primarios. El líquido extraído del lodo, es descargado en una línea de 350 mm de diámetro a la cisterna de flujos secundarios. En la primera etapa se han considerado tres unidades GBT.

Los lodos espesados son descargados por gravedad por medio de una tubería de 500 mm de diámetro a la cámara de bombeo WAS-RAS, el caudal es regulado por medio de una válvula de pistón con actuador eléctrico que responde a los caudales instantáneos registrados en el medidor electromagnético. El líquido clarificado sale a través del vertedero perimetral ajustable (dientes de sierra) y de ahí a través de una tubería de 800 mm de diámetro es conducida hacia el tanque de contacto para su desinfección.

C.12.8.2. Digestores

La alimentación del lodo espesado a los digestores primarios se hace a través de tuberías de hierro dúctil de 150 mm de diámetro, en un bombeo programado de 30 minutos por digestor, la entrada de lodo se realiza en varios puntos al mismo tiempo. Se han considerado en total cinco digestores primarios y cinco digestores secundarios. En la primera etapa cuatro primarios y tres

secundarios. Cada tanque tiene un periodo de retención de 13 días, es decir que ambos hacen un total de 26 días, y una redundancia del 100% es decir, cuatro digestores pueden asumir el caudal del quinto digestor cuando este último salga de servicio.

La alimentación del lodo espesado a los digestores primarios se hace a través de tuberías de hierro dúctil de 150 mm de diámetro, en un bombeo programado de 30 minutos por digestor, la entrada de lodo se realiza en varios puntos al mismo tiempo. Se han considerado en total cinco digestores primarios y cinco digestores secundarios. En la primera etapa cuatro primarios y tres secundarios. Cada tanque tiene un periodo de retención de 13 días, es decir que ambos hacen un total de 26 días, y una redundancia del 100% es decir, cuatro digestores pueden asumir el caudal del quinto digestor cuando este último salga de servicio.

Los digestores secundarios también tienen la opción de recircular el lodo dentro de si mismos o al digestor primario correspondiente. El lodo efluente va por gravedad a las centrífugas para su deshidratación. Los tanques secundarios tienen una cubierta flotante y dos de ellos llevan un gasómetro del tipo membrana que permiten almacenar hasta 5,000 m³ de gas. En la Figura 12 se presenta el flujo del paso a través de los digestores de los lodos procedentes de los espesadores de banda. GBT.

C.12.8.3. Generación de Gas Metano

En PTAR con sedimentación primaria previo al proceso de lodos activados, se remueve una gran cantidad de materia orgánica sedimentable, alrededor de 35% del total. Estos lodos crudos de tipo primario, con un contenido de sólidos de aproximadamente 4% son densos y fácilmente biodegradables vía digestión anaeróbica. Por otro lado, dentro del proceso de lodos activados, la materia orgánica (DBOs) es convertida en sólidos suspendidos volátiles dentro del tanque de aireación y estabilizada aeróbicamente. Parte de los lodos son extraídos diariamente del sedimentador secundario y desechados del sistema, son más conocidos como WAS por sus siglas en inglés (Waste Activated Sludge), tienen un alto contenido de sólidos volátiles biodegradables, sin embargo su volumen es mucho menor que el aporte del sedimentador primario. La figura 12 muestra esquemáticamente el proceso de digestión anaeróbica. En la Figura 13 se presenta un diagrama de la producción de gas metano. En la siguiente tabla se presentan los equipos en el sistema de digestión de lodos.

Tabla C.17. Equipos del sistema de digestión de lodos

Equipo	Capacidad	Potencia	carga	Largo	Ancho o diámetro	Altura	Altura agua	Características	Número de equipo, por etapa y total
Bomba de cavidad progresiva	20lps	10HP	27m						8 unidades en etapa I. 2 unidades etapa 3, total 10 unidades
Sistema de mezcla de digestores primarios								Incluye: compresores de gas, tuberías, lancetas, válvula rotatoria de 12 salidas.	7 unidades en la etapa I, 3 unidades etapa II, total 10 unidades