

# Tabla de contenido

<b>1. ANTECEDENTES</b>	<b>1-1</b>
<b>2. BASES DE DISEÑO</b>	<b>2-1</b>
2.1 GENERALIDADES	2-1
2.2 LOCALIZACIÓN DE LA PTAR CANOAS	2-1
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL CRUDA	2-4
2.4 CAUDAL DE AGUA RESIDUAL	2-4
2.5 CARGAS DE DISEÑO	2-5
<b>3. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS</b>	<b>3-6</b>
3.1 ALTERNATIVAS DE PROCESOS Y TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO	3-6
3.1.1 IDENTIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS APLICABLES	3-6
3.1.2 EVALUACIÓN INICIAL O DE PRIMER NIVEL	3-7
3.1.3 EVALUACIÓN FINAL	3-9
3.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO SELECCIONADO	3-10
3.3 ALTERNATIVAS DE LAYOUT O DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PLANTA	3-11
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>4-1</b>
4.1 LÍNEA DE AGUA	4-1
4.1.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRE-TRATAMIENTO	4-2
4.1.2 COAGULACIÓN O MEZCLA RÁPIDA	4-3
4.1.3 SEDIMENTACIÓN PRIMARIA	4-3
4.1.4 BY-PASS, EMISARIO FINAL DE LA PLANTA Y ESTRUCTURA DE ENTREGA AL RÍO BOGOTÁ	4-4
4.2 LÍNEA DE LODOS	4-4
4.2.1 ESTACIÓN DE BOMBEO DE LODO PRIMARIO	4-4
4.2.2 DESARENACIÓN DEL LODO PRIMARIO	4-4
4.2.3 ESPESAMIENTO DEL LODO PRIMARIO	4-4
4.2.4 ESTACIÓN DE BOMBEO DE LODO ESPESADO	4-5
4.2.5 CRIBADO DE LODOS Y NATAS	4-5
4.2.6 PRE-DESHIDRATACIÓN	4-6
4.2.7 HIDRÓLISIS TÉRMICA	4-6
4.2.8 DIGESTIÓN ANAERÓBICA	4-7
4.2.9 DESHIDRATACIÓN DE LODO DIGERIDO	4-7
4.2.10 DISPOSICIÓN FINAL DE BIOSÓLIDOS	4-8
4.3 LÍNEA DE BIOGÁS Y GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	4-8
4.4 SISTEMAS DE CONTROL DE OLORES	4-9
4.5 EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS	4-10

<b>4.6</b>	<b>EDIFICIOS DE PROCESOS</b>	<b>4-10</b>
<b>4.7</b>	<b>SISTEMAS AUXILIARES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	<b>4-11</b>
4.7.1	AGUA POTABLE	4-11
4.7.2	AGUA DE SERVICIO	4-12
<b>4.8</b>	<b>DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS</b>	<b>4-12</b>
<b>4.9</b>	<b>SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	<b>4-13</b>
<b>4.10</b>	<b>SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS</b>	<b>4-13</b>
<b>4.11</b>	<b>COMUNICACIONES</b>	<b>4-13</b>
<b>4.12</b>	<b>SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL</b>	<b>4-13</b>
<b>4.13</b>	<b>CERRAMIENTOS</b>	<b>4-14</b>
<b>4.14</b>	<b>CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS Y EDIFICIOS</b>	<b>4-14</b>
<b>5.</b>	<b><u>COSTOS DEL PROYECTO</u></b>	<b><u>5-1</u></b>
5.1	COSTOS DE INVERSIÓN	5-1
5.2	COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	5-2
<b>6.</b>	<b><u>CRONOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN – FASE I</u></b>	<b><u>6-1</u></b>
<b>7.</b>	<b><u>CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DEL ÁREA DE INFLUENCIA</u></b>	<b><u>7-1</u></b>
7.1	ÁREAS DE INFLUENCIA	7-1
7.1.1	ÁREA DE INFLUENCIA COMPONENTES ABIÓTICO Y BIÓTICO (AIAB)	7-2
7.1.2	ÁREAS DE INFLUENCIA INDIRECTA Y DIRECTA SOCIOECONÓMICA	7-4
<b>8.</b>	<b><u>ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y DE MANEJO</u></b>	<b><u>8-1</u></b>
<b>9.</b>	<b><u>EVALUACIÓN AMBIENTAL</u></b>	<b><u>9-1</u></b>
<b>10.</b>	<b><u>NECESIDADES DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS CON SUS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES</u></b>	<b><u>10-1</u></b>
<b>11.</b>	<b><u>PLAN DE MANEJO AMBIENTAL</u></b>	<b><u>11-1</u></b>
<b>12.</b>	<b><u>PLAN DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO</u></b>	<b><u>12-1</u></b>
<b>13.</b>	<b><u>PLAN DE CONTINGENCIA</u></b>	<b><u>13-1</u></b>
13.1	OBJETIVO	13-1
13.2	BENEFICIOS	13-1
<b>14.</b>	<b><u>PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL</u></b>	<b><u>14-1</u></b>

<b>14.1</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b> -----	<b>14-1</b>
<b>14.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> -----	<b>14-1</b>
<b>14.3</b>	<b>MEDIDAS DE MANEJO</b> -----	<b>14-1</b>
14.3.1	CIERRE DEFINITIVO - ACOPIOS -----	14-1
14.3.2	CIERRE DEFINITIVO – INFRAESTRUCTURA PTAR Y ÁREA ADMINISTRATIVA -----	14-1
<b>15.</b>	<b><u>PLANES DE COMPENSACIÓN</u></b> -----	<b>15-1</b>
<b>15.1</b>	<b>PROGRAMA DE COMPENSACIÓN PARA EL MEDIO ABIÓTICO</b> -----	<b>15-1</b>
<b>15.2</b>	<b>PROGRAMA DE COMPENSACIÓN PARA EL MEDIO BIÓTICO</b> -----	<b>15-1</b>
<b>15.3</b>	<b>PROGRAMA DE COMPENSACIÓN PARA EL MEDIO SOCIOECONÓMICO</b> -----	<b>15-1</b>
<b>16.</b>	<b><u>COSTOS Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PMA</u></b> -----	<b>16-2</b>
<b>1.1</b>	<b>ESTUCTURA ADMINISTRATIVA PMA</b> -----	<b>16-2</b>
<b>1.2</b>	<b>PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL</b> -----	<b>16-2</b>
<b>16.1</b>	<b>PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO</b> -----	<b>16-10</b>

## Lista de tablas

Tabla 1. Características del agua residual cruda esperada en la PTAR Canoas -----	2-4
Tabla 2. Resumen de caudales proyectados para el diseño de la PTAR Canoas -----	2-4
Tabla 3. Cargas de diseño para la PTAR Canoas -----	2-5
Tabla 4. Tecnologías candidatas para implementar en la PTAR Canoas -----	3-6
Tabla 5. Tecnologías seleccionadas en la evaluación de primer nivel -----	3-8
Tabla 6. Tecnologías de tratamiento seleccionadas para la PTAR Canoas -----	3-11
Tabla 7. Sistemas de control de olores diseñados en la PTAR Canoas – Fase I -----	4-9
Tabla 5-1 Presupuesto de inversión de la PTAR Canoas – Fase I -----	5-1
Tabla 5-2 Costos de operación y mantenimiento de la PTAR Canoas – Fase I -----	5-2
Tabla 3-81 Diferenciación entre AII y AID medio socioeconómico y cultural -----	7-9
Tabla 5-1 Variables componentes biótico, abiótico y socio-económico y valor de ponderación -----	8-1
Tabla 6-1 Clasificación impactos ambientales -----	9-2
Tabla 6-2 Atributos y convenciones Ev. Impacto Ambiental -----	9-2
Tabla 12-1 Programas de seguimiento y monitoreo propuestos para el PMA -----	12-1
Tabla 13-1 Programa de seguimiento y monitoreo medio abiótico -----	16-10

## Lista de figuras

Figura 1. Área de servicio de la PTAR Canoas -----	2-2
Figura 2. Localización general de la PTAR Canoas -----	2-3
Figura 3. Proyección del caudal medio de aguas residuales vs capacidad de la PTAR Canoas -----	2-5
Figura 4. Diagrama de flujo de operaciones y procesos de tratamiento -----	3-13
Figura 5. Layout de la planta de tratamiento -----	3-14
Figura 6-1 Cronograma de construcción y puesta en marcha de la planta – Fase I -----	6-1
Figura 3-1 Localización geográfica del Municipio de Soacha -----	7-5



# 1. Antecedentes

En 1992 la Firma EPAM realizó por encargo del Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE) un estudio en el que evaluó las diferentes estrategias propuestas en consultorías anteriores para dar solución al problema del tratamiento de las aguas residuales vertidas por el Distrito Capital al río Bogotá. El estudio entregó sus resultados en mayo de 1993, recomendando la construcción de tres plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). En 1994 la Alcaldía Mayor de Bogotá acogió las recomendaciones de EPAM y definió su desarrollo en tres etapas, correspondientes a las plantas Salitre, Fucha y Tunjuelo, en orden cronológico, cada una de las cuales se desarrollaría en dos fases, tratamiento primario y secundario, respectivamente. A este esquema se denominó Proyecto de Descontaminación del Río Bogotá.

En concordancia con el esquema propuesto, en 1994 el Distrito Capital adjudicó al consorcio francés Lyonnaise des Eaux – Degremont el contrato de concesión para el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Bogotá. El contrato fue suscrito el 20 de septiembre de 1994.

En diciembre de 1995, la Alcaldía Mayor de Bogotá a través del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA, hoy Secretaría Distrital de Ambiente), presentó a consideración del Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)<sup>1</sup> el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto de descontaminación del río Bogotá, de acuerdo a los términos de referencia fijados por dicha entidad. El 24 de julio de 1996, mediante resolución 817, el Ministerio del Medio Ambiente otorgó al Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá y/o Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá D.C la licencia ambiental ordinaria para el proyecto de descontaminación del río Bogotá. Posteriormente, mediante resolución 577 del 12 de junio de 2000, el Ministerio del Medio Ambiente modificó la licencia ambiental otorgada al proyecto mencionado, en lo relacionado con la presentación de los estudios ambientales para la disposición de biosólidos, y en los requisitos de tratamiento para la Fase I (remociones del 40% de DBO<sub>5</sub> y 60% de SST) y para la Fase II (efluente con menos de 30 mg/L de DBO<sub>5</sub> y SST).

La licencia ambiental otorgada por el Ministerio del Medio Ambiente únicamente autoriza el diseño, construcción, operación y demás actividades de la PTAR Salitre y señala que para el diseño, construcción y operación de las plantas de los ríos Fucha (proyectada su construcción a siete años) y Tunjuelo (proyectada a diez años), se debe presentar al Ministerio del Medio Ambiente los estudios técnicos y ambientales respectivos, de acuerdo con los términos de referencia que para tal efecto señale la Entidad, previa solicitud del beneficiario de esta licencia.

En 1997 y después de lograr el cierre financiero, se inició el diseño y construcción de la Fase I de la PTAR Salitre, con una capacidad de 4,0

m<sup>3</sup>/s. La planta entró en operación en el año 2000. Posteriormente, en el año 2004, el Distrito Capital dio por concluido el contrato de concesión con el consorcio Lyonnaise des Eaux – Degremont, pasando

---

<sup>1</sup> Desde su creación en 1993, el Ministerio ha tenido tres denominaciones: Inicialmente se llamó Ministerio del Medio Ambiente; posteriormente, mediante el Decreto 216 de 2003 pasó a llamarse Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). Por último, a través del Decreto 3570 de 2011, cambió su nombre a Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). En desarrollo del proceso de licenciamiento ambiental del proyecto de descontaminación del río Bogotá, se han producido pronunciamientos del Ministerio bajo las dos primeras denominaciones. Cuando en el presente documento se haga referencia al Ministerio del Medio Ambiente, MAVDT o MADS, debe entenderse que corresponde siempre al mismo Ministerio.

a un contrato de operación y administración pública, bajo responsabilidad de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá (EAB).

En el año 2000 la Unión Temporal Río Bogotá (UT Río Bogotá), un grupo de carácter técnico contratado por la EAB para atender los acuerdos pactados en el marco de un ejercicio institucional promovido por la Procuraduría General de la Nación para sacar adelante el proyecto de descontaminación del río Bogotá, recomendó replantear el programa adoptado en 1993. En el nuevo esquema, la PTAR Salitre, que para entonces recién entraba en operación, se complementaría con la construcción de un interceptor desde la cuenca Fucha hasta una segunda planta ubicada en la desembocadura del río Tunjuelo al río Bogotá o en el sitio Canoas, considerando para las dos plantas las fases de tratamiento primario y secundario. Contando con la colaboración de Water Research Center (WRC) de Inglaterra y de otros expertos internacionales, la UT Río Bogotá continuó los estudios sobre el nuevo esquema de saneamiento, concluyendo en la mesa de trabajo realizada en la Universidad de los Andes en Febrero de 2002, que la construcción de los interceptores propuestos era técnicamente viable y que la nueva propuesta era mejor que la planteada inicialmente en el año 1993, por razones técnicas, económicas, financieras y de tiempo. Además, que a nivel mundial se había generalizado para entonces el tratamiento primario químicamente asistido (TPQA) como una alternativa viable para alcanzar los niveles de calidad adecuados del agua tratada, para su aprovechamiento en usos agrícolas.

En concordancia con lo anterior, el Decreto 469 del 23 de diciembre de 2003 por medio del cual se modificó el plan de ordenamiento territorial (POT) del Distrito Capital, adoptó en sus artículos 106 y 159 la nueva alternativa propuesta para el saneamiento del río Bogotá, la cual comprende, en general, las siguientes obras:

- PTAR Salitre. Adecuación del tratamiento primario a TPQA, ampliación de su capacidad y extensión a tratamiento secundario seguido de desinfección.
- Interceptor Engativá – Cortijo (ENCOR).
- Interceptor Fucha – Tunjuelo (IFT).
- Interceptor Tunjuelo – Canoas (ITC).
- Estación elevadora Canoas (EEC).
- PTAR Canoas. Fase I TPQA, Fase II Tratamiento secundario seguido de desinfección.
- Emisario Canoas – Alicachín.

De estas obras, la EAB construyó entre los años 2004 y 2014 el ENCOR, el IFT y el ITC, además de otros interceptores y colectores complementarios a los anteriores. Actualmente, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) adelanta la ingeniería de detalle y la construcción de las obras para ampliación y expansión de la PTAR Salitre a tratamiento secundario seguido de desinfección, mediante contrato suscrito con el consorcio Expansión PTAR Salitre.

En atención a los procesos de Acción Popular 01-479, 01-428, 00-0122 y 01-343 entablados por el Sr. Gustavo Moya Ángel y otros ciudadanos entre 1992 y 2001 contra la Empresa de Energía de Bogotá (EEB), el Distrito Capital, la EAB y la Nación, por el impacto ambiental y social ocasionado por el almacenamiento de las aguas contaminadas del río Bogotá en el embalse del Muña y el deterioro y daño ambiental del río Bogotá, el Tribunal Administrativo de Cundinamarca dictó la Sentencia 479 del 25 de

agosto de 2004, mediante la cual estableció una serie de obligaciones a cada una de las entidades involucradas en la descontaminación del río Bogotá. Entre dichas obligaciones, estableció la construcción de las obras de ampliación y expansión de la PTAR Salitre y la construcción de la PTAR Canoas en el sitio denominado Canoas, municipio de Soacha. No obstante que las entidades condenadas en el fallo proferido por el Tribunal Administrativo de Cundinamarca presentaron los pactos de cumplimiento que fueron acogidos en la propia sentencia, ésta fue apelada por todas ellas.

El 6 de diciembre de 2004 el Departamento Nacional de Planeación (DNP) a través del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) emitió el Documento CONPES 3320 – Estrategia para el manejo ambiental del río Bogotá, en el cual definió un conjunto de medidas orientadas a optimizar el manejo ambiental del río de forma integral y por etapas, con el propósito de asegurar el cubrimiento de la demanda de bienes y servicios del río de manera sostenible. En el documento se identificaron las posibles fuentes de financiación para los proyectos destinados al mejoramiento del río en el Distrito Capital, entre ellos la ampliación de la PTAR Salitre, la EEC y la PTAR Canoas.

Con el fin de articular las acciones propuestas en el documento CONPES 3320 de 2004 con lo dispuesto en los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), y todos los programas y proyectos del nivel nacional previstos para la descontaminación del río Bogotá y el desarrollo de su cuenca hidrográfica, la CAR promulgó el Acuerdo 43 del 17 de octubre de 2006, en el cual se establecen los objetivos de calidad del agua del río Bogotá a lograr en el año 2020. Como parte concluyente, el artículo sexto del Acuerdo 43 establece que los objetivos de calidad para el río Bogotá, se convierten en un referente para la definición de las inversiones encaminadas al saneamiento de la cuenca del río Bogotá por parte de las entidades del nivel nacional, departamental y municipal.

Mediante resolución 993 del 29 de mayo de 2009, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, antes Ministerio del Medio Ambiente y hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) autorizó la cesión de la licencia ambiental del proyecto de descontaminación del río Bogotá a favor de la EAB.

El 14 de octubre de 2009, mediante Oficio 24100-2009-2337 (0962), la Gerencia Ambiental de la EAB solicitó al MAVDT la modificación de la licencia ambiental, con el fin de tener en cuenta el cambio del esquema de tratamiento de tres plantas (Salitre, Fucha y Tunjuelo) al esquema de tratamiento de dos plantas (Salitre y Canoas). El 28 de enero de 2010, mediante Oficio 2400-2-122343 (radicado EAAB-E-2010007804), el MAVDT remitió los términos de referencia para adelantar el estudio de impacto ambiental y tramitar la modificación de la licencia ambiental del proyecto de descontaminación del río Bogotá. Dichos términos incluyen los requerimientos para elaborar el estudio de impacto ambiental para la construcción y operación de las obras asociadas al programa de descontaminación del río Bogotá, específicamente para el proyecto de la PTAR Canoas, según se establece en el numeral 2.2.1 del documento referido. Cabe señalar que actualmente, toda la documentación relativa al trámite de la licencia ambiental reposa en el Expediente No. 368 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA, antes Dirección de Licencias, Permisos y Trámites del Ministerio de Ambiente).

En el año 2011, la EAB suscribió un contrato de consultoría con el consorcio CDM Smith – INGESAM para desarrollar la ingeniería básica de las tres fases de la PTAR Canoas y la ingeniería de detalle de la Fase I, consistente en el TPQA y los procesos de tratamiento del lodo primario al interior de la planta. Por su parte, la disposición final de los biosólidos quedó definida a nivel conceptual mediante el desarrollo de un análisis técnico – económico de alternativas que servirá de base para un desarrollo posterior de la ingeniería básica y de detalle de las soluciones. El contrato suscrito entre la EAB y el consorcio CDM Smith – INGESAM incluyó, además de la ingeniería de detalle de la Fase I, la preparación

del EIA para tramitar ante la ANLA, la modificación de la licencia ambiental del proyecto de descontaminación del río Bogotá, en lo que se refiere al diseño, construcción y operación de la PTAR Canoas.

El 28 de marzo de 2014, el Consejo de Estado ratificó el fallo de primera instancia proferido por el Tribunal Superior de Cundinamarca en el año 2004, que había ordenado el inicio inmediato de la descontaminación del río Bogotá desde Villapinzón hasta su confluencia con el río Magdalena en Girardot, en una extensión de 308 kilómetros a lo largo del departamento de Cundinamarca. En esta sentencia se adoptó un enfoque interdisciplinario, sistémico e institucional para abordar la recuperación y conservación de la cuenca del río Bogotá de una manera integral, a partir de tres componentes: el mejoramiento ambiental y social de la cuenca; la articulación y coordinación institucional, intersectorial y económica; y, la profundización de los procesos educativos y de participación ciudadana. Entre las órdenes concretas dictadas por la sentencia, se reafirmó que el esquema de tratamiento para la descontaminación del río Bogotá en la cuenca media estará constituido por dos plantas de tratamiento de aguas residuales, ambas con tratamiento secundario y desinfección: PTAR Salitre, que debe ampliarse en caudal y capacidad de tratamiento, y PTAR Canoas, la cual debe construirse en el sitio denominado “Canoas”.

En atención a lo solicitado en los términos de referencia del MAVDT, se ha preparado el presente documento que corresponde al Resumen Ejecutivo del EIA para la modificación de la licencia ambiental del proyecto de descontaminación del río Bogotá. En los apartes siguientes se incluye una síntesis de aspectos tales como la descripción del proyecto propuesto; los criterios considerados para el análisis y selección de alternativas y tecnologías para los componentes del proyecto; las características relevantes del área de influencia; las obras y acciones principales para la construcción y operación de la PTAR; el método de evaluación ambiental seleccionado; la jerarquización y cuantificación de los impactos ambientales significativos; la zonificación ambiental y de manejo; el plan de manejo ambiental (PMA); las necesidades de aprovechamiento de recursos con sus características principales; el costo total del proyecto y del PMA; y, el cronograma de ejecución. Todos estos aspectos son abordados con el detalle requerido, en el informe del EIA.

## 2. Bases de diseño

### 2.1 Generalidades

El proyecto tiene por objeto el diseño, construcción y operación de la PTAR Canoas, definido como uno de los proyectos fundamentales para alcanzar los objetivos de calidad del río Bogotá establecidos en el acuerdo 43 de 2006 de la CAR.

La PTAR Canoas procesará las aguas residuales originadas en las cuencas Fucha, Tunjuelo y Tintal que representan el 70% de las aguas residuales producidas en el Distrito Capital. Igualmente, tratará las aguas residuales generadas en la cabecera municipal de Soacha, las cuales serán conectadas al ITC en un punto localizado aguas arriba de la EEC. El área total de servicio de la planta es de aproximadamente 29.000 ha y ha sido diseñada para atender a 7,33 millones de habitantes, que se estima será la población de saturación que se alcanzará en el área de servicio hacia el año 2040. La Figura 1 muestra la delimitación del área de servicio de la planta.

Los principales beneficios que se esperan con la construcción y operación la PTAR Canoas, son los siguientes:

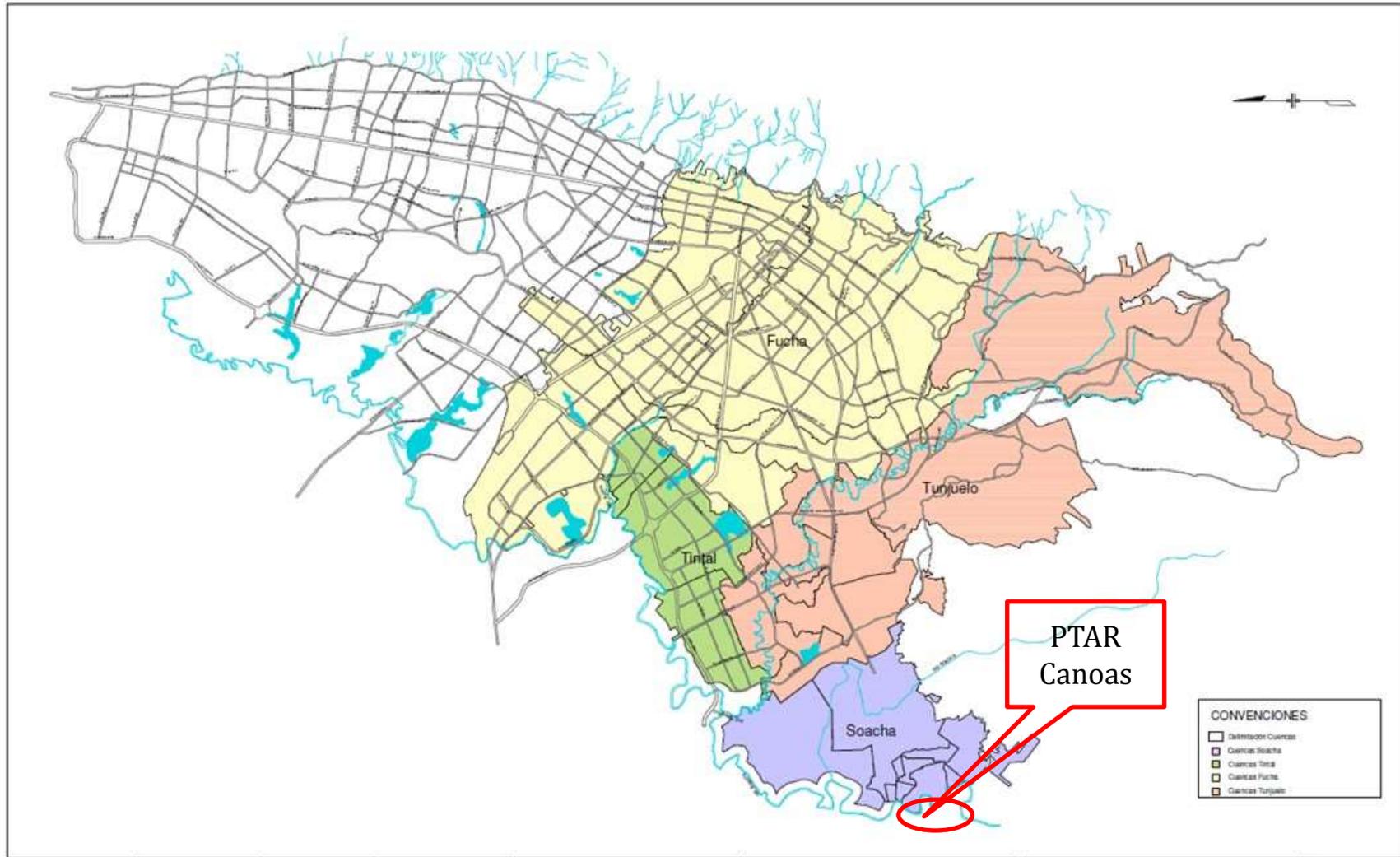
- Tratamiento de las aguas residuales de más de siete millones de habitantes del Distrito Capital establecidos en las cuencas Fucha, Tunjuelo y Tintal, y en la cabecera municipal de Soacha, cuyos vertimientos se realizan actualmente de forma directa al cauce del río Bogotá.
- Mejora de las condiciones químicas y biológicas de las aguas de los ríos Fucha, Tunjuelo y Bogotá.
- Logro de los objetivos de calidad del agua del río Bogotá y el embalse del Muña establecidos en el Acuerdo 43 de 2006 de la CAR.
- Reducción de los impactos ambientales negativos derivados de la contaminación del río Bogotá sobre los recursos hídricos; la calidad del agua del río Magdalena; el uso agrícola y pecuario del suelo; la salud humana; los servicios públicos; la calidad ecológica de la cuenca; y, la calidad del aire, entre otros.
- Complementación del esquema integral de descontaminación del río Bogotá en la cuenca media, que incluye la ampliación de la PTAR Salitre en capacidad y nivel de tratamiento.

### 2.2 Localización de la PTAR Canoas

La PTAR Canoas estará ubicada en la margen derecha del río Bogotá, en una zona destinada por el POT del municipio de Soacha para este fin (Acuerdo 46 del 27 de diciembre de 2000), en un lote de aproximadamente 214 ha, y a una altitud media de 2.550 m sobre el nivel del mar. En la Figura 2 se muestra un mapa con la localización del sitio de la planta.

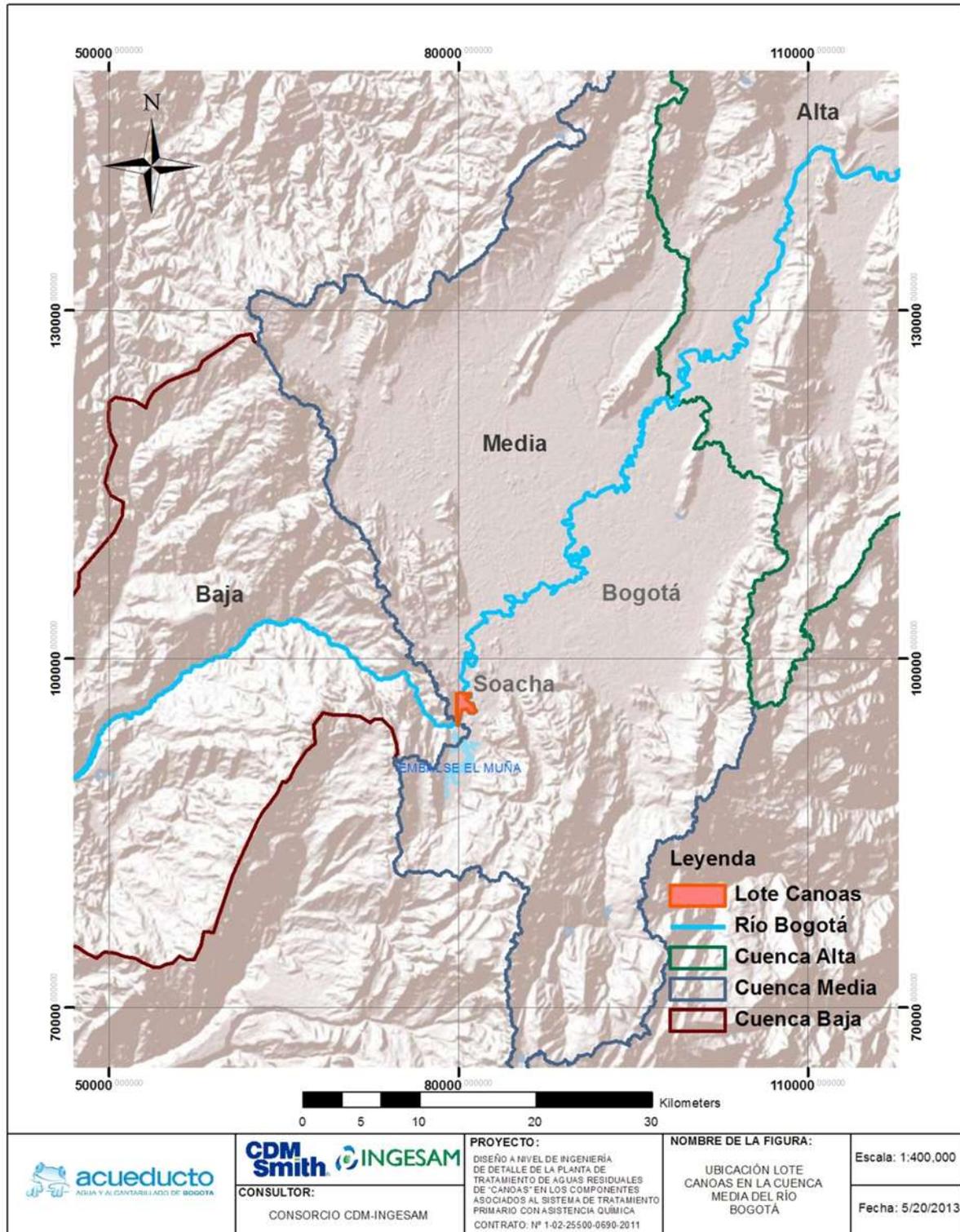
Desde Bogotá se accede al predio de la PTAR Canoas través de la Autopista Sur y a la altura del desvío hacia Sibaté, se toma la carretera troncal hasta la variante que conduce a Mondoñedo, denominada Avenida Perimetral de la Sabana. Al inicio de esta vía, en el costado oriental, se encuentra el terreno de Canoas. El tiempo de acceso desde Bogotá se puede fijar entre 40 minutos y 2 horas, dependiendo del tráfico, día y hora del día.

Figura 1. Área de servicio de la PTAR Canoas



**Fuente:** HMV Ingenieros. Predimensionamiento Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Canoas. Contrato No. 1-02-26100-806-2006. Producto I. 2214-00-CV-RP-001-01 Actualización de población, caudal y cargas contaminantes. Verificada por CDM Smith – INGESAM en el Informe del Producto 3 del Contrato de Consultoría No. N° 1-02-25500-0690-2011.

Figura 2. Localización general de la PTAR Canoas



## 2.3 Características del agua residual cruda

Para estimar las características del agua residual cruda se acudió a la información de un estudio realizado en el año 2010 por la EAB, el cual incluyó la caracterización de ocho colectores principales de las cuencas Fucha y Tunjuelo, cuyo caudal representa aproximadamente el 75% del caudal que se estima llegará a la PTAR Canoas. El análisis de la información de dicha caracterización, conjuntamente con datos de información demográfica, consumo de agua potable e índice de agua no contabilizada, permitió inferir las características de las aguas residuales crudas que llegarán a la PTAR Canoas. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos, los cuales constituyen la base para el diseño realizado.

**Tabla 1. Características del agua residual cruda esperada en la PTAR Canoas**

Parámetro	Características	Valor
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO <sub>5</sub>	Concentración, (mg/L)	265
Demanda química de oxígeno. DQO	Concentración, (mg/L)	586
Sólidos suspendidos totales. SST - Tiempo seco	Concentración, (mg/L)	245
Sólidos suspendidos totales. SST - Tiempo húmedo	Concentración, (mg/L)	307
Sólidos suspendidos volátiles. SSV	Concentración, (mg/L)	172
Nitrógeno total Kjeldahl	Concentración, (mg- N/L)	70
Fósforo total - PT	Concentración PT, (mg-P/L)	10
Alcalinidad	Concentración, mg/L CaCO <sub>3</sub>	224

## 2.4 Caudal de agua residual

La planta fue diseñada para atender la población de saturación del área de servicio, la cual se estima se presentará hacia el año 2040. El flujo de aguas residuales que para entonces llegará a la PTAR Canoas se estimó con base en información como la dotación neta residencial de agua potable, el índice de agua no contabilizada, la proyección de población a saturación y las características del agua residual cruda. El caudal de aguas residuales proyectado incluye los aportes generados por los usuarios domésticos, comerciales e industriales, lo mismo que los aportes generados por infiltración y conexión de aguas limpias (influjos) al sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad. En la Tabla 2 se presenta el resumen de los caudales proyectados para el diseño de la planta.

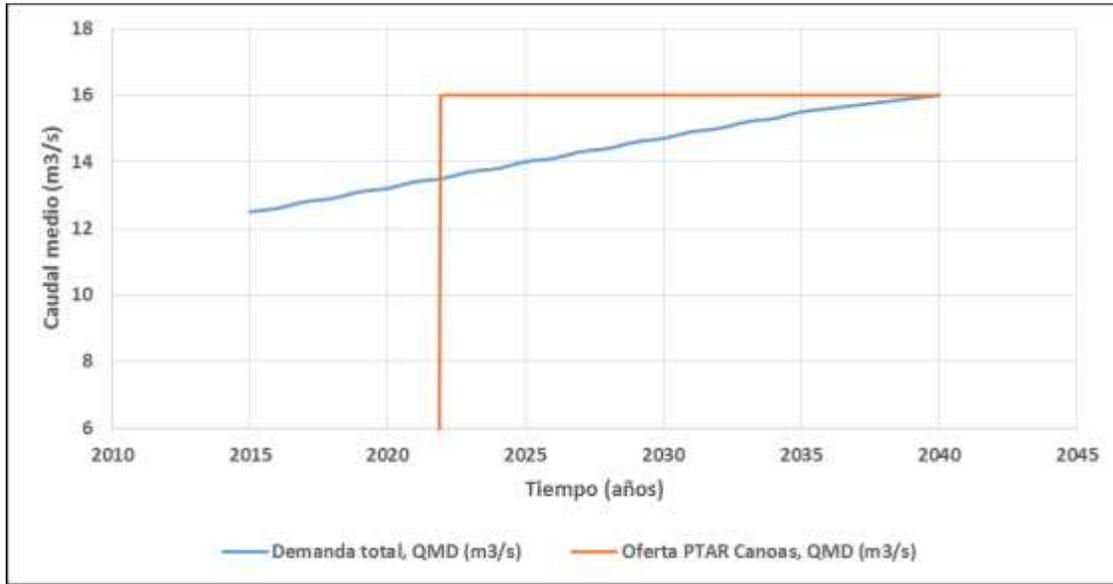
Con base en el caudal estimado a saturación, se proyectó el caudal medio de agua residual total por año, durante el período 2015 - 2040. En la Figura 3 se muestra la demanda frente a la capacidad de la planta de tratamiento, bajo el supuesto de que ésta entra en operación en el año 2022. En dicho año, el caudal medio diario representa el 85% de la capacidad total de la planta, razón por la cual no se consideró viable la segmentación de la Fase I en varias etapas constructivas.

**Tabla 2. Resumen de caudales proyectados para el diseño de la PTAR Canoas**

Caudal	(m <sup>3</sup> /s)
Promedio diario de aguas residuales, Q <sub>MD</sub>	10,6
Promedio de aguas de dilución, Q <sub>dilución</sub>	5,4
Promedio diario total de aguas residuales, Q <sub>MD TOTAL</sub>	16,0
Máximo mensual, Q <sub>MM</sub>	19,7

Caudal	(m <sup>3</sup> /s)
Pico horario, $Q_{MH}$	21,4
Mínimo diario, $Q_{md}$	13,6
Caudal máximo diario de aguas combinadas ( $Q_{MDAC}$ )	25,6
Máximo de aguas combinadas $Q_{MAC}$ , dilución máxima a admitir en la PTAR	32,0

Figura 3. Proyección del caudal medio de aguas residuales vs capacidad de la PTAR Canoas



## 2.5 Cargas de diseño

Utilizando los datos de población a saturación y las cargas per-cápita deducidas a partir del análisis de los datos de la caracterización de 2011, se calcularon las cargas promedio para utilizar en el diseño de la PTAR Canoas. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Cargas de diseño para la PTAR Canoas

Parámetro	Carga promedio (ton/d)
Demanda Bioquímica de Oxígeno, $DBO_5$	366
Demanda química de oxígeno, DQO	810
Sólidos suspendidos totales, SST - Tiempo seco	339
Sólidos suspendidos totales, SST - Tiempo húmedo.	494
Sólidos suspendidos volátiles, SSV	238
Nitrógeno total Kjeldahl	97
Fósforo total - PT	13
Alcalinidad	310

## 3. Evaluación de alternativas

### 3.1 Alternativas de procesos y tecnologías de tratamiento

#### 3.1.1 Identificación de tecnologías aplicables

En primer lugar, se efectuó una evaluación integral de los procesos seleccionados por HMV Ingenieros en el estudio de predimensionamiento de la PTAR Canoas (2008), esto es, tratamiento primario químicamente asistido (TPQA) y lodos activados.

A continuación, y con el fin de atender el requerimiento establecido por la EAB, según el cual el sistema de tratamiento a diseñar debe estar soportado en tecnologías y/o procesos de tratamiento internacionalmente probados y aplicados en condiciones similares a las de este proyecto, se realizó una investigación de los procesos y tecnologías utilizadas a nivel mundial, en plantas de tratamiento de tamaños y características similares a la PTAR Canoas. En total, se recopiló información de 30 plantas de tratamiento en todo el mundo, con un caudal medio superior a 7,0 m<sup>3</sup>/s, lo que permitió obtener información de tecnologías que están siendo utilizadas de manera exitosa actualmente en plantas de gran tamaño. Adicionalmente, se identificaron algunas tecnologías que, aunque no han sido utilizadas en plantas de tamaño similar a la PTAR Canoas, podrían ser consideradas como opciones para implementar en esta planta.

Con base en la evaluación de la propuesta de HMV y en la investigación de experiencias en plantas de tratamiento de gran tamaño en todo el mundo, se seleccionó un abanico de opciones tecnológicas con posibilidad de ser implementadas en la PTAR Canoas. La lista inicial de tecnologías candidatas se presenta en la Tabla 4.

**Tabla 4. Tecnologías candidatas para implementar en la PTAR Canoas**

Operaciones y procesos unitarios de tratamiento	Tecnologías
<b>Línea de agua</b>	
Cribado medio (8 mm ≤ Esp. ≤ 38 mm)	Rejas de impulso por cadena
	Rejas reciprocantes
	Rejas catenarias
Cribado fino (1,5 mm ≤ Esp. ≤ 6 mm)	Rejas de impulso por cadena
	Placas perforadas
	Rejas de escalera
	Rejas de tambor
	Rejas banda continua
Desarenación	Desarenador aireado
	Vórtice
	Ciclón (para desarenación de lodo primario)
	Flujo horizontal
Tratamiento primario	Convencional
	TPQA
	Sedimentación de alta tasa

Operaciones y procesos unitarios de tratamiento	Tecnologías
Tratamiento secundario	Lodos activados convencionales
	Lodos activados por alimentación escalonada
	Lodos activados aireados con oxígeno de alta pureza
	Filtros biológicos aireados (BAF)
	Filtros percoladores
Remoción de nitrógeno	Filtros biológicos aireados (BAF) + filtros desnitrificadores
	Lodos activados por medio de alimentación escalonada + Filtros desnitrificadores
	Proceso Ludzack-Ettinger modificado - MLE
	Proceso MLE + filtros desnitrificadores
	Bardenpho de cuatro etapas
	Filtros percoladores + BAF
Remoción de fósforo	Precipitación química
	Proceso biológico
Desinfección	Hipoclorito de sodio
	Cloro gaseoso
	Luz Ultravioleta
<b>Línea de lodos</b>	
Espesamiento de lodo primario	Circulares por gravedad
	Centrífugas
	Filtro de banda por gravedad
Espesamiento de lodo secundario	Circulares por gravedad
	Flotación con aire disuelto, DAF
	Centrífugas
	Filtro de banda por gravedad
Digestión anaeróbica	Anaeróbica mesofílica (convencional)
	Anaeróbica mesofílica (ácido/gas)
	Anaeróbica termofílica
	Hidrólisis térmica + digestión anaeróbica mesofílica
Deshidratación de lodos digeridos	Centrífugas
	Filtro prensa de banda
	Filtro prensa de placas
	Prensa rotatoria

### 3.1.2 Evaluación inicial o de primer nivel

Una vez identificadas las opciones tecnológicas candidatas por cada proceso, se procedió a una evaluación inicial o de primer nivel, cuyo propósito fue seleccionar al menos dos alternativas por proceso, de acuerdo a lo solicitado por la EAB.

Adicional a las tecnologías identificadas inicialmente, en este paso se evaluaron las posibles opciones tecnológicas para el control de olores en la PTAR. Estas tecnologías no se identificaron en el paso inicial,

debido a la información limitada que se encontró en la investigación de las plantas de tratamiento de gran tamaño; sin embargo, las opciones a ser evaluadas (carbón activado, torres de depuración, biofiltros y filtros percoladores biológicos), corresponden a tecnologías de uso común en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales similares a la PTAR Canoas.

Esta primera evaluación consistió en un análisis cualitativo tipo tamizado, el cual se aplicó con el fin de establecer entre el conjunto de opciones iniciales y para cada proceso, aquellas tecnologías que proporcionan las mayores ventajas para la PTAR Canoas. La evaluación se realizó con base en los siguientes criterios:

- Costos de inversión
- Costos de operación y mantenimiento
- Eficiencia del proceso
- Confiabilidad
- Flexibilidad
- Requerimientos de espacio
- Requerimientos de energía
- Aspectos ambientales durante la operación (tráfico, ruido y olores ofensivos, entre otros)
- Capacidad para manejo de requerimientos futuros

Un análisis comparativo de cada tecnología frente a cada uno de los criterios anteriores, permitió seleccionar las tecnologías factibles, tanto para la línea de agua como la de lodos. Como resultado de este análisis, se seleccionaron dos alternativas por proceso, con excepción de la Fase II (tratamiento secundario) y la Fase III (remoción de nitrógeno y fósforo), en las cuales se incluyeron cuatro opciones. En la Tabla 5 se presentan las tecnologías seleccionadas a partir del análisis cualitativo, las cuales fueron llevadas a la etapa siguiente de la evaluación de alternativas de tratamiento.

**Tabla 5. Tecnologías seleccionadas en la evaluación de primer nivel**

Operaciones y procesos unitarios de tratamiento	Tecnologías
<b>Línea de agua</b>	
Cribado medio (8 mm ≤ Esp. ≤ 38 mm)	Rejas de impulso por cadena
	Rejas reciprocantes
Cribado fino (1,5 mm ≤ Esp. ≤ 6 mm)	Rejas de impulso por cadena
	Placas perforadas
Desarenación	Desarenador aireado
	Vórtice
	Ciclón (para desarenación de lodo primario)
Tratamiento primario	TPQA
	Sedimentación de alta tasa
Tratamiento secundario	Lodos activados convencionales

Operaciones y procesos unitarios de tratamiento	Tecnologías
	Lodos activados por alimentación escalonada
	Filtros biológicos aireados (BAF)
	Filtros percoladores
Remoción de nitrógeno	Filtros biológicos aireados (BAF) + filtros desnitrificadores
	Lodos activados por medio de alimentación escalonada + Filtros desnitrificadores
	Bardenpho de cuatro etapas
	Filtros percoladores + BAF
Remoción de fósforo	Precipitación química
	Proceso biológico
Desinfección	Hipoclorito de sodio
	Luz ultravioleta
<b>Línea de lodos</b>	
Espesamiento de lodo primario	Circulares por gravedad
	Centrífugas
Espesamiento de lodo secundario	Centrífugas
	Filtro de banda por gravedad
Digestión anaeróbica	Anaeróbica mesofílica (convencional)
	Hidrólisis térmica + digestión anaeróbica mesofílica
Deshidratación de lodos digeridos	Centrífugas
	Filtro prensa de banda
<b>Control de olores</b>	
Línea de agua	Biofiltros construidos
	Depuradores químicos
Línea de lodos	Biofiltros construidos
	Depuradores químicos

### 3.1.3 Evaluación final

A partir de las opciones tecnológicas definidas en la evaluación inicial, se configuraron las alternativas de sistemas de tratamiento. Se procedió inicialmente a prediseñar cada proceso de tratamiento, para lo cual se utilizó el software BioWin, de Enviro Sim Associates. A continuación, se estimaron los costos de inversión, operación y mantenimiento, utilizando el software CapdetWorks, de Hydromantis.

Las alternativas de tratamiento fueron sometidas a una evaluación final mediante un Análisis de Decisión de Criterio Múltiple (ADCM), herramienta ampliamente utilizada para la evaluación de alternativas, que facilita la toma de decisión por medio de un método sistemático de análisis. La metodología seguida para el ADCM se basó en las recomendaciones para este tipo de análisis incluidas en la Sección 2 del WEF MOP 8, 5a edición, de 2010.

El primer paso del ADCM consistió en definir los objetivos del proyecto, para lo cual se tomaron los requerimientos dados por la EAB, además de lineamientos generales típicos para proyectos de

tratamiento de aguas residuales de gran escala. Así, los objetivos definidos para el proyecto PTAR Canoas, fueron los siguientes.

- Requerimientos de tratamiento:
  - Fase I – 60% de remoción de SST y 40% de remoción de DBO<sub>5</sub>
  - Fase II – concentraciones máximas de SST y DBO<sub>5</sub> de 30 mg/L en el efluente
  - Fase III – concentraciones máximas de nitrógeno de 26 mg/L y de fósforo de 5 mg/L, en el efluente

Es importante señalar que todas las alternativas de tratamiento cumplen con estos requerimientos, razón por la cual este objetivo no fue incluido en la evaluación.

- Minimizar los costos de operación y mantenimiento
- Minimizar los costos de inversión
- Las tecnologías deben ser adaptables a posibles requerimientos futuros en relación a niveles de remoción de contaminantes, o calidad del lodo producido, entre otros aspectos
- La tecnología para cada operación y/o proceso unitario debe ser amigable para la operación y mantenimiento, en relación a la facilidad y complejidad
- La tecnología debe ser robusta, confiable y comprobada internacionalmente en condiciones similares a las del proyecto de la PTAR Canoas, presentando buenas eficiencias de proceso, rendimientos óptimos en diferentes condiciones de operación y trayectoria comprobada en plantas de características similares
- Disponibilidad de representantes y proveedores de equipos y repuestos
- Minimizar los impactos ambientales que se deriven de la implementación de la tecnología considerada
- Minimizar los requerimientos de espacio

Para cada objetivo del proyecto se definió uno o más criterios de evaluación y a cada criterio le fue asignado un peso o porcentaje de importancia, que refleja la jerarquía o importancia relativa entre el grupo de criterios. Por otra parte, para calificar cada criterio se definió una escala de evaluación cuantitativa; como en la mayoría de los casos la evaluación se realizó sobre dos alternativas por proceso unitario, se definió una escala de evaluación pequeña, que varió entre 1 y 2 o entre 1 y 3, en algunos casos.

## 3.2 Sistema de tratamiento seleccionado

En la Tabla 6 se relacionan las tecnologías seleccionadas para las tres fases de tratamiento y en la Figura 4 se muestra el diagrama de flujo de las operaciones y procesos unitarios que conforman la PTAR Canoas en sus tres fases de tratamiento.

**Tabla 6. Tecnologías de tratamiento seleccionadas para la PTAR Canoas**

Fase	Operación o proceso unitario	Tecnología
		Línea de agua
I. Tratamiento primario, TPQA	Cribado medio (8 mm ≤ Esp. ≤ 38 mm)	Rejas de impulso por cadena
	Cribado fino (1,5 mm ≤ Esp. ≤ 6 mm)	Rejas de impulso por cadena
	Desarenación	Desarenador aireado
	Tratamiento primario	TPQA
II. Tratamiento secundario	Tratamiento secundario	Lodos activados por alimentación escalonada
	Desinfección	Cloración con hipoclorito de sodio
III. Remoción de nutrientes	Remoción de nitrógeno	Lodos activados por medio de alimentación escalonada, con zonas anóxicas
	Remoción de fósforo	Precipitación química + proceso biológico
<b>Línea de lodos</b>		
I. Tratamiento primario, TPQA	Desarenación de lodos primarios	Hidrociclones
	Espesamiento de lodo primario	Espesadores circulares por gravedad
	Cribado de lodos primarios	Tamices rotatorios a presión
	Pre-deshidratación de lodos	Centrífugas
	Digestión anaeróbica	Hidrólisis térmica + digestión anaeróbica mesofílica
	Deshidratación de lodos digeridos	Filtro prensa de banda
II. Tratamiento secundario	Espesamiento de lodo secundario	Espesadores de banda por gravedad
<b>Línea de gas</b>		
I. Tratamiento primario, TPQA	Control de olores	Biofiltros construidos
	Cogeneración	Motogeneradores y calderas pirotubulares

### 3.3 Alternativas de layout o distribución espacial de la planta

Después de definido el sistema de tratamiento para la PTAR Canoas, se desarrollaron dos alternativas de layout en el sitio previsto para construcción de la planta. Para conformar las alternativas de layout se tuvieron en cuenta las características físicas del sitio (localización, topografía, geotecnia, geografía, hidrología e infraestructura), la posible posición de la estación elevadora y de la descarga final y algunos criterios generales para la conformación de layouts, en lo concerniente a ruta del agua residual, ruta de lodos, localización de by-pass y, en general, la secuencia de los procesos seleccionados para el tratamiento de las aguas residuales.

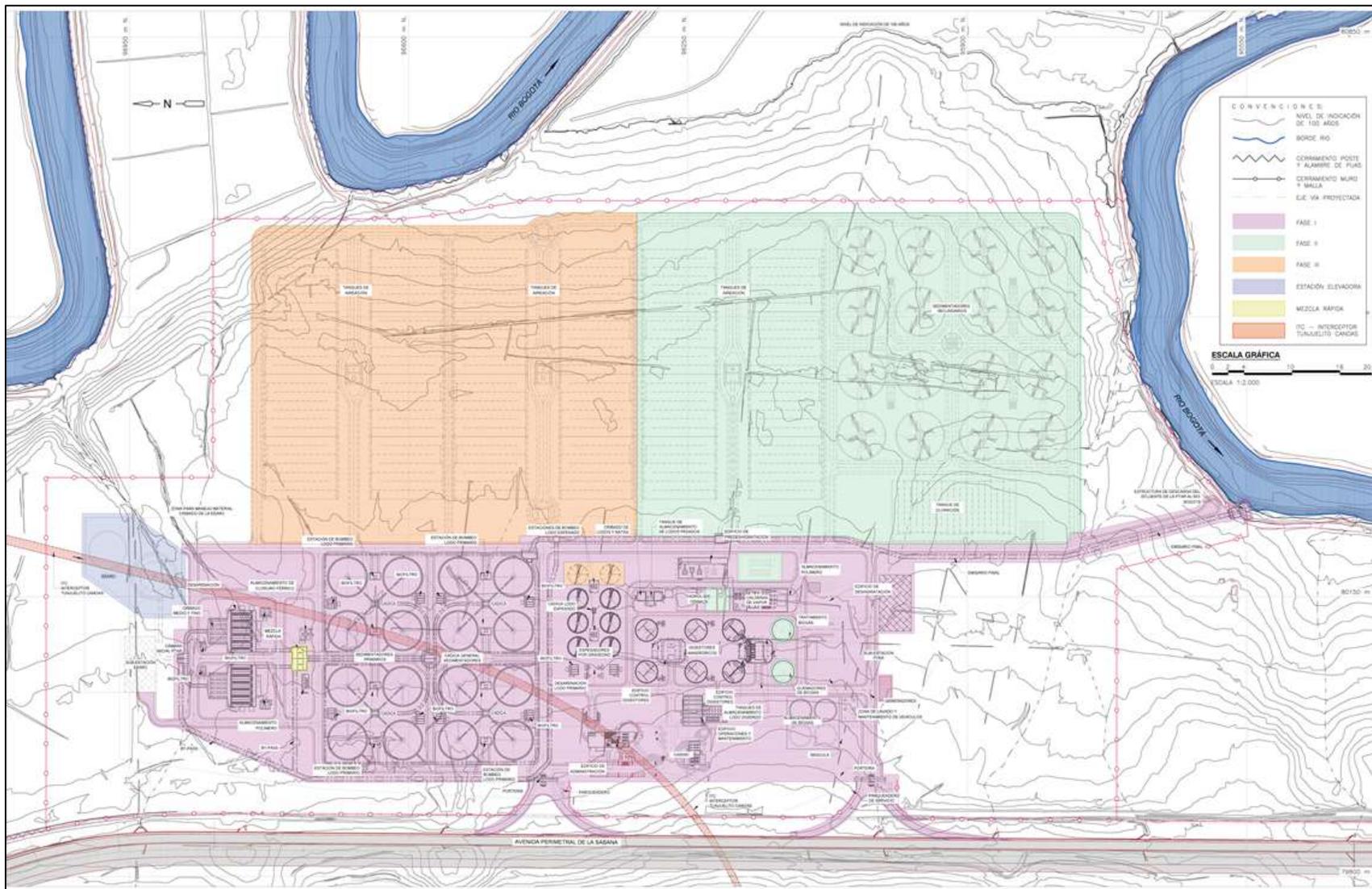
Otras consideraciones fueron las siguientes: Tener una distribución funcional; requerimientos de accesibilidad, movilidad y armonía con el entorno; flexibilidad para ampliaciones futuras; y, mitigación de impactos ambientales como generación de olores, ruido e impacto visual. Adicionalmente, se consideró la diferencia de nivel entre el sitio de la planta y el punto de descarga del efluente, con el fin de minimizar las pérdidas de carga, garantizar la circulación del agua a gravedad en la planta y optimizar las distancias de bombeo de los lodos generados en el proceso de tratamiento.

Con la localización establecida, se realizaron los perfiles hidráulicos de la línea de agua residual empleando el software Visual Hydraulics. En la modelación se tuvieron en cuenta los principales

elementos hidráulicos que se encuentran en la planta tales como tuberías, canales, vertederos, orificios y compuertas entre otros. En cuanto al manejo de los lodos, éstos se bombearán desde los puntos de recolección hasta las unidades de proceso de la línea de lodos. En la Figura 5 se muestra el layout seleccionado para las tres fases de tratamiento.



Figura 5. Layout de la planta de tratamiento



## 4. Descripción del proyecto

Como se señaló anteriormente, la Fase I de la PTAR Canoas consiste en un tratamiento primario con asistencia química, mediante el cual es posible alcanzar los requerimientos de calidad del efluente, es decir, 60% de remoción de SST y 40% de remoción de DBO5. Las aguas residuales llegarán a la planta a través del ITC y la EEARC. El ITC ya se encuentra construido, mientras la EEARC está actualmente en proceso de contratación.

La ingeniería de detalle de la Fase I de la PTAR Canoas fue desarrollada siguiendo los lineamientos y criterios de diseño establecidos en normas de diseño de organizaciones internacionales como Water Environment Federation (WEF), Hydraulic Institute (HI), American Society for Testing and Materials (ASTM), American Society of Mechanical Engineers (ASME), American Concrete Institute (ACI), National Fire Protection Association (NFPA), National Electric Code (NEC) y Occupational Safety and Health Administration (OSHA), entre otras, complementadas con los Estándar de Diseño de CDM Smith, normas nacionales como la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10), el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000), el Código Eléctrico Colombiano (NTC-2050) y el Código Nacional de Fontanería (NTC-1500), y las Normas Técnicas y de Servicio de la EAB.

De acuerdo con la alternativa de distribución espacial seleccionada en la primera etapa del estudio, la Fase I de la planta se desarrolla en dirección norte – sur, ocupando la línea de agua aproximadamente la primera mitad del terreno donde se levantará la Fase I. La línea de agua inicia en una cámara que recibirá el agua residual cruda proveniente de la EEARC, continúa luego por las unidades de pre-tratamiento (cribado medio, cribado fino y desarenado), mezcla rápida y sedimentación primaria, cuyo efluente es descargado al río Bogotá en el extremo sur de la planta. Por su parte, la línea de lodos se localiza en la segunda mitad del terreno de la Fase I, abarcando los procesos de desarenación, espesamiento por gravedad, cribado, pre-deshidratación, hidrólisis térmica, digestión anaeróbica y deshidratación final.

La planta desde la Fase I, incluye un sistema de control de olores cuyas unidades están distribuidas en distintas áreas de la planta, de acuerdo a la localización de los procesos de tratamiento con potencial de generar olores ofensivos. Igualmente, contará con un sistema de aprovechamiento del biogás producido en el proceso de digestión anaeróbica, para la generación de energía eléctrica y calórica, estimándose que en la Fase I se producirá la energía eléctrica necesaria para la operación de la planta.

En los apartes siguientes se presenta una breve descripción de cada operación y proceso unitario de la planta.

### 4.1 Línea de agua

Está conformada por el tratamiento preliminar o pre-tratamiento, la unidad de coagulación o mezcla rápida y los tanques sedimentadores primarios, donde tienen lugar los procesos de floculación o mezcla lenta, y sedimentación.

### 4.1.1 Tratamiento preliminar o pre-tratamiento

El agua residual proveniente de la EEARC llega a la cámara inicial de la PTAR, en la cual el flujo se divide en dos compartimentos, cada uno de los cuales conduce a un conjunto de seis canales de cribado, a través de un canal de conducción de salida. En la primera parte de cada compartimento se ha previsto una trampa para rocas, con el fin de retener material de gran tamaño proveniente de la EEARC, que pudiera ocasionar daños y problemas de operación en las unidades de cribado. La segunda parte de cada compartimento consta de una cámara propiamente dicha, en cada una de las cuales se instalan dos compuertas deslizantes que permiten el flujo del agua hacia las unidades de cribado. En la primera parte del compartimento occidental de esta cámara, se han previsto dos compuertas deslizantes que conducen el agua residual cruda hacia el canal de by-pass, en eventos en los cuales se requiere sacar de servicio la totalidad de la planta.

De la cámara inicial, el agua residual llega por gravedad al sistema de cribado, que corresponde a la primera operación unitaria de la línea de agua, la cual tiene como propósito retener el material flotante y las basuras que lleguen con el agua residual cruda. La operación de cribado consiste de dos trenes, cada uno con seis canales en paralelo, los cuales pueden funcionar independientemente uno de otro. En cada canal se ubica una reja de 25 mm (cribado medio) seguida de otra de 6 mm (cribado fino). Los dos cribados consisten de rejas impulsadas por cadena con rastrillo múltiple.

La basura retenida en las seis rejas de cribado medio de cada tren es recogida en una banda transportadora de desechos y descargada en un contenedor, de donde serán llevados a camiones que se encargarán de transportarlos al sitio de disposición final. Por su parte, la basura retenida en las cribas finas es recogida en un canal transportador alimentado por agua desarenada, a través del cual se conducen los desechos desde la reja fina hasta el lavador compactador. Cada tren de cribado tiene dos lavadores compactadores de desechos, uno por cada tres rejas finas, y asociado cada uno a un canal transportador. La basura del cribado fino es descargada en un contenedor, el cual es llevado a camiones que los transportan hasta el sitio de disposición final. Se estima que en la operación de cribado medio y fino se retendrá un volumen medio de 50,0 m<sup>3</sup>/día, cuyo destino final será probablemente el relleno sanitario Mondoñedo, localizado aproximadamente a 15,0 km del sitio de la PTAR Canoas, en dirección norte.

El efluente del cribado pasa posteriormente a la operación de desarenado, la cual tiene lugar en dos trenes cada uno con 12 tanques rectangulares de 27,5 m de longitud y 4,0 m de ancho, trabajando en paralelo. En cada tanque se adiciona aire comprimido por medio de sopladores rotatorios y un sistema de difusores de burbuja gruesa instalados en un costado de la unidad; la adición de aire genera una turbulencia que ayuda a separar el material orgánico de las arenas, las cuales se depositan en el fondo del tanque, de donde son removidas mecánicamente por medio de un tornillo transportador de arenas, asociado a una bomba de arenas. Cada dos bombas de arenas descargarán a un hidrociclón y cada par de hidrociclones a su vez, descargarán la arena separada a un lavador /clasificador de arenas. De aquí, la arena sale con una humedad aproximada del 40% y un contenido mínimo de orgánicos del 5%. Se estima que la cantidad de arena generada en la Fase I de la planta será de 176 m<sup>3</sup>/d, material que después de lavado y clasificado, pudiera utilizarse en aplicaciones como por ejemplo base para vías, atraque de tuberías, fabricación de bloques de cemento y mejoramiento de la estructura del suelo en ciertos cultivos agrícolas. Dado que estas actividades requieren investigación previa a su utilización, una vez la planta esté en operación, el destino inicial de las arenas podría ser un relleno sanitario, probablemente en Mondoñedo por su cercanía al sitio del proyecto.

### 4.1.2 Coagulación o mezcla rápida

El efluente de la operación de desarenado se conduce hasta la unidad de mezcla rápida a través de dos conductos de sección cuadrada, de 3,0 x 3,0 m. Cada uno de estos conductos ingresa a un canal de entrada, desde donde se alimentan dos cámaras de mezcla, cada una de 7,0 x 7,0 m de sección. En total, son dos canales de entrada y cuatro cámaras de mezcla. En estas cámaras tendrá lugar el proceso de coagulación o mezcla rápida, con la adición de cloruro férrico que es integrado a la masa de agua mediante agitación con un agitador mecánico de eje vertical. A partir de la experiencia práctica en otras plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, de características similares a la futura PTAR Canoas, y mediante algunos ensayos de laboratorio llevados a cabo por CDM Smith – INGESAM en aguas residuales de algunos de los colectores de las cuencas Fucha y Tunjuelo, se determinó que la dosis media de cloruro férrico es del orden de 30 mg/l. Para las condiciones de saturación, es decir para un caudal medio de 16,0 m<sup>3</sup>/s, la cantidad de cloruro férrico a consumir en la planta será aproximadamente 42 ton/d.

El diseño de la PTAR Canoas incluye un área específica destinada al almacenamiento y manejo de cloruro férrico, en la cual se disponen cuatro (4) tanques de almacenamiento, cada uno de 120 m<sup>3</sup> de capacidad, 4,7 m de diámetro interno y 7,0 m de altura. Los tanques serán de fibra de vidrio y alrededor de ellos se ha previsto un muro de confinamiento, con capacidad para retener un volumen equivalente al 125 % del volumen de un tanque, en el evento de un derrame accidental. El cloruro férrico podrá llegar a la planta en forma sólida (al 98%) o en forma líquida en solución, al 42%, dependiendo del proveedor.

### 4.1.3 Sedimentación primaria

Después de pasar por el proceso de coagulación, el agua residual es sometida a los procesos de floculación (mezcla lenta) y sedimentación primaria, que tienen lugar en 16 tanques cilíndricos con el fondo cónico, de concreto reforzado, cada uno de 50 m de diámetro interno, 5,75 m de altura en la parte cilíndrica y 3,90 m de altura en la parte cónica.

Inicialmente, el agua residual efluente de las unidades de mezcla rápida se reúne en una cámara de salida, de la cual salen dos conducciones de sección cuadrada, de 3,0 x 3,0 m que dirigen el agua residual hasta la cámara de distribución de caudales principal, llamada CADICA general a sedimentadores primarios. En la entrada de esta cámara se ha dispuesto el primer punto de aplicación de polímero catiónico, que sirve como ayudante del proceso de floculación. De esta cámara salen cuatro conductos de sección rectangular, de 3,0 x 2,5 m, cada uno de los cuales conduce a una segunda cámara de distribución de caudales, llamada CADICA a sedimentadores primarios; de esta cámara salen cuatro conductos de 1,40 m de diámetro, cada uno de los cuales ingresa por el fondo del sedimentador a la parte central del tanque. En esta segunda cámara se ha previsto también un punto posible de aplicación de polímero.

Cada tanque sedimentador está equipado con los siguientes equipos mecánicos: estructura de disipación de energía (EDI); pantalla de floculación, donde tiene lugar el proceso de floculación o mezcla lenta; pantalla perimetral; barrelos en espiral; brazos recolectores de natas; y, vertedero perimetral de salida.

El agua residual efluente de cada sedimentador primario sale por la parte superior del tanque, a través de un vertedero perimetral y es descargada en una canaleta perimetral la cual entrega en una caja de salida, desde donde sale una tubería de 1,40 m de diámetro que entrega a un conducto recolector de

agua sedimentada. Este conducto está conformado por dos ramales: el primero, que recolecta el efluente de la batería de cuatro sedimentadores identificados con los números 1 al 4, y el segundo, que recolecta el efluente de las otras tres baterías (12 tanques en total), identificados con los números 5 al 16. Los dos ramales entregan a la cámara de recolección del efluente primario y esta a su vez a la cámara inicial del emisor final de la PTAR Fase I.

En la parte superior de cada tanque se recolectan las espumas o natas, las cuales son conducidas a una estación de bombeo que a su vez las conduce al proceso de cribado de lodos y natas, el cual hace parte de la línea de lodos. De otro lado, por la parte inferior del tanque sedimentador se extrae por bombeo el lodo primario a una concentración de aproximadamente 1,0 %, material que constituye la cabecera de la línea de lodos.

#### 4.1.4 By-pass, emisario final de la planta y estructura de entrega al río Bogotá

A la cámara inicial del emisor final confluyen el efluente del proceso de sedimentación y el conducto del by-pass, previsto para operaciones de emergencia cuando sea necesario sacar de servicio la totalidad de la planta, o los procesos de coagulación – floculación y sedimentación primaria.

A partir de la cámara inicial del emisor final, se desprende un conducto de sección circular que se construirá mediante tecnología de túnel liner, de 910 m de longitud y 4,5 m de diámetro, el cual entrega al río Bogotá a través de una estructura de descarga. La entrega al río Bogotá se ha previsto en la cota 2.540,23 msnm, que corresponde a la cota del nivel del río con una frecuencia de 1:100 años.

## 4.2 Línea de lodos

### 4.2.1 Estación de bombeo de lodo primario

El lodo depositado en el fondo de cada tanque sedimentador es extraído por bombeo y conducido hasta el proceso de desarenación de lodos. Se ha previsto una estación de bombeo de lodo primario por cada dos tanques sedimentadores, para un total de ocho estaciones de este tipo. En cada estación hay un total de cuatro (4) bombas centrífugas, dos por cada sedimentador.

### 4.2.2 Desarenación del lodo primario

Como medida para evitar el paso y acumulación de arenas en las unidades de digestión y como complemento de los desarenadores aireados previstos en la línea de agua, en la cabecera de la planta, se consideró un proceso de desarenación del lodo primario como paso previo al espesamiento. El proceso tendrá lugar en 16 hidrociclones, es decir, uno por cada tanque sedimentador. De esta manera, se simplifica la operación y la distribución y arreglo de tuberías desde las estaciones de bombeo de lodo primario a las unidades de desarenación. Como complemento se tendrá un lavador-clasificador de arena por cada dos hidrociclones, configuración disponible comercialmente que permite minimizar costos. Se estima que el volumen de arenas a retener en este proceso es del orden de 20 m<sup>3</sup>/d; estas arenas se dispondrán conjuntamente con las arenas removidas en el proceso de desarenación de la línea líquida.

### 4.2.3 Espesamiento del lodo primario

El proceso de espesamiento del lodo primario desarenado se realizará en seis (6) tanques espesadores circulares a gravedad, de concreto reforzado, de 25,0 m de diámetro interno, 5,30 m de altura en la parte cilíndrica y 1,50 m de altura en la parte cónica.

El lodo primario desarenado es conducido por gravedad desde la salida de los hidrociclones, hasta la cámara de distribución de caudales denominada CADICA a espesadores de lodo primario, a través de dos conductos de 500 mm de diámetro. La CADICA tiene dos compartimentos de 3,0 x 2,50 m, y a cada uno de ellos ingresa el lodo primario por el fondo, a través de uno de los conductos de 500 mm.

Del primer compartimento de la CADICA salen cuatro tuberías de 400 mm, cada una de las cuales conduce el lodo primario desarenado a un tanque espesador. Del segundo compartimento salen dos tuberías de 400 mm a los otros dos espesadores, y se ha dejado la previsión para desde aquí, alimentar dos espesadores futuros, previstos para la Fase III.

La tubería de 400 mm ingresa al espesador por la parte central del fondo del tanque y entrega en el cilindro central, desde donde se inicia el proceso de espesamiento del lodo, el cual ingresa con una concentración cercana al 1,0% y sale por el fondo del espesador, con una concentración media del 5,0%. El sobrenadante sale por la parte superior del tanque a través de un vertedero perimetral, y es retornado a una estación de bombeo que lo conduce hasta la cabecera de la planta. Igualmente, las natas formadas en la parte superior del tanque son barridas y conducidas hasta la caja recolectora de natas, desde donde se conducen a la estación de bombeo de natas. Por su parte, el lodo espesado es extraído del fondo del tanque por medio de un sistema de bombeo y conducido al proceso de cribado de lodos y natas.

Al igual que los sedimentadores primarios, los tanques espesadores estarán cubiertos con una cubierta de aluminio para evitar que los gases que generan olores ofensivos salgan a la atmósfera. La cubierta será de aluminio, material altamente resistente a la corrosión. Más adelante, en esta misma sección, se describe en detalle el sistema de control de olores de la planta.

#### 4.2.4 Estación de bombeo de lodo espesado

El lodo depositado en el fondo de cada tanque espesador es extraído por bombeo y conducido hasta el proceso de cribado de lodos y natas.

Se han previsto dos estaciones de bombeo de lodo espesado. Una de ellas dará servicio a cuatro tanques espesadores, mientras la otra dará servicio inicialmente a dos tanques, y en el futuro a los dos adicionales que se requieren en la Fase III de la planta. En la primera estación de bombeo hay un total de seis (6) bombas, una por cada tanque espesador y dos (2) de reserva. En la segunda estación hay solo tres (3) bombas, una por cada tanque espesador y una de reserva. Todas las bombas son de cavidad progresiva.

#### 4.2.5 Cribado de lodos y natas

El proceso de hidrólisis térmica para acondicionamiento del lodo antes del proceso de digestión, requiere un sistema de cribado de lodos previo, cuyo fin es evitar la entrada de residuos plásticos, viruta de madera, textiles y en general, proteger el proceso de estabilización del lodo. La tecnología a utilizar en la PTAR Canoas para la operación de cribado de lodos es un tamiz rotatorio a presión. Éste funciona con un tornillo que moviliza los lodos, y a su alrededor tiene una malla tamizadora con diferentes tamaños de orificios, por donde fluye el lodo a medida que pasa por el tornillo. Este sistema también se utilizará para cribar las natas que provienen de los desarenadores aireados, sedimentadores primarios y espesadores de gravedad.

En total, habrá seis (6) tamices rotatorios para el cribado de lodos, uno por cada espesador de lodos, lo cual simplifica la operación y la distribución de tubería desde las estaciones de bombeo. Para el cribado de natas habrá un tamiz rotatorio en operación y otro en stand-by o reserva. Las natas que salen del cribado se concentran en la parte superior de dos (2) tanques rectangulares y se remueven por medio de barredores de natas a una tolva desde donde son enviadas a la línea de lodo cribado donde se mezclan antes de ingresar al proceso de hidrólisis térmica.

#### 4.2.6 Pre-deshidratación

Otra operación requerida como paso previo al proceso de hidrólisis térmica, es la pre-deshidratación del lodo crudo, con la cual se busca alcanzar concentraciones de lodo entre el 16% y 17%. El lodo crudo proveniente de la operación de cribado de lodos es conducido por bombeo hasta ocho (8) centrifugas, en las cuales tiene lugar la pre-deshidratación; adicionalmente, hay una unidad de respaldo, para un total de nueve (9) centrifugas. Aquí se adiciona un polímero catiónico para acondicionar el lodo, el cual saldrá a concentraciones entre 16 y 17%. Se estima que la cantidad de polímero a utilizar es de 7,0 kg por tonelada de lodo seco.

#### 4.2.7 Hidrólisis térmica

El lodo que sale del proceso de pre-deshidratación con una concentración entre 16 y 17% es conducido por bombeo al proceso de hidrólisis térmica (THP, por sus siglas en inglés).

El proceso de hidrólisis térmica es un proceso de pre-tratamiento del lodo, previo a la digestión anaeróbica mesofílica, en el cual se hidroliza el lodo con vapor de alta presión (6 – 10 bares) y elevadas temperaturas (165°C), para su posterior digestión. El proceso de hidrólisis térmica desintegra las partículas de lodo creando una mezcla homogénea, menos viscosa y fácilmente digerible en el proceso de digestión anaeróbica. La carga orgánica en los digestores puede ser el doble y el tiempo de retención menor para un lodo hidrolizado que para un lodo sin hidrolizar.

En la actualidad existen dos tecnologías para llevar a cabo el proceso de hidrólisis térmica (por batches o por flujo continuo). Las dos tecnologías a pesar de tener desempeños similares en el producto final (lodo hidrolizado), presentan diferencias en sus requerimientos, proceso y cantidad de unidades requeridas.

La implementación del proceso THP tiene ventajas muy significativas, entre las que se cuentan las siguientes:

- Al introducir el proceso THP como pre-tratamiento de la digestión anaeróbica mesofílica, se reducen los requerimientos de volumen para digestión, lo que implica un menor número de tanques digestores.
- Se producen biosólidos pasteurizados que cumplen con el estándar de biosólidos Clase A, establecido en la normativa nacional (Decreto 1287 de 2014, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio), en cuanto a sus características microbiológicas.
- Mejora el proceso de deshidratación final del lodo, resultando una torta mucho más seca.
- Reduce la cantidad final de biosólidos en aproximadamente 50 – 55%.

- Permite optimizar el proceso de recuperación de energía, ya que se produce una mayor cantidad de biogás, dada su mayor capacidad de destruir sólidos volátiles.
- Reduce la demanda de energía eléctrica en el área de digestión, entre otras cosas por la reducción del volumen de lodo a digerir.

#### 4.2.8 Digestión anaeróbica

Una vez pasa por el proceso de hidrólisis térmica, el lodo queda acondicionado para ingresar al proceso de estabilización, el cual tendrá lugar en digestores anaeróbicos mesofílicos, en los cuales el lodo se mantiene a una temperatura entre 30 y 36°C durante un tiempo medio de 15 días. El volumen total de lodos a tratar será de 2.500 m<sup>3</sup>/d, para condiciones promedio de la planta. El objeto de la digestión anaeróbica es reducir el contenido de patógenos y de compuestos orgánicos, disminuyendo así el potencial de generación de olores ofensivos y de contaminación del biosólido.

En la Fase I de la planta se tienen previstos cuatro (4) tanques digestores y dos tanques de almacenamiento de lodo digerido, de sección cilíndrica, de 27,0 m de diámetro y 22,0 m de altura. Los tanques serán de concreto reforzado y estarán cubiertos con una cubierta fija, de acero inoxidable. Cada tanque tendrá un volumen útil de 12.600 m<sup>3</sup>, para un total de 50.400 m<sup>3</sup> de capacidad total.

La mezcla del contenido de los digestores se realizará por medio de bombas de recirculación, instaladas en el edificio de control de digestión, localizado en la parte central de los cuatro digestores.

Una vez estabilizados, los lodos con una concentración media de 6,7% son conducidos a los tanques de almacenamiento de lodo digerido, cuyas características técnicas son similares a las de los digestores. Se tiene previsto la construcción de dos tanques almacenadores, cuya capacidad será suficiente incluso para atender los requerimientos de la Fase II del tratamiento.

#### 4.2.9 Deshidratación de lodo digerido

Desde los tanques de almacenamiento, el lodo digerido es conducido por bombeo a la etapa final del tratamiento, consistente en la deshidratación final de los lodos. Para esto se utilizarán filtros prensa de bandas (diez filtros en total, con una redundancia de n+2 en condiciones de flujo máximo), con los cuales se espera una concentración de la torta deshidratada del orden del 35%. En la entrada de cada unidad de filtración se prevé la aplicación de un polímero para asistir en el proceso de deshidratación; la dosificación prevista es del orden de 11,5 kg de polímero / ton de lodo seco. El efluente del filtrado del filtro prensa será devuelto a la cabecera de la planta, a través de un sistema de bombeo.

Las proyecciones realizadas por CDM Smith – INGESAM para la Fase I de la planta, señalan que la producción de lodo deshidratado o biosólido será de aproximadamente 470 ton/d, en base húmeda. El lodo deshidratado cae sobre una banda transportadora que entrega luego a unos tornillos transportadores, desde donde se descarga directamente a los camiones para ser llevados a disposición final. De acuerdo con el diseño realizado, dos camiones se podrán cargar de manera simultánea. En el edificio de deshidratación final se ha previsto un espacio para almacenamiento temporal del biosólido, con una capacidad de aproximadamente siete días. En caso de que el biosólido se almacene en este espacio temporal, los camiones deberán ser cargados por medio de un cargador.

#### 4.2.10 Disposición final de biosólidos

El lodo digerido y deshidratado, conocido como biosólido, debe ser acondicionado para su disposición final, o para su aprovechamiento. Para el manejo, aprovechamiento y disposición final de este material, se han considerado en principio las siguientes opciones:

- Incineración
- Relleno sanitario o monorelleno
- Aplicación de sólidos en el campo para recuperación de suelos
- Aplicación de sólidos en el campo en uso agrícola

Experiencias en otros países demuestran también que diversificar y tener varias alternativas para disponer el biosólido es una práctica recomendable y contribuye a minimizar el riesgo. De los procesos mencionados, una opción de selección aplicada en plantas de caudal considerable es el monorelleno o relleno de seguridad; sin embargo, la selección definitiva del aprovechamiento o disposición final de los biosólidos deberá ser realizada dentro del plan maestro de manejo de biosólidos de la ciudad de Bogotá, proyecto a desarrollar próximamente por la CAR, y en el marco de la normatividad vigente recientemente promulgada por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en el Decreto 1287 de 2014.

Como se mencionó anteriormente, uno de los beneficios adquiridos con el THP es la producción de biosólidos completamente libres de patógenos, lo que brinda la posibilidad de obtener biosólidos Clase A, siempre y cuando el contenido de metales pesados en el lodo no supere las concentraciones permisibles establecidas en el decreto arriba mencionado. De acuerdo con la legislación vigente, las opciones de disposición para este tipo de biosólido, son las siguientes:

- En áreas consideradas como de espacio público, con excepción de playas, humedales, estuarios, ciénagas, páramos y zonas de protección de fuentes de aguas subterráneas y superficiales, entre otros.
- Como producto para uso domiciliario en jardines y zonas verdes.
- En agricultura.
- Los mismos usos de las categorías B y C.

### 4.3 Línea de biogás y generación de energía eléctrica

Además de alcanzar una reducción importante de la masa de lodos, el proceso de digestión anaeróbica genera biogás, una mezcla de diferentes gases (principalmente metano y CO<sub>2</sub>, más pequeñas cantidades de nitrógeno, hidrógeno, siloxanos y otros) producidos a partir de la descomposición de la materia orgánica en presencia de microorganismos y otros factores, y en ausencia de oxígeno. Se estima que la producción de biogás en la PTAR Canoas será de 85.000 m<sup>3</sup>/d a condiciones de flujo medio, y de 111.000 m<sup>3</sup>/d a condiciones de flujo máximo.

El biogás producido en los digestores anaeróbicos y en los tanques de almacenamiento de lodo digerido será aprovechado en la PTAR Canoas para la generación de energía eléctrica y calórica, mediante el uso de motogeneradores a gas y el uso de agua caliente procedente de caldera a gas o del enfriamiento de

los motogeneradores, empleada para el calentamiento de los lodos. Con el aprovechamiento del biogás en la Fase I de la PTAR Canoas, se producirá la energía eléctrica necesaria para la operación de la planta en esta primera fase. Para el caso de que se produzca un exceso de biogás, se han previsto quemadores de biogás los cuales operarán eventualmente, cuando se requiera por haber una mayor cantidad de biogás que la necesaria.

La transformación de la energía del biogás en energía mecánica se realizará mediante motores de combustión interna, los cuales tienen una buena eficiencia de conversión a energía mecánica, mientras el calor sensible del enfriamiento de los motores se utilizará para cubrir parte del calentamiento de los digestores anaeróbicos. Una parte del biogás se utilizará para producir el vapor necesario para el proceso THP, mientras otra parte se aprovecha para generación de energía eléctrica la cual se consumirá en la operación rutinaria de la planta. El biogás será almacenado en dos "gas holder", o almacenadores de biogás, desde donde se alimentará al sistema de cogeneración eléctrica de la planta.

## 4.4 Sistemas de control de olores

Para el control de olores ofensivos que se generan en diferentes puntos de la planta, se utilizarán sistemas de control de olores mediante biofiltros. Teniendo en cuenta los procesos de tratamiento que hacen parte de la Fase I del tratamiento, se establecieron siete sistemas de control de olores, tal como se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7. Sistemas de control de olores diseñados en la PTAR Canoas – Fase I**

Sistema	Estructuras con control de olores	No. de biofiltros por sistema
1	Cámara inicial PTAR	2
	Conducción a rejillado	
	Canales de cribado	
	Canal de distribución a desarenadores	
2	Estación de bombeo retorno 1	2
	Estación bombeo natas - mezcla rápida	
	Compartimentos de mezcla rápida	
	Canales de desarenación	
	Canal de recolección de agua desarenada	
	Estación bombeo de natas - desarenado	
3	Estación bombeo de natas	8
	Cadica 1 sedimentación primaria	
	Cadicas específicas sedimentación primaria	
	Sedimentador primario	
4	Cadica a espesadores de lodo primario	2
	Espesador circular por gravedad	
	Estación bombeo de natas	
5	Tanque de almacenamiento de lodo espesado	1
	Concentradores de natas	
	Estación principal de bombeo natas	
	Estación bombeo de retorno 2	

Sistema	Estructuras con control de olores	No. de biofiltros por sistema
6	Centrífugas - Pre-deshidratación	1
	Tolva almacenamiento lodo pre-deshidratado	
7	Filtros Prensa de Banda	4
	Estación de filtrado deshidratación	
	Almacenamiento temporal lodos	

Cada sistema de control de olores estará compuesto por cubiertas en las unidades generadoras, un sistema de extracción y transporte de aire, y un sistema de tratamiento por medio de biofiltros. En general, los sistemas se dimensionaron teniendo en cuenta 12 cambios de aire por hora. En el caso del proceso de sedimentación primaria y almacenamiento temporal de lodos, el dimensionamiento se realizó para seis (6) cambios de aire por hora. En el caso de los canales de desarenación, centrífugas y filtros prensa de banda, se realizó el dimensionamiento con base en los requerimientos de aire de cada unidad.

## 4.5 Edificios administrativos

Los edificios administrativos están destinados a los procesos de administración, operación, mantenimiento y proveer servicios básicos al personal de la planta. Estas edificaciones son las siguientes:

- Edificio de administración. Es una construcción de dos plantas, que incluye espacios para la recepción, la oficina de la gerencia general, el centro de control de la planta, auditorio, baterías de baños, cafetería, sala principal de reuniones, oficinas de ingeniería, oficinas de los supervisores, oficina para el jefe de vigilancia y seguridad de la planta, centro de documentación, cuarto de servidores, sala auxiliar de reuniones y cuarto de aseo, entre otros. A este edificio se encuentra integrado un espacio para el laboratorio de la planta.
- Edificio de mantenimiento y operaciones. Es un edificio tipo bodega, en el cual se instalará el almacén para insumos, los talleres, el cuarto de herramientas, el cuarto de repuestos usados, áreas de mantenimiento eléctrico, instrumentación, soldadura, pintura y bodega de lubricantes, entre otros espacios. Incluye un espacio para almacén de repuestos grandes y que requieren especial cuidado.
- Casino. Espacio de una planta, destinado a la preparación o recepción de alimentos y al consumo de los mismos por parte del personal que trabaja en la planta.
- Porterías. El diseño contempla una portería principal para acceso del personal administrativo, operativo y visitante de la planta, y una portería secundaria o de servicios para el acceso y salida de camiones que transportan los residuos sólidos, biosólidos y equipos de la planta. Cada portería está compuesta por una oficina, la portería propiamente dicha y un baño.

## 4.6 Edificios de procesos

Además de los edificios administrativos, el diseño de la PTAR Canoas incluye los siguientes edificios de procesos:

- Sub-estación eléctrica principal. Se tendrá una subestación encapsulada y el edificio tendrá un sótano tipo cárcamo para las conexiones de los conductores en los diferentes equipos.
- Sub-estaciones eléctricas secundarias. Estarán ubicadas en los edificios principales de cada proceso. Cuando no existe un edificio de proceso dedicado, se ubicarán estratégicamente lo más cercano posible a los centros de carga, como una estructura independiente. Las sub-estaciones tendrán básicamente los siguientes elementos: tableros de distribución de 13,2 kV, transformación a baja tensión según los requerimientos (480 V, 220 V, 110 V) y tableros de baja tensión, entre los cuales se incluyen los centros de control de motores (CCM). Las subestaciones de los sopladores de los desarenadores tendrán, adicionalmente, transformación a 4.160 V para dichas cargas y su tablero correspondiente.
- Edificio de cogeneración. Dentro de este edificio se localizan los motogeneradores y el sistema de recuperación de energía. Contiene una subestación eléctrica, los calderines y sistema de agua caliente, sistema de recuperación de calor, cuarto de bombas y generadores, cuarto de lubricación y cuarto de baterías, entre otros.
- Edificio de desarenadores de lodos. En la parte superior de este edificio se localizan los desarenadores de lodos primarios y en la parte inferior el tanque de almacenamiento de lodos primarios espesados. Es una estructura tipo bodega, en estructura de concreto reforzado.
- Edificio de control de digestión. Corresponde a un edificio entre los digestores, el cual tiene dos niveles: En el nivel inferior se localizan las bombas de lodos, cámara de purga, válvulas y conexiones; en nivel superior se localizan los intercambiadores de calor, bombas, accesorios y cuarto eléctrico.
- Edificio de deshidratación de lodos. En este edificio se localizan los equipos de deshidratación, la zona de almacenamiento y preparación de polímero, zona de cargue de lodos con las bandas transportadoras, zona para compresores, un almacén, una oficina y un baño.
- Caseta para equipos de dosificación de cloruro férrico. Se almacena el cloruro, se mezcla y se prepara para los tanques de almacenamiento, que luego dosifican y suministran al tanque de mezcla rápida.
- Caseta para equipos de dosificación de polímero. Se almacena el polímero, se mezcla, se prepara, se dosifica y suministra a las respectivas estructuras.
- Edificio de cribado de lodos y natas.
- Edificio de pre-deshidratación de lodos.

## 4.7 Sistemas auxiliares de la planta de tratamiento

### 4.7.1 Agua potable

Corresponde a la demanda de agua para uso doméstico y emergencias. El agua de uso doméstico incluye entre otros, la necesaria para las actividades del casino, duchas del edificio de operaciones, y puntos de consumo de agua potable en los distintos edificios de la planta. Por su parte, el agua de emergencia corresponde a la requerida por rociadores y duchas de emergencia, e hidrantes del sistema contra incendios; cabe señalar que esta demanda no es permanente, puesto que los equipos que la requieren

solo se utilizan eventualmente, precisamente en el caso de una emergencia. Tanto la demanda para uso doméstico, como para emergencias, debe suplirse exclusivamente con agua potable, la cual se suministrará desde la red del municipio de Soacha, operada por la EAB.

La demanda pico de agua potable de la Fase I de la PTAR Canoas se ha estimado en 13,0 m<sup>3</sup>/d. El agua será suministrada desde la red del Acueducto de Bogotá que abastece al municipio de Soacha.

#### 4.7.2 Agua de servicio

El agua de servicio de la planta se clasifica en dos categorías, dependiendo de sus usos:

- Agua protegida. Corresponde a la demanda requerida para la preparación de polímeros a aplicar en los procesos de sedimentación primaria, pre-deshidratación del lodo espesado y deshidratación final del lodo estabilizado; también, es necesaria para la operación de las calderas y en los refrigeradores, en los procesos de cogeneración, biofiltros (humidificación) y compresión del biogás. El agua para estos usos requiere ser de buena calidad, aunque no necesariamente potable. El efluente de la Fase I de la PTAR Canoas, no debe ser empleado en este tipo de usos, entre otras razones por los riesgos que sobre la salud de los operarios de la planta implica su utilización y también, por el impacto en los procesos unitarios. En la Fase I la demanda media es de 1.529 m<sup>3</sup>/día y la demanda pico de 2.078 m<sup>3</sup>/día.
- Agua de servicio. Incluye la demanda en unidades de proceso de la planta, tales como:
  - Segunda dilución de polímero (para dosificación en los sedimentadores primarios, pre-deshidratación del lodo espesado y deshidratación final del lodo estabilizado)
  - Rejas finas (rociadores de lavado)
  - Espesador de gravedad (agua para elutriación, en las Fases II y III)
  - THP (dilución del lodo en la entrada y salida del proceso)
  - Filtros prensa de banda (rociadores de lavado)
  - Lavado de camiones (rociadores de lavado)

El agua requerida para estos usos es de menor calidad que el agua protegida. Sin embargo, no es aconsejable utilizar el efluente de la Fase I para estos servicios, debido en especial a los altos contenidos de amonio, patógenos y sólidos. En la Fase I la demanda media es de 11.892 m<sup>3</sup>/día, y la demanda pico de 14.489 m<sup>3</sup>/día.

Para el suministro de agua de servicio de la planta en la Fase I se construirá una planta de reuso de tipo secundario con desinfección, la cual tratará un caudal de 160 L/s proveniente del efluente del tratamiento primario, con el fin de obtener un agua de la calidad requerida para uso en servicios de la planta.

### 4.8 Drenaje de aguas lluvias

Para el manejo de las aguas lluvias generadas al interior del predio de la planta se ha diseñado un sistema típico con sumideros y colectores que recolectan las escorrentías y las descargan en dos puntos al río Bogotá. En cuanto a los drenajes provenientes de la ladera localizada en el costado occidental de

la Avenida Perimetral de la Sabana, y que actualmente escurren al terreno de la planta, serán manejados a través de un canal perimetral que tendrá igualmente dos puntos de descarga al río Bogotá, siguiendo la conformación topográfica del terreno natural.

## 4.9 Suministro de energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica será realizado por CODENSA a la sub-estación de la estación elevadora Canoas (EEARC), mediante dos líneas a 115 kV, las cuales serán determinadas por CODENSA, entidad que adelanta actualmente el estudio de conexión. Desde la sub-estación de la EEARC se alimentará la sub-estación principal de la planta mediante una línea de alta tensión a 115 kV, subterránea.

## 4.10 Sistema de protección contra incendios

El diseño de la planta incluyó un sistema de protección contra incendios, proyectado con base en los requisitos y recomendaciones de las normas NFPA, particularmente la NFPA 820 versión 2012 (Standard for Fire Protection in Wastewater Treatment and Collection Facilities). Atendiendo los requerimientos de esta norma, se realizaron los análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de incendio de todas las áreas de la PTAR, con base en los cuales se preparó el diseño de los sistemas automáticos de extinción y de detección de incendios (regaderas automáticas, y agentes gaseosos limpios), los sistemas interiores de gabinetes de mangueras y extintores portátiles, y los de hidrantes exteriores con sus redes de distribución asociadas, el tanque de almacenamiento de agua y la estación de bombeo contra incendios, los sistemas de supervisión y de alarmas con sus respectivos tableros de control y señalización, así como los sistemas de evacuación.

## 4.11 Comunicaciones

En lo relacionado a las comunicaciones de la planta, y atendiendo los resultados del estudio previo realizado en la etapa de alternativas, se diseñó un sistema de comunicación inalámbrica por microondas, debido a razones de tipo económico y la facilidad para su implementación.

La tecnología de microondas ofrece alta velocidad y comunicación con un alto ancho de banda a un menor costo total de implementación para largas distancias. No hay mayores requerimientos de excavación, como si ocurre con la instalación de la fibra, y no hay problemas con los permisos de servidumbres y derecho de vía.

## 4.12 Sistema de instrumentación y control

El sistema de control se enfocará en operar de manera automática, de forma tal que se puedan monitorear y almacenar permanentemente algunos datos de operación. El sistema de control consistirá en controladores ubicados en las unidades de proceso de la planta y un sistema SCADA en el cuarto de control principal, en el cual será posible el monitoreo y control del sistema de tratamiento y donde estarán los mecanismos necesarios para anunciar de manera inmediata las condiciones de autenticación de usuarios, alarmas, eventos o acciones de operación.

Las redes de comunicación estarán disponibles para enlazar todos los elementos de campo con los controladores para poder controlar, recolectar y disponer de toda la información necesaria para administrar efectivamente el proceso.

La comunicación entre la PTAR Canoas y el Centro de Control Modelia de la EAB se realizará por medio de radio microondas, en la cual la información vista desde Modelia será de solo lectura. El objetivo es transmitir la información más importante y relevante para que desde el Centro de Control Modelia se

pueda verificar que los equipos estén trabajando dentro de sus valores normales y dentro de los parámetros establecidos.

En la planta se instalarán equipos paquetizados por vendedor que serán responsables de ciertas etapas del proceso, los cuales serán integrados al sistema de control principal utilizado protocolos abiertos y no propietarios.

Se implementará instrumentación para la medición y sensado de las diferentes variables que se presentarán en la planta, tales como presión, temperatura, nivel, flujo y demás equipos de control final como válvulas actuadas y drivers de motores, que permitan de forma integrada cumplir con las estrategias de control propuestas, en conjunto con las condiciones de control de los diferentes equipos paquetizados por vendedor.

La instrumentación se especificará de acuerdo con las características del proceso, tipo de variable y a las características medio ambientales y de seguridad que se detecten en la planta, para que su instalación, configuración e integración con los controladores de las diferentes áreas de proceso sea de la manera más óptima eficiente.

## 4.13 Cerramientos

Dada la extensión del terreno de la PTAR Canoas, se emplearán dos tipos de cerramiento: uno con malla eslabonada galvanizada y tubos metálicos, y otro con postes de concreto prefabricados y alambre de púas. El cerramiento con malla eslabonada galvanizada se emplea para cerrar el terreno de la PTAR propiamente dicho y el cerramiento con postes de concreto prefabricado se emplea para cerrar el resto del predio. Se considera cerrar completamente el terreno de la planta desde la Fase I con el fin de evitar que en el futuro se presenten invasiones al terreno que no se encuentre construido.

## 4.14 Cimentación de estructuras y edificios

El diseño geotécnico detallado para la cimentación de cada estructura de la Fase I de la PTAR Canoas obedeció a las características de resistencia y de compresibilidad del subsuelo, geometría y cargas impuestas por las estructuras, y magnitudes de asentamientos totales permitidos en un periodo de 50 años.

En general, el perfil de suelo es arcilla limosa de consistencia media a blanda, con contenidos de finos en su gran mayoría entre 70 y 100 %, con resistencia al corte no drenada entre 50 y 75 kPa, con módulos de Young entre 10.000 y 15.000 kPa, ángulo de fricción entre 20 y 25°, cohesión efectiva entre 25 y 75 kPa. Los primeros 17,0 m de suelo están sobre-consolidados (relación de sobreconsolidación RSC entre 2 y 7) y los metros inferiores están ligeramente sobre-consolidados con RSC cercanos a 1,2. El estrato de arcillolita meteorizada subyace del depósito de suelo.

Los sistemas de fundación definidos para la Fase I de la PTAR Canoas son cimentaciones con losas de cimentación y cimentaciones profundas con pilotes que trabajan por fricción y punta, con longitudes que varían entre los 30 y 40 metros. Dado los niveles actuales del terreno y los niveles de fondo de las estructuras, se generarán cambios en los estados de esfuerzos del suelo, sometiendo estos a descargas por excavaciones, cargas por construcción y llenado de las estructuras. Por esta razón, de acuerdo con los niveles de excavación, nivel de fondo de cada estructura y esfuerzos impuesto en la cimentación, se evaluaron los asentamientos totales en un periodo de 50 años.

De acuerdo con las recomendaciones hidráulicas y mecánicas de la línea de aguas de la PTAR, los asentamientos totales máximos no deben ser superiores a los 5 cm. La línea de aguas compete a las estructuras de tratamiento preliminar hasta sedimentadores primarios y conducciones entre estructuras. De la evaluación geotécnica se determinó que toda la cabecera de la PTAR Canoas se cimentará en pilotes, desde la cámara inicial hasta la caja de distribución de caudal general (CADICA general a sedimentadores). Por otro lado, los 16 tanques de sedimentadores primarios se cimentarán sobre una capa de 1,0 metro de espesor, de material de mejoramiento importado al sitio, una losa de 30 cm de concreto pobre reforzado con malla electrosoldada y sobre este mejoramiento, se dispondrá la losa de cimentación de cada tanque.

Los cuatro (4) tanques digestores de lodos y los dos (2) tanques de almacenamiento de lodos se caracterizan por su altura (27 m) y carga que impone en la cimentación. El nivel de terreno actual y de fondo del tanque conllevó a que estos tanques se cimentarán sobre pilotes que trabajan a fricción y punta con longitud de 35,0 m, empotrándose en la roca meteorizada mínimo 2,0 metros. Otra estructura que se cimentarán sobre pilotes es el edificio de pre-deshidratación, ya que las cargas generadas por los equipos de procesos requieren que la cimentación sea profunda.

La PTAR cuenta con un sistema de conducción principal conformado por el by-pass y el emisario final que suman una longitud aproximada de 1400 metros. En algunos tramos (10-15%) estos conductos están entre 2,0 y 4,0 metros enterrados, mientras que en su gran mayoría está enterrado entre 6,0 y 13,0 metros de profundidad con respecto a la cota de diseño final, hasta conectarse con la estructura de entrega al río Bogotá. En los tramos en los que la conducción de by-pass y emisario final están más profundos se determinó que por facilidad constructiva y por ende ahorro en tiempo de construcción, el sistema constructivo de esta conducción deberá ser con el sistema tunnel liner.

Las demás estructuras de la PTAR Canoas se cimentarán sobre losas de cimentación o zapatas, de acuerdo a las descargas y cargas generadas por la estructura en la cimentación y a los límites de asentamientos admisibles de las estructuras. Los detalles del sistema de cimentación de cada estructura se presentan en los planos de diseño estructural.



## 5. Costos del proyecto

### 5.1 Costos de inversión

El presupuesto de inversión que se presenta en este documento se basa en los dimensionamientos realizados en la etapa del diseño de detalle, los cuales se encuentran plasmados en los planos que hacen parte integral de este Informe. Los costos estimados permiten conocer el monto aproximado de la inversión para la Fase I de la planta de tratamiento.

El costo de inversión de la Fase I comprende los costos de la obra civil, de equipos, de instalaciones hidráulicas, eléctricas, de instrumentación y automatización y de las edificaciones. Los costos de obra civil se obtuvieron a partir de la medición de las cantidades de obra necesarias para la construcción de la Fase I de la planta, incluyendo los movimientos de tierra y obras de acondicionamiento del sitio, utilizando precios unitarios de referencia de la base de datos SAI de la EAB, y análisis de precios unitarios calculados directamente por CDM Smith – INGESAM, a partir de cotizaciones de materiales del mercado común; los costos de edificios se obtuvieron con precios por metro cuadrado de construcción terminada, teniendo en cuenta las características de los diseños presentados en los planos arquitectónicos y ajustados al área construida de cada uno según su dimensionamiento; los costos de instalaciones eléctricas se estimaron con base en precios de mercado; los costos de equipos se obtuvieron a partir de cotizaciones suministradas por fabricantes y proveedores, llevando éstas al costo final del equipo puesto en el sitio de la planta de tratamiento, calculando los fletes, seguros y costos de nacionalización; finalmente, se calcularon los costos de instrumentación y control, de acuerdo a cotizaciones obtenidas de proveedores que tienen el costo de los equipos electromecánicos.

Para estimar los costos de los equipos, se solicitaron cotizaciones de diferentes proveedores y fabricantes. El procedimiento utilizado para estimar el costo final del equipo puesto en el sitio de la planta se realizó de acuerdo a los términos internacionales de comercio vigentes, los precios de los fletes de transporte según la procedencia y lugar de origen de cada equipo, embalaje, los costos de bodegaje, inspección, tránsito, nacionalización, impuestos y transporte interno de carga hasta el sitio de la obra. Se tuvieron en cuenta las posibles variaciones de costos de los fletes y del equipo cotizado a través del lapso que pueda ocurrir desde la actualidad hasta la adquisición real.

Las tasas de cambio empleadas para convertir el costo de los equipos a moneda nacional, fueron las siguientes (TRM: 17 de Febrero de 2016):

- Dollar Americano: COP \$ 3 406,87 / USD
- Euro: COP \$ 3 774,25 / Euro
- Libra esterlina: COP \$ 4 693 / Libra

El presupuesto se estructuró por componentes de los procesos de la planta y de acuerdo al área donde se encuentren, reuniendo en cada una de ellas los diferentes costos. Esto facilita la visualización del costo de cada área de la Fase I. En la Tabla 5-1 se presenta un resumen del costo de inversión de la Fase I. Dicho costo incluye la construcción de la planta, el arranque y puesta en marcha, y la operación asistida durante un año. Cabe señalar que los costos de la operación asistida no incluyen el suministro de insumos y/o materiales que se requieran durante dicho período.



**Tabla 5-1 Presupuesto de inversión de la PTAR Canoas – Fase I**

PRESUPUESTO CONSOLIDADO - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "CANOAS"					
ÁREA	ESTRUCTURA	Costos (millones de COP)	Costos (Millones de US\$)	% Estructura	% por Capítulo
1. Preliminares y Adecuación del sitio	1.1 Preliminares y Adecuación del sitio	\$ 46 973,0	\$ 13,79	3,20%	<b>3,20%</b>
2. Conducciones	2.1 Tubería de Aguas Lluvias	\$ 4 947,3	\$ 1,45	0,34%	<b>7,19%</b>
	2.2 Tubería de Drenajes	\$ 2 346,3	\$ 0,69	0,16%	
	2.3 Box Culvert y By Pass y Emisor Final en Tunnel Liner	\$ 77 988,3	\$ 22,89	5,32%	
	2.4 Tubería Agua Potable y de Servicio	\$ 3 968,2	\$ 1,16	0,27%	
	2.5 Tubería para Lodos	\$ 1 962,2	\$ 0,58	0,13%	
	2.6 Tubería para Natas	\$ 773,00	\$ 0,23	0,05%	
	2.7 Red General contra Incendio	\$ 13 375,0	\$ 3,93	0,91%	
3. Tratamiento Preliminar	3.1 Cámara Inicial	\$ 3 403,3	\$ 1,00	0,23%	<b>9,66%</b>
	3.2 Canal de Entrada	\$ 670,30	\$ 0,20	0,05%	
	3.3 Cribado	\$ 54 303,0	\$ 15,94	3,70%	
	3.4 Desarenadores	\$ 81 855,5	\$ 24,03	5,58%	
	3.5 Estación Bombeo Retorno 1	\$ 1 022,8	\$ 0,30	0,07%	
	3.6 Estación Bombeo Natas Desarenadores	\$ 290,20	\$ 0,09	0,02%	
4. Tratamiento Primario TPQA	4.1 Mezcla Rápida	\$ 8 161,3	\$ 2,40	0,56%	<b>14,67%</b>
	4.2 Unidad Almacenamiento Polímero	\$ 1 548,5	\$ 0,45	0,11%	
	4.3 Sedimentadores Primarios	\$ 184 174,9	\$ 54,06	12,56%	
	4.4 CADICAs Sedimentadores Primarios	\$ 4 954,1	\$ 1,45	0,34%	
	4.5 Almacenamiento Cloruro Férrico	\$ 2 893,6	\$ 0,85	0,20%	
	4.6 Estaciones de Bombeo Lodos Primarios	\$ 12 898,0	\$ 3,79	0,88%	
	4.7 Estación Cámara Inicial Emisor Final Fase 1	\$ 177,40	\$ 0,05	0,01%	
	4.8 Cámara Efluente Primario y Bombeo	\$ 259,80	\$ 0,08	0,02%	
5. Tratamiento de lodos	5.1 Sistema Desarenado Lodo primario	\$ 15 670,9	\$ 4,60	1,07%	<b>18,42%</b>
	5.2 CADICA a Espesadores Lodo Primario	\$ 1 233,2	\$ 0,36	0,08%	
	5.3 Espesadores a Gravedad	\$ 23 644,9	\$ 6,94	1,61%	
	5.4 Cribado de Lodos y Natas	\$ 11 665,7	\$ 3,42	0,80%	
	5.5 Estación de Concentración y Bombeo de Natas	\$ 2 408,1	\$ 0,71	0,16%	
	5.6 Edificio de predeshidratación	\$ 59 017,4	\$ 17,32	4,03%	
	5.7 Estación de Bombeo Retorno 2	\$ 1 022,8	\$ 0,30	0,07%	
	5.8 Digestores	\$ 46 428,0	\$ 13,63	3,17%	
	5.9 Edificio de Control de Digestores 1	\$ 37 617,0	\$ 11,04	2,57%	
	5.10 Edificio de Control de Digestores 2	\$ 5 645,0	\$ 1,66	0,39%	
	5.11 Deshidratación	\$ 65 675,4	\$ 19,28	4,48%	
6. THP Hidrólisis	6.1 THP Hidrólisis Térmica	\$ 170 102,8	\$ 49,93	11,60%	<b>11,60%</b>
7. Biogás	7.1 Biogás	\$ 104 534,0	\$ 30,68	7,13%	<b>7,13%</b>
8. Obras Civiles	8.1 Cerramiento	\$ 4 737,5	\$ 1,39	0,32%	<b>1,94%</b>
	8.2 Vías de Acceso e Internas	\$ 19 654,4	\$ 5,77	1,34%	
	8.3 Mobiliario Urbano y Empradización	\$ 4 076,4	\$ 1,20	0,28%	
9. Edificios Administrativos	9.1 Edificios Administrativos	\$ 16 928,6	\$ 4,97	1,15%	<b>1,15%</b>
10. Sistema Eléctrico	10.1 Sistema Eléctrico en General	\$ 70 299,0	\$ 20,63	4,80%	<b>4,80%</b>
11. Cogeneración	11.1 Cogeneración	\$ 54 201,9	\$ 15,91	3,70%	<b>3,70%</b>
12. Control de olores	12.1 Biofiltros	\$ 95 155,5	\$ 27,93	6,49%	<b>6,49%</b>

PRESUPUESTO CONSOLIDADO - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "CANOAS"					
13. Instrumentación y Control	13.1 Instrumentación y Control	\$ 82 725,6	\$ 24,28	5,64%	<b>5,64%</b>
14. Equipos de Transporte	14.1 Vehículos	\$ 11 012,0	\$ 3,23	0,75%	<b>0,75%</b>
15. Planta de Tratamiento Agua Servicio	15.1 Planta de Tratamiento de Agua de Servicio	\$ 53 500,0	\$ 15,70	3,65%	<b>3,65%</b>
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1 465 910,0</b>	<b>\$ 430,28</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

PRESUPUESTO CONSOLIDADO - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "CANOAS"		
<b>ADMINISTRACIÓN (19,15%):</b>	<b>\$ 280 722</b>	<b>\$ 82,4</b>
IMPREVISTOS OBRA CIVIL (3,00%):	\$ 43 977	<b>\$ 12,9</b>
UTILIDAD OBRA CIVIL (5,85%):	\$ 85 756	<b>\$ 25,2</b>
AIU OBRA CIVIL (28,00%):	\$ 410 455	<b>\$ 120,5</b>
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	\$ 410 455	<b>\$ 120,5</b>
TOTAL COSTOS PRESUPUESTO DE OBRA	\$ 1 876 365	<b>\$ 550,8</b>
PRESUPUESTO DE PUESTA EN MARCHA (1 AÑO) Y OPERACIÓN ASISTIDA (1 AÑO)	\$ 116 393	<b>\$ 34,2</b>
TOTAL COSTOS	\$ 1 992 758	<b>\$ 584,9</b>
INTERVENTORIA OBRA CIVIL (6,00%)	\$ 119 565	<b>\$ 35,1</b>
ASESORIA CONSULTOR (3,00%)	\$ 59 783	<b>\$ 17,5</b>
SUBTOTAL	\$ 2 172 106	<b>\$ 637,6</b>
GERENCIA DEL PROYECTO (3,00%)	\$ 65 163	<b>\$ 19,1</b>
SUBTOTAL 2	\$ 2 237 269	<b>\$ 656,7</b>
SEGUIMIENTO POR FINANCIADOR (2,00%)	\$ 44 745	<b>\$ 13,1</b>
VALOR TOTAL (Millones COP)	\$ 2 282 014	
<b>VALOR TOTAL (Millones de US\$)</b>		<b>\$ 669,83</b>

## 5.2 Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento se estimaron de acuerdo con las condiciones propias del mercado en la ciudad de Bogotá, en aspectos como los costos de personal, tarifas de energía eléctrica, transporte y disposición final de residuos sólidos y biosólidos, entre otros. Los costos se desagregaron entre costos fijos y costos variables. Los costos fijos incluyen costos de personal operativo y administrativo de la planta, mantenimiento de obras civiles, mantenimiento de equipos y costos administrativos. Por su parte, los costos variables están en función del caudal procesado en la planta de tratamiento, e incluyen insumos químicos, energía eléctrica, transporte y disposición de biosólidos, arenas y basura generados en el proceso de tratamiento de las aguas residuales.

En la Tabla 5-2 se muestra un resumen de los costos de O&M estimados para la Fase I de tratamiento, considerando un caudal tratado de 16,0 m<sup>3</sup>/s.

**Tabla 5-2 Costos de operación y mantenimiento de la PTAR Canoas - Fase I**

Operación y mantenimiento	Costo Millones COP/Año
<b>Costo fijos</b>	
Personal	7.200
Mantenimiento	21.609
Total costos fijos, millones COP/año	28.810
<b>Costo variables</b>	

Operación y mantenimiento	Costo Millones COP/Año
Energía	12.600
Insumos químicos	40.370
Disposición de sólidos	6.885
Total costo variables, millones COP/año	59.855
Total costos de O&M, millones COP/año	88.665



## 6. Cronograma de construcción – Fase I

En la Figura 6-1 se muestra el cronograma resumido del proyecto, el cual incluye los siguientes aspectos:

- Proceso de licitación de las obras: Un (1) año
- Construcción de las obras civiles. Suministro, instalación y pruebas de equipos: Tres años y medio (3,5 años)
- Arranque y puesta en servicio de la planta: Un (1) año
- Operación asistida: Un (1) año



**Figura 6-1 Cronograma de construcción y puesta en marcha de la planta – Fase I**

CRONOGRAMA PMA PTAR CANOAS FASE I	Duración	Year 1				Year 2				Year 3				Year 4				Year 5				Year 6			
		Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
		r	t	r	t	r	t	r	t	r	t	r	t	r	t	r	t	r	t	r	t	r	t	r	t
Solicitud de modificación de Licencia Ambiental	6 meses																								
<b>Construcción</b>																									
Gestión, planes de manejo y permisos	6 meses																								
Formulación del PACA y presentación a Interventoria para aprobación	6 meses																								
Implementación de PMA (programas en etapa de construcción)	48 meses																								
Implementación de Programa de seguimiento y Monitoreo (etapa de construcción)	66 meses																								
<b>Arranque y puesta en servicio de la PTAR</b>																									
Implementación de PMA (programas en etapa de operación)	30 meses																								
Implementación de Programa de seguimiento y Monitoreo (etapa de operación)	30 meses																								
<b>Operación asistida</b>																									
Implementación de PMA (programas en etapa de operación)	30 meses																								
Implementación de Programa de seguimiento y Monitoreo (etapa de operación)	30 meses																								



## 7. Características relevantes del área de influencia

La PTAR Canoas estará ubicada en la margen derecha del río Bogotá, en una zona destinada por el POT del municipio de Soacha para este fin, en un lote perteneciente a la hacienda Canoas de aproximadamente 214 ha, y a una altitud media de 2.550 m.s.n.m. Este lote pertenece al municipio de Soacha, y está localizado en un área rural más exactamente en la vereda el Charquito que colinda con el río Bogotá; justo atravesando el río, se encuentra la zona urbana del municipio en donde se encuentran los barrios Tierra Blanca, Ciudad Latina, Quintas de Santa Ana, San Nicolás y Nueva Compartir. Las tierras aledañas al río, se han venido utilizando a lo largo de la historia para realizar actividades agrícolas y ganaderas aprovechando el recurso hídrico que, a pesar de sus malas condiciones, es empleado por los productores para estas actividades económicas.

El predio destinado para la PTAR Canoas, colinda con la Avenida Perimetral de la Sabana la cual conduce hacia el sur a la salida La Mesa o Fusagasugá y hacia el norte dirige hacia el sector de Mondoñedo. Se puede llegar desde Bogotá tomando la Autopista sur o por la carretera que conduce a Mosquera y tomando la Avenida Longitudinal de Occidente; esto demuestra vías de acceso importantes dentro del contexto regional.

Soacha se ha convertido en el municipio con mayor densidad poblacional del departamento de Cundinamarca con una población estimada para el 2011 de 466.938 personas; este crecimiento demográfico en forma acelerada ha sido consecuencia de la expansión territorial de los sectores urbanos cercanos a Bogotá, así como al masivo fenómeno de desplazamiento vivido en el país que convierte al municipio en uno de los principales receptores de dicha población. Este comportamiento demográfico sumado a la falta de oportunidades de empleo ha generado en Soacha un territorio con altos índices de pobreza, inseguridad, desempleo, falta de oportunidades laborales, bajos ingresos, sectores productivos inmersos en la informalidad y riesgo por ocupación de zonas propensas a deslizamientos e inundaciones.

Referente a las condiciones ambientales y de servicios públicos, el municipio de Soacha cuenta con un promedio de cobertura de acueducto y alcantarillado en un 84%, mayor a la tasa del país y del departamento. Sin embargo, el tema de residuos sólidos son los que más aquejan a la población y al medio ambiente puesto que suelen ser mal dispuestos en las calles ocupando grandes espacios, generando lixiviados y procesos de descomposición que generan problemas sanitarios.

### 7.1 Áreas de influencia

La Agencia Nacional de Licenciamiento Ambiental (ANLA 2012), define el concepto de área de influencia como:

“... aquella en la que se manifiestan los impactos ambientales ocasionados por el desarrollo del proyecto, obra o actividad, sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, en componentes tales como aire, agua, suelo; la manifestación de dichos impactos debe ser objetiva y medible. Esta área puede incluir, entre otros, las cuencas atmosféricas o hidrográficas (superficiales o subterráneas), los ecosistemas y las unidades territoriales (corregimientos, municipios, departamentos, etc.) y, o los territorios de las comunidades étnicas”

El Área de Influencia Directa (AID) y el Área de Influencia Indirecta (AII), fueron definidas empleando la anterior definición y teniendo en cuenta los criterios listados a continuación:

- Extensión de los impactos ambientales en el componente biótico
- Extensión de los impactos ambientales en el componente abiótico
- Redes y relaciones sociales asociadas al componente socio económico

En cuanto a los impactos sobre el componente biótico y abiótico, se tuvo en cuenta la intervención previa del predio (actividades agropecuarias), la existencia de obras de infraestructura (vía Soacha – La Mesa) y proyectos en curso como la Adecuación Hidráulica y Recuperación Ambiental del río Bogotá.

El área de influencia directa se delimitó teniendo en cuenta las actividades, procesos y servicios, que se desarrollarán durante las etapas de construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “CANOAS” – PTAR CANOAS, y su incidencia hacia los espacios poblados ubicados en las zonas colindantes, susceptibles de ser afectados con los impactos propios de dichas actividades, procesos y servicios.

Se definen dos áreas de influencia, AI, a saber: AI de componentes abiótico y biótico y AI del componente socioeconómico. Lo anterior teniendo en cuenta que la extensión de los impactos ambientales del proyecto PTAR Canoas Fase I son diferentes para estos componentes.

### **7.1.1 Área de Influencia Componentes Abiótico y Biótico (AIAB)**

#### **7.1.1.1 Área de influencia Indirecta, AIIAB**

Esta área se delimita teniendo en cuenta el entorno territorial del área del proyecto y su relación con los impactos ambientales potenciales, tanto positivos como negativos, asociados a las actividades conexas al desarrollo de las etapas de construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “CANOAS” – PTAR CANOAS. El área de influencia indirecta comprende las Veredas El Charquito y Canoas y parte de la Comuna 1 Compartir, en sus barrios colindantes con el río Bogotá, como son: Tierra Blanca, Ciudad Latina, Quintas de Santa Ana, San Nicolás y Nueva Compartir Figura 7-1.



Figura 7-2 Área de influencia Directa, AIDAB



### 7.1.2 Áreas de influencia Indirecta y Directa Socioeconómica

Antes de identificar cuáles serán las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto y con el propósito de ampliar lo descrito a continuación se presenta la ubicación geográfica del proyecto:

**Figura 7-1 Localización geográfica del Municipio de Soacha**



Fuente: Google Earth

Su área urbana es de 18.06 km<sup>2</sup>, rural de 160.98 km<sup>2</sup> y total de 179.04 km<sup>2</sup> (Concejo Municipal de Soacha, 2000) y su población es de 522.442 teniendo en cuenta la proyección del DANE al 2016 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2016)), su área urbana está conurbada con la de Bogotá D.C.

#### **7.1.2.1 Área de Influencia Indirecta (AII)**

Acercamiento e información sobre el proyecto y sus implicaciones a las autoridades locales, formalizando mediante correspondencia, agendas de trabajo y actas de reunión. Anexando los mismos al EIA como material de soporte

El área de influencia indirecta, en el marco de un estudio ambiental, se define teniendo en cuenta la magnitud de los impactos posiblemente dados debido al desarrollo de actividades de cada una de las etapas del proyecto, los cuales trascienden al espacio físico en el que se circunscribe.

Ésta área es hasta donde los impactos trascienden el espacio físico del sistema y su infraestructura asociada, es decir, la zona externa al área de influencia directa y se extiende hasta donde se manifiestan tales impactos.

El AII corresponderá al punto de referencia donde se encuentra localizado geográficamente el proyecto, definiendo a Soacha como la cabecera municipal siendo el centro de referencia social y económico significativo, donde confluyen todos los habitantes del sector para suplir sus necesidades básicas.

Teniendo en cuenta la conceptualización de La Agencia Nacional de Licenciamiento Ambiental (2012) para definir las áreas de influencia directa e indirecta para los proyectos y cuya relación se encuentra con el medio socioeconómico, el AII corresponderá al punto de referencia donde se encuentra localizado geográficamente el proyecto, definiendo a Soacha como la cabecera municipal siendo el centro de referencia social y económico significativo, donde confluyen todos los habitantes del sector para suplir sus necesidades básicas.

Los mayores beneficiarios con la futura construcción de la PTAR Canoas serán los habitantes de este municipio que cuenta con un alto crecimiento poblacional, alcanza la cifra promedio del 3,86% anual, las constantes migraciones que recibe de familias en difícil condición socioeconómica o desplazamiento forzado llegan a las 32.582 personas, dándose en consecuencia un crecimiento desbordado y desordenado del territorio. Para el 2011 son 466.938 los habitantes, el 44% de la población pertenece al estrato 1 y un 33% al estrato 2 obteniendo así un total del 86% de la población con estratificación socioeconómica menor al estrato.

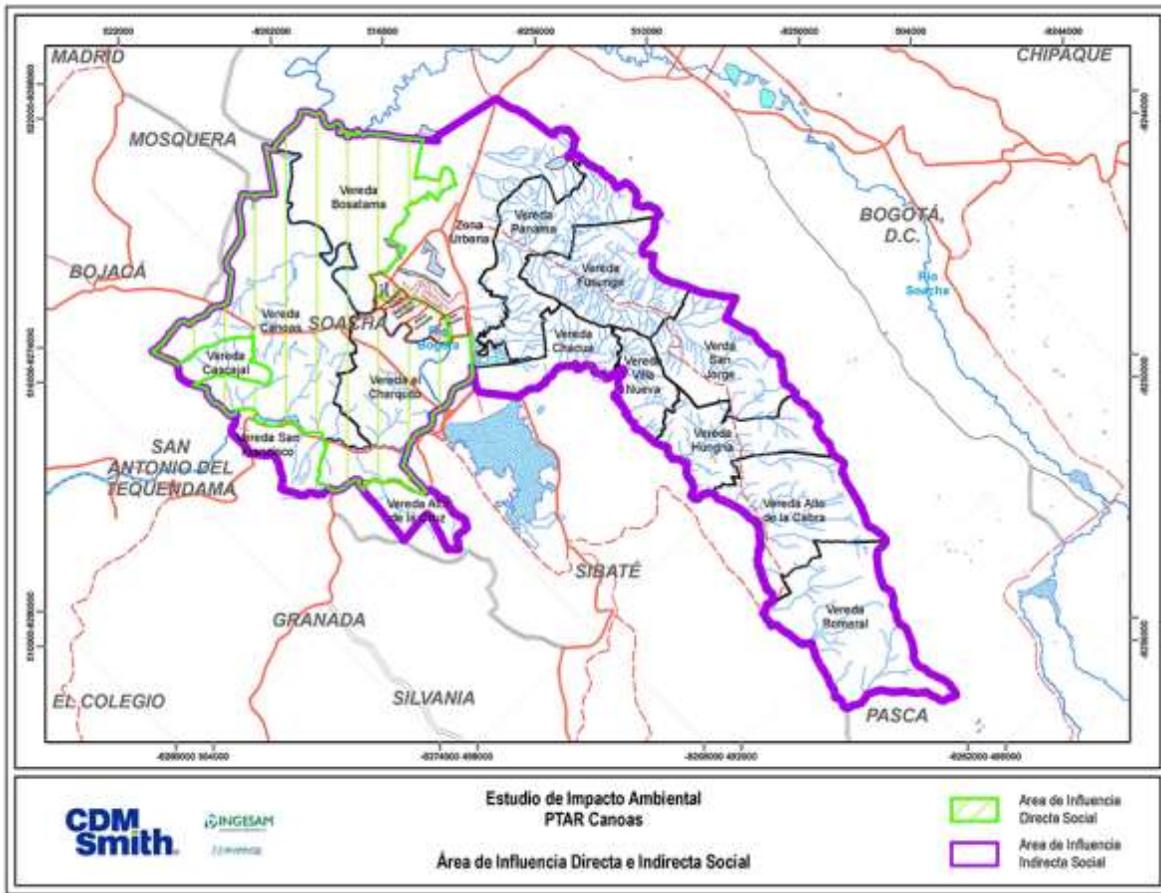
La actividad económica de oferta y demanda está estrechamente ligada con el municipio de Soacha, el interés comercial está relacionado con los servicios sociales tales como la salud, recreación, servicios bancarios y de transporte, los cuales se solucionan en este lugar ya que su infraestructura y equipamiento facilita y ofrece las mejores condiciones para superar los requerimientos de estos pobladores.

Por otra parte, es un sector que facilita la entrada y salida de productos agrícolas y es el punto de conexión con otros municipios aledaños. Existen numerosos grupos de microempresarios que van desde la pequeña hasta la gran empresa quienes producen materias primas y materiales necesarios como opción de recursos o ingresos para muchos pobladores de la zona, como también para otros municipios aledaños.

Alberga puntos de referencia turística, lo que permite que muchos pobladores, lugareños y visitantes acudan a este municipio para disfrutar de actividades de esparcimiento, formación y educación relacionadas con sus ancestros, cultura, e historia.

El AIISE se realizó tomando como punto de referencia donde se encuentra localizado geográficamente el proyecto, definiendo a Soacha como la cabecera municipal siendo el centro de referencia social y económico significativo, donde confluyen todos los habitantes del sector para suplir sus necesidades básicas (ver Figura 7-3) En el Anexo 17 se puede ver la cartografía detallada del área.

Figura 7-3 Área de Influencia Indirecta



Los mayores beneficiarios con la futura construcción de la PTAR Canoas serán los habitantes de este municipio que cuenta con un alto crecimiento poblacional. La actividad económica de oferta y demanda está estrechamente ligada con el municipio de Soacha. El interés comercial está relacionado con los servicios sociales tales como la salud, recreación, servicios bancarios y de transporte, los cuales se solucionan en este lugar ya que su infraestructura y equipamiento facilita y ofrece las mejores condiciones para superar los requerimientos de estos pobladores.

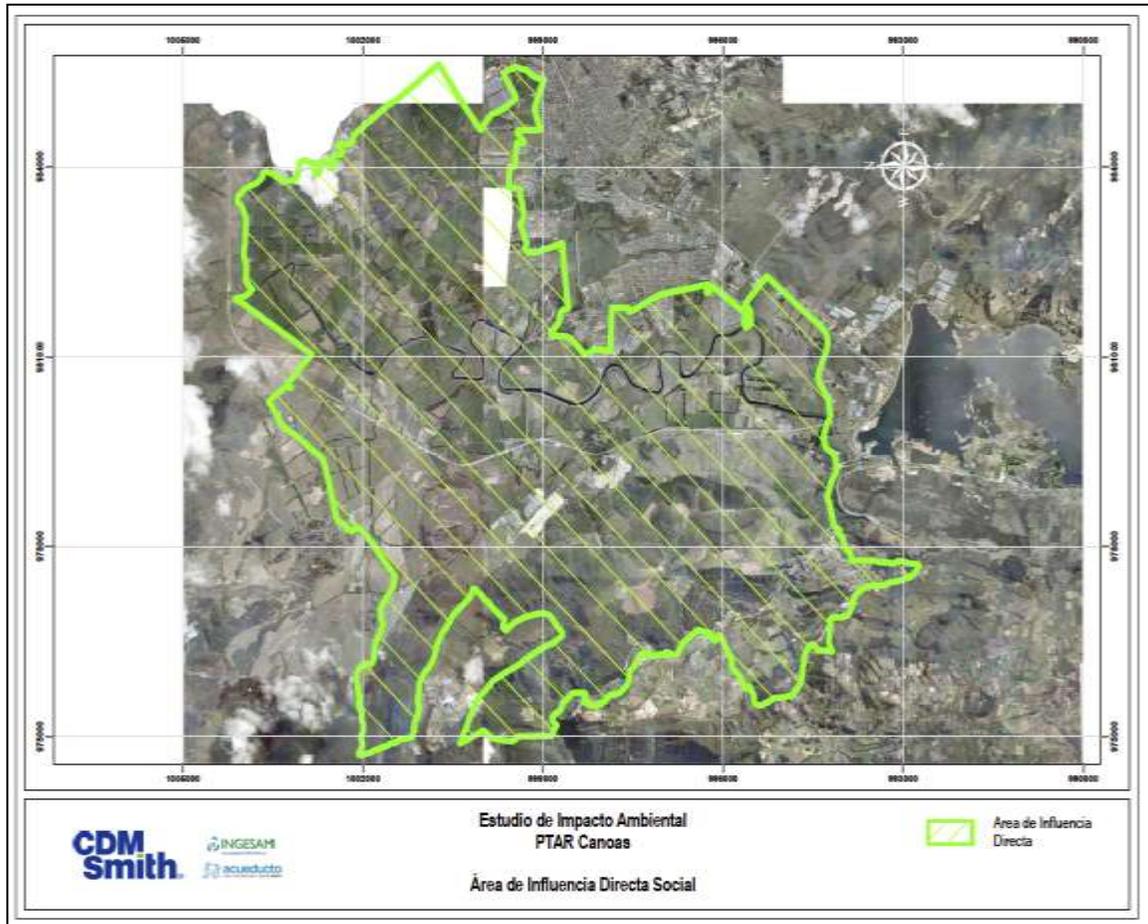
Por otra parte, es un sector que facilita la entrada y salida de productos agrícolas y es el punto de conexión con otros municipios aledaños. Existen numerosos grupos de microempresarios que van desde la pequeña hasta la gran empresa quienes producen materias primas y materiales necesarios como opción de recursos o ingresos para muchos pobladores de la zona, como también para otros municipios aledaños.

El municipio alberga puntos de referencia turística, lo que permite que muchos pobladores, lugareños y visitantes acudan a este municipio para disfrutar de actividades de esparcimiento, formación y educación relacionadas con sus ancestros, cultura, e historia. En el numeral 3.4 “Medio Socioeconómico”, se desarrolla en mayor detalle las características de este componente.

**7.1.2.2 Área de Influencia Directa (AID)**

Teniendo en cuenta las actividades, procesos y servicios, que se desarrollarán durante las etapas de construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “CANOAS” – PTAR CANOAS, y su incidencia hacia los espacios poblados ubicados en las zonas colindantes, susceptibles de ser afectados con los impactos propios de dichas actividades, procesos y servicios, el área de influencia directa comprende las veredas El Charquito, Bosatama, Canoas y parte de la Comuna 1, Compartir en sus barrios colindantes con el río Bogotá, como son: Tierra Blanca, Ciudad Latina, Quintas de Santa Ana, San Nicolás y Nueva Compartir. (ver Figura 7-4.)

**Figura 7-4 Área de Influencia Directa, AIDSE**



Teniendo en cuenta las actividades, procesos y servicios, que se desarrollarán durante las etapas de construcción y operación de la Fase I de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “CANOAS” – PTAR CANOAS, y su incidencia hacia los espacios poblados ubicados en las zonas colindantes, susceptibles de ser afectados con los impactos propios de dichas actividades, procesos y servicios, el área de influencia directa comprende las Veredas El Charquito, Bosatama y Canoas y parte de la Comuna 1 Compartir, en sus barrios colindantes con el río Bogotá, como son: Tierra Blanca, Ciudad Latina, Quintas de Santa Ana, San Nicolás y Nueva Compartir.

Teniendo en cuenta las actividades, procesos y servicios, que se desarrollarán durante las etapas de construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “CANOAS” – PTAR CANOAS, y su incidencia hacia los espacios poblados ubicados en las zonas colindantes, susceptibles de ser afectados con los impactos propios de dichas actividades, procesos y servicios, el área de influencia directa comprende las Veredas El Charquito, Bosatama y Canoas y parte de la Comuna 1 Compartir, en sus barrios colindantes con el río Bogotá, como son: Tierra Blanca, Ciudad Latina, Quintas de Santa Ana, San Nicolás y Nueva Compartir.

**Tabla 7-1 Diferenciación entre AII y AID medio socioeconómico y cultural**

ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA - AII	ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA - AID
Municipios	Unidades territoriales
Municipio de Soacha	Corregimiento 2
	Veredas El Charquito, Bosatama y Canoas
	Comuna 1:
	Tierra Blanca, Ciudad Latina, Quintas de Santa Ana, San Nicolás y Nueva Compartir.

Fuente: Consultor, 2015.



## 8. Zonificación ambiental y de manejo

Con la zonificación ambiental se busca delimitar aquellas áreas que por su importancia ambiental (valores bióticos, abióticos o socioeconómicos), requiere de medidas especiales y tratamiento diferenciado. La zonificación ambiental es una herramienta de planificación y ordenamiento del territorio que contribuye a la prevención y minimización de impactos ambientales en el área de influencia del proyecto.

Con base en la caracterización ambiental del área de influencia y la legislación vigente se construyó la zonificación ambiental para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, identificando categorías para los componentes y atributos propios en términos de potencialidad, sensibilidad y fragilidad ambiental, en el escenario sin proyecto.

Como complemento a los términos de referencia definidos por el MAVDT (hoy MADS), del año 2010, para establecer las unidades de zonificación ambiental se definen las siguientes categorías de sensibilidad ambiental:

- Áreas de especial significado ambiental como áreas naturales protegidas, ecosistemas sensibles, rondas, corredores biológicos, presencia de zonas con especies endémicas, amenazadas o en peligro crítico, áreas de importancia para cría, reproducción, alimentación y anidación y, zonas de paso de especies migratorias.
- Áreas de recuperación ambiental tales como áreas erosionadas, de conflicto por uso del suelo o contaminadas.
- Áreas de riesgo y amenazas tales como áreas de deslizamientos e inundaciones.
- Áreas de importancia social tales como asentamientos humanos, de infraestructura física y social y de
- Importancia histórica y cultural.
- Áreas de producción económica tales como ganaderas, agrícolas, mineras, entre otras.

El desarrollo y análisis de las categorías de sensibilidad ambiental se realizó según las variables relacionadas en la Tabla 8-1, y se asignó un peso relativo en razón de su representatividad en la zona en relación al proyecto.

**Tabla 8-1 Variables componentes biótico, abiótico y socio-económico y valor de ponderación**

VARIABLE (SITUACIÓN EN EL ÁREA / USO)	CATEGORÍA	PONDERACIÓN
Áreas naturales protegidas	Áreas de especial significado ambiental	20%
Rondas hidráulicas		
Áreas de conflicto por uso del suelo	Áreas de recuperación ambiental	20%

VARIABLE (SITUACIÓN EN EL ÁREA / USO)	CATEGORÍA	PONDERACIÓN
Áreas de inundaciones	Área de riesgos y amenazas	10%
Territorios colectivos titulados de comunidades negras	Importancia social	20%
Zonas de resguardos indígenas		
Equipamientos sociales		
Zonas de concentración de relaciones comerciales y administrativas	Producción económica	30%
Zonas de producción económica		
TOTAL VALOR		100%

Fuente: CDM, 2016.

## 9. Evaluación ambiental

La evaluación ambiental compendió la caracterización, clasificación y calificación de los impactos causados, cuyo objetivo fue diseñar medidas de manejo ambiental para el adecuado desarrollo de las actividades y operaciones del proyecto, así como también, resaltar aquellos positivos. Esta metodología fue propuesta en tres Fases siendo la primera, la creación de una matriz de Leopold para la identificación de las interacciones causa-efecto entre las actividades del proyecto y los componentes del medio ambiente. En una Fase intermedia, se construyó una matriz de interacción entre los impactos y los elementos ambientales. Finalmente, con base en un matriz de valoración simplificada de Conesa, se procedió a hacer la calificación de impactos ambientales teniendo en cuenta 11 atributos. Esto se realizó para un escenario sin proyecto y otro con proyecto.

Teniendo en cuenta el escenario con proyecto, los impactos moderados y severos en el sistema biótico se encuentran asociados a aquellos típicos durante la construcción, alteración de las características químicas del suelo por disposición de residuos durante actividades de construcción y operación, alteración de la calidad del aire por incremento de la concentración de gases y partículas por tránsito de equipos móviles durante construcción y operación, reducción de sustancias generadoras de olores ofensivos y al mejoramiento de la calidad del agua superficial del río Bogotá y humedales asociados durante actividades de operación. Para el componente biótico, los impactos moderados y severos asociados identificados fueron la reducción de población de individuos forestales durante las actividades de construcción y eliminación de especies arbustivas y herbáceas, la eliminación de cultivos presentes en el área del proyecto durante las actividades de construcción y finalmente para el socioeconómico, la generación de expectativas, la alteración de la movilidad vehicular y peatonal, la regularización de las actividades económicas informales y la agudización de conflictos de intereses. Estos aspectos se consideraron en el PMA.

La evaluación ambiental comprende la identificación y valoración de impactos ambientales derivados de la interacción entre las actividades del proyecto y los sistemas del área de influencia del mismo. La metodología propuesta para el abordaje de esta evaluación se expone en los puntos a continuación:

- Fase inicial: Consiste en la identificación de las interacciones causa – efecto entre las actividades del proyecto y los componentes del ambiente. Para esto se construyó una matriz de interacción basada en la propuesta de matriz de interacción simple de Leopold et. al. (1971).
- Fase intermedia: Identificación de impactos ambientales: A partir de las interacciones identificadas se asocian impactos ambientales a los elementos ambientales presentes en el área de influencia.
- Fase final: Calificación de los impactos. Con base en la metodología de valoración simplificada de Conesa, reportada por Arboleda (2008) se califican los impactos ambientales teniendo en cuenta 11 atributos, ver Tabla 9-1 y se calcula la importancia del impacto utilizando la ecuación que se relaciona a continuación:

$$I = (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$$

Donde,

I: Importancia; IN: Intensidad; EX: Extensión; MO: Momento; PE: Persistencia; RV: Reversibilidad; SI: Sinergia; AC: Acumulación; EF: Efecto; PR: Periodicidad; MC: Recuperabilidad

La calificación de la importancia es adimensional. La valoración y clasificación de la importancia se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 9-1 Clasificación impactos ambientales**

Clasificación	Valoración	Descripción
Compatible	<35	Aquél cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa prácticas protectoras o correctoras.
Moderado	35 - $\geq$ 60	Aquél cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo
Severo	60 - $\leq$ 75	Aquél en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.
Críticos	>75	Aquél cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

**Tabla 9-2 Atributos y convenciones Ev. Impacto Ambiental**

Atributo	Convención	Concepto	Rango de acción	Valor
Carácter	+ 0 -	Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados	Impacto benéfico	+
			Impacto negativo	-
Intensidad	IN	Grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Varía entre 1 y 12, siendo 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y 1 una mínima afectación.	Baja	1
			Media	2
			Alta	4
			Muy alta	8
			Total	12
Extensión	EX	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si,	Puntual	1
			Parcial	2
			Extensa	4
			Total	8

Atributo	Convención	Concepto	Rango de acción	Valor
		por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8). Cuando el efecto se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondía en función del % de extensión en que se manifiesta.	Crítica	(+4)
Momento	MO	Alude al tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. Si el tiempo transcurrido es nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año, Corto plazo, asignándole en ambos casos un valor de cuatro (4). Si es un período de tiempo mayor a cinco años, Largo Plazo (1).	Largo plazo	1
			Medio plazo	2
			Inmediato	4
			Crítico	(+4)
Persistencia	PE	Tiempo que supuestamente permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras	Fugaz	1
			Temporal	2
			Permanente	4
Reversibilidad	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deje de actuar sobre el medio.	Corto plazo	1
			Medio plazo	2
			Irreversible	4
Recuperabilidad	MC	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana (o sea mediante la	Recuperable inmediato	1
			Recuperable a mediano plazo	2
			Mitigable o compensable	4

Atributo	Convención	Concepto	Rango de acción	Valor
		implementación de medidas de manejo ambiental). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de ocho (8). En caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será cuatro (4)	Irrecuperable	8
Sinergia	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.	Sin sinergismo (simple)	1
			Sinérgico	2
			Muy sinérgico	4
Acumulación	AC	Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando un acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valor como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4).	Simple	1
			Acumulativo	4
Efecto	EF	Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta, o indirecto o secundario, cuando la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.	Indirecto	1
			Directo	4
Periodicidad	PR	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular) o constante en el tiempo (efecto continuo)	Irregular o aperiódico o discontinuo	1
			Periódico	2
			Continuo	4

## 10. Necesidades de aprovechamiento de los recursos con sus características principales

Referente al manejo de agua, como parte de las adecuaciones requeridas durante las excavaciones definidas en las Etapas I y II, será necesario implementar sistemas y/o elementos que faciliten el manejo del agua superficial y sub-superficial. Para esto se contemplará la construcción de zanjas o canales con una pendiente adecuada para la evacuación del agua de escorrentía, así como la implementación de zonas inundables desde las que se pueda bombear el agua proveniente de lluvias e infiltraciones del terreno en caso de ser necesario.

La definición de las elevaciones de las terrazas, se hizo teniendo en cuenta, entre otros, el nivel freático en el terreno. Este nivel se estableció a partir del programa de lectura de los piezómetros distribuidos en la zona de la PTAR, los cuales fueron instalados en la etapa de trabajos de campo para ingeniería preliminar y etapa de detalle. De las lecturas de los piezómetros se determinó que el nivel de agua subterránea fluctúa entre las cotas 2545 y 2540 aproximadamente; para efectos de análisis y definición de condiciones del subsuelo se asumió el nivel máximo registrado (2545).



## 11. Plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental describe las medidas de tipo preventivo, de mitigación, corrección y/o compensación, necesarias para atender los impactos socio-ambientales negativos y potenciar los positivos identificados en la evaluación ambiental de las obras y actividades descritas en el proyecto PTAR Canoas FASE I. El Plan está conformado por tres secciones a saber: Programas de Manejo Ambiental, Programa de Monitoreo y Seguimiento y Plan Acción de Cumplimiento Ambiental.

Se definió una estructura administrativa con un equipo de trabajo compuesto por la interventoría ambiental, un coordinador de gestión ambiental, un ingeniero ambiental residente, un trabajador social, un biólogo, un geólogo, un arqueólogo, entre otros.

Los programas de manejo ambiental del medio abiótico, biótico y socioeconómico reúnen las acciones a implementar de acuerdo con el recurso ambiental afectado por el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto. Cada uno contiene una descripción de las medidas de manejo ambiental que incluye los criterios y acciones específicas para su implementación. Las medidas de manejo contienen los aspectos requeridos en la Metodología para la Elaboración de Estudios Ambientales, adoptada por el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se listan a continuación: objetivo, meta, impactos a controlar, etapas, tipo de medida, responsable de ejecución, personal requerido, lugar de aplicación, población beneficiada, mecanismos y estrategias de participación, acciones o actividades a desarrollar, indicadores de seguimiento y monitoreo, frecuencia de actividades y recursos.

Para los programas del medio abiótico, el objetivo establecido fue el de definir lineamientos para la gestión de los impactos ambientales negativos asociados al uso de los recursos naturales (agua, aire y suelo) y de servicios ambientales del ecosistema circundante (recepción de aguas, emisiones y residuos) con la meta de mitigar el 100% de los impactos ambientales identificados. Este programa se conformó por los siguientes subprogramas: 1. Programa manejo de suelos, 2. Programa de manejo recurso hídrico y 3. Programa de manejo recurso aire, que están compuestos en su totalidad por (14) Fichas de Manejo, las cuales establecen los criterios a implementar en temas de Manejo Ambiental, Social, Seguimiento y Monitoreo.

Referente a los programas del medio biótico, el objetivo que se definió fue el de definir lineamientos para la gestión de los impactos ambientales negativos asociados al uso de los recursos forestales y faunísticos del área de influencia del proyecto. Este programa está conformado por 9 fichas de manejo ambiental, asociadas al subprograma Manejo de Suelo referente a remoción de cobertura vegetal, manejo de flora, aprovechamiento forestal, fauna, revegetalización, entre otros.

Finalmente, para los programas socioeconómicos, se definieron 9 subprogramas compuesto entre otros por atención a la comunidad, información y divulgación, manejo de infraestructura, predios y servicios públicos, participación ciudadana y sostenibilidad, contratación de mano de obra, educación y capacitación ambiental al personal vinculado al proyecto, programas de arqueología.

No se desarrollaron los programas que se mencionan a continuación, por considerarlos no aplicables a las actividades planteadas en este proyecto: manejo de cruces de cuerpos de agua; control de captación de aguas, programa de conservación de especies vegetales y faunísticas en vía de extinción en veda o no identificadas y programa de reasentamiento de la población afectada por desplazamiento involuntario.

Se establece la instrucción de elaborar un Plan de Acción de Cumplimiento Ambiental, cuyo objetivo es describir de forma detallada las acciones de manejo ambiental asociadas a la ejecución de proyecto tales como localización de campamentos, sitios de manejo de residuos sólidos, infraestructura sanitaria temporal, identificación de impactos y riesgos ambientales, medidas de mitigación, manejo y control para los impactos y riesgos ambientales, identificación de eventos de contingencia, entre otras.

El Plan de Seguimiento y Monitoreo, hace parte del PMA y constituye un sistema de vigilancia que permite verificar o demostrar que se está implementando el Plan de Manejo Ambiental y se está logrando la calidad ambiental deseada y está compuesto por varios programas que a su vez cada uno está compuesto por un objetivo, una etapa del proyecto, unos indicadores de seguimiento y monitoreo, una normatividad aplicable, la metodología de monitoreo y los Costos y cronograma. Los programas del medio abiótico son:

- Emisiones, calidad de aire y ruido
- Aguas residuales y Corrientes receptoras
- Sistemas de manejo, tratamiento y disposición de residuos sólidos domésticos e industriales

Los Programas de Seguimiento y Monitoreo del Medio Biótico:

- Flora y Fauna
- Revegetalización

Los Programas de Seguimiento y Monitoreo del Medio Socioeconómico:

- Atención a la comunidad
- Información y divulgación
- Manejo de infraestructura, predios y servicios públicos
- Participación ciudadana y sostenibilidad
- Contratación de mano de obra
- Educación y capacitación ambiental al personal vinculado al proyecto

El plan de contingencia establece un conjunto de procedimientos y medidas destinadas a prevenir, atender o controlar los efectos que sean producidos en la ocurrencia de un siniestro por causas constructivas, operacionales, naturales u otra fuente externa. Para ello se dotará al personal involucrado en la ejecución del proyecto con herramientas claras para afrontar estas circunstancias.

Finalmente, se realiza un plan de abandono y restauración final para que una vez la PTAR haya cumplido su vida útil, y se determine que dejará de ser operativa, se tomen medidas de manejo como cierres definitivos de acopios y de otras áreas con el fin de proponer alternativas de demolición y conservación de esta infraestructura para otros fines productivos. De igual modo, proponer alternativas para la limpieza y el destino de los equipos.

En materia de olores, dentro del Subprograma de manejo de suelos, el Programa de manejo de materiales de construcción, propone una separación por colores en Punto Ecológico con el fin de que materiales dispuestos en las zonas de acopio permanezcan cubiertos y así se evite la dispersión de aquellos que puedan conllevar a olores ofensivos. Para el Subprograma de manejo de recurso hídrico, el Programa de manejo de residuos sólidos propone que los residuos retenidos en las cribas se almacenen en contenedores, los cuales estarán cubiertos para prevenir problemas de olores ofensivos durante su almacenamiento, así como también, contarán con un sistema de recolección de lixiviados. Finalmente, dentro del Subprograma de manejo de recurso aire, el Programa de manejo de emisiones, ruido y olores, tiene como objetivo la reducción de los niveles de estos aspectos del proyecto. Cabe aclarar, que este impacto ambiental fue identificado y abordado en la etapa de diseño de la Ptar, diseñándose un sistema de control de olores compuesto por cubiertas en las unidades generadoras de sustancias olorosas, sistemas de extracción y transporte de aire, así como también, un sistema de biofiltros. Este Programa se puede ver en detalle más adelante en el numeral del Plan de Manejo Ambiental.

El sistema de control de olores está integrado por veinte biofiltros, ubicados y conectados a cada una de las estructuras que puedan emanar olores ofensivos. Se trata de una modulación similar para cada uno de los biofiltros que se componen de un “paquete” en cada unidad con componentes de igual costo, salvo por la conformación geométrica que los diferencian. Con base en los procesos de tratamiento recomendados, se han establecido seis (6) áreas de control de olores en la planta: 1) área de cribado y canales de conducción de agua residual cruda; 2) desarenadores aireados; 3) canales de conducción al proceso de mezcla rápida; 4) sedimentadores primarios; 5) espesadores de lodo primario a gravedad; y, edificio de deshidratación.

La estructura de los biofiltros estará compuesta por tres cámaras; dos cámaras donde se ubicará el biofiltro propiamente dicho, el cual es suministrado por el proveedor, con un medio filtrante artificial y con soportes de altura ajustable; éstas cámaras tendrán cubiertas de fibra de vidrio reforzado, resistente a ambientes altamente corrosivos. La tercera cámara es para el proceso de humidificación; esta cámara tendrá una cubierta en losas de concreto reforzado. Todas las paredes del biofiltro serán de concreto reforzado. Adicionalmente, el biofiltro tiene un cuarto que corresponde al sistema para el control de nutrientes. Se ha considerado cimentado sobre una losa de concreto reforzado.



## 12. Plan de seguimiento y monitoreo

De acuerdo con el Manual para la elaboración de Estudios Ambientales, del hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Plan de Seguimiento y Monitoreo es un sistema de vigilancia que permite verificar o demostrar que se está implementando el Plan de Manejo Ambiental (seguimiento) y se está logrando la calidad ambiental deseada (monitoreo).

Los indicadores propuestos en cada uno de los programas están clasificados según lo establecido por la NTC ISO 14031, según sean de Desempeño Ambiental (IDA) o de Condición Ambiental (ICA).

No se incluyen los programas de monitoreo correspondientes a programas de manejo ambiental excluidos justificadamente en el capítulo 8. En la tabla se resumen los programas de seguimiento y monitoreo formulados para el PMA.

**Tabla 12-1 Programas de seguimiento y monitoreo propuestos para el PMA**

Programa	Contenido
Seguimiento y monitoreo medio abiótico	Aguas residuales y corrientes receptoras
	Aguas subterráneas*
	Emisiones atmosféricas, calidad del aire y ruido
	Suelo
	Manejo de biosólidos
	Manejo de sitios de disposición de biosólidos
Seguimiento y monitoreo medio biótico	Flora y fauna
	Humedales*
	Recursos hidrobiológicos
	Programa de revegetalización
Seguimiento y monitoreo medio socioeconómico	Atención de inquietudes, solicitudes o reclamos de las comunidades
	Información y divulgación
	Manejo de infraestructura, predios y servicios públicos
	Participación ciudadana y sostenibilidad
	Contratación de mano de obra

	Educación y capacitación ambiental al personal vinculado al proyecto
--	--

\* No aplica para el presente proyecto, debido a la ausencia de humedales en la zona de influencia directa.

El contenido general de cada programa se lista a continuación:

- Objetivo
- Etapa del proyecto
- Normativa aplicable
- Indicadores de seguimiento y monitoreo
- Metodología
- Costos y cronograma

## 13. Plan de contingencia

Este documento describe los criterios generales que debe reunir el Plan de Contingencia para la construcción y operación de la Fase I de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “CANOAS”, los cuales deberán ser ajustados por el contratista que sea seleccionado para la construcción de las obras y por la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá E.A.B., en la etapa de operación.

Para su desarrollo es esencial que todos los participantes en su ejecución, como la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá E.A.B., los Contratistas, la Interventoría y representantes de la comunidad tengan conocimiento de las amenazas y riesgos que conllevan la construcción y operación de la PTAR Canoas, para cumplir con este aspecto este Plan de Contingencia establece un conjunto de procedimientos y medidas destinadas a prevenir, atender o controlar los efectos que sean producidos en la ocurrencia de un siniestro por causas constructivas, operacionales, naturales u otra fuente externa.

Todo accidente, evento, incidente e imprevisto que se presente durante la construcción y operación de la PTAR Canoas, será responsabilidad del contratista por esta razón, este deberá realizar la valoración, análisis y administración de los riesgos. Se debe tener en cuenta que a medida que se avance en la ejecución de las obras, se pueden presentar elementos de análisis no considerados inicialmente, estos nuevos elementos o situaciones pueden determinar la necesidad por parte del contratista o de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá E.A.B., de introducir modificaciones, ajustes o actualizaciones al plan para manejarlos.

### 13.1 Objetivo

El objetivo del plan de contingencia es dotar al personal involucrado en la ejecución del proyecto, con una herramienta clara y eficaz que le permita afrontar una emergencia de la manera más rápida, eficiente y efectiva, protegiendo adecuadamente la vida humana, las instalaciones de la planta, las propiedades vecinas y los recursos naturales dentro del área afectada. De esta forma, el plan de contingencia pretende minimizar la duración y los efectos de los casos de fuerza mayor, casos fortuitos y casos imprevistos.

### 13.2 Beneficios

Con la implementación del plan se esperan los siguientes beneficios:

- Minimizar las pérdidas sociales, económicas y ambientales asociadas a una situación de emergencia.
- Proteger las zonas de interés social, económico y ambiental localizadas en el área de influencia del proyecto.
- Procurar mantener bajos los índices de accidentalidad, ausentismo y en general, la pérdida de tiempo laboral.
- Minimizar los impactos que se pueden generar hacia:
  - La comunidad y su área de influencia
  - Costos y reclamos de responsabilidad civil por la emergencia
  - Críticas de medios de comunicación y opinión pública, y consecuencias legales generadas por el conflicto.



## 14. Plan de abandono y restauración final

Este plan propone que una vez la PTAR haya cumplido su vida útil, y se determine que esta dejará de estar operativa, se recomienda definir el futuro de las instalaciones tanto operativas como administrativas, relacionando el destino final de las locaciones y demás equipos involucrados en la operación final de la planta de tratamiento.

Con base en lo anterior, se podrá dar inicio a las actividades relacionadas con la mitigación del impacto visual causado por la operación y puesta en marcha de este proyecto.

### 14.1 Objetivo General

Definir alternativas relacionadas con el uso final del suelo del proyecto, una vez este culmine y/o cumpla con su vida útil.

### 14.2 Objetivos Específicos

- Proponer actividades y medidas de manejo ambiental para las zonas e instalaciones de la planta una vez culmine el proyecto.
- Definir medidas de manejo ambiental relacionados con los posibles impactos ambientales que se puedan generar en la ejecución de las actividades de abandono del proyecto.
- Proponer alternativas para el uso del suelo y/o infraestructura perteneciente al proyecto una vez este culmine.

### 14.3 Medidas de Manejo

#### 14.3.1 Cierre definitivo - Acopios

De acuerdo con las diferentes actividades ejecutadas durante la fase constructiva y operativa del proyecto, es posible que se presente la necesidad de utilizar acopios para materiales sobrantes producto de excavación de acuerdo a las obras realizadas durante las diferentes fases del proyecto de la PTAR. Por tanto, a continuación, se relacionan las medidas respectivas.

#### 14.3.2 Cierre definitivo – Infraestructura PTAR y área administrativa

Las alternativas existentes para definir el futuro de las estructuras de la PTAR y de los edificios donde funcionaba el área administrativa del proyecto, se resaltan las siguientes:

- Demolición de la infraestructura existente
- Conservación infraestructura para fines pedagógicos
- Comunicación a las partes interesadas del proyecto



## 15. Planes de compensación

### 15.1 Programa de compensación para el medio abiótico

El programa de compensación para el medio abiótico está dirigido a la compensación de la modificación del paisaje. Para esto, se propone la implementación de un diseño paisajístico que armonice las diferentes estructuras, edificaciones y demás emplazamientos propuestos en el proyecto, con la línea base de paisaje del predio CANOAS. El diseño paisajístico, compuesto por la memoria técnica, planos y propuesta forestal y de jardinería se adjunta al presente documento en el Anexo 24 Programa de compensación para el medio biótico

Una vez revisado el Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad (adoptado por la Resolución 1517 de 2012) se evidenció que los pastos limpios (cobertura dominante) en la actualidad no cuentan con factor de conversión para el respectivo cálculo del área a compensar.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, y dado que la cobertura donde se emplazan los árboles objeto de intervención silvicultural no es natural, para compensar el aprovechamiento de la cobertura vegetal del área directa de construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR Canoas, se propone realizar la compensación sobre el número de individuos arbóreos afectados por el proyecto, teniendo en cuenta las medidas que determine la Autoridad Ambiental competente para tal fin.

### 15.2 Programa de compensación para el medio socioeconómico

El proyecto PTAR Canoas no genera desplazamiento de poblaciones y en consecuencia no es objeto de la definición de programas de reasentamiento o de compensación de comunidades. Por este motivo no se incluye un programa de compensación para el medio socio económico.

## 16. Costos y cronograma de ejecución del PMA

La ejecución de las actividades definidas en cada uno de los programas de manejo ambiental y de seguimiento y monitoreo, dependen de la asignación de recursos adecuados. A continuación, se presenta una propuesta de costos para cada uno de los programas, teniendo en cuenta las particularidades propias. La etapa constructiva está proyectada para 6 años. El presente presupuesto está definido para un año. Posterior a este y teniendo en cuenta el IBC de años posteriores, los precios se incrementarán lo que llevará a realizar una actualización del presupuesto en cada año de intervención, así como también redefinir las metas y acciones de cada programa según las necesidades.

Posteriormente se incluye un cronograma de ejecución del PMA, en función de la línea de tiempo propuesta para la ejecución del proyecto.

### 1.1 Estructura administrativa PMA

Profesionales						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DEDICACIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Coordinador de gestión ambiental	Mes	12	100%	8.000.000	96.000.000
2	Trabajador Social	Mes	12	100%	6.000.000	72.000.000
3	Biólogo	Mes	12	100%	6.000.000	72.000.000
4	Ingeniero Ambiental Residente	Mes	12	100%	6.000.000	72.000.000
5	Tecnólogo Ambiental	Mes	12	100%	3.000.000	36.000.000
6	Equipo gestión de residuos	Mes	24	100%	3.000.000	72.000.000
7	Geotecnista	Mes	12	25%	6.000.000	18.000.000
8	Arqueólogo	Mes	12	50%	6.000.000	36.000.000

### 1.2 Programas de Manejo Ambiental

Los costos de los sub programas de manejo del componente abiótico deben ajustar según las cantidades que el contratista de obra proyecto en cuanto a Residuos de Construcción, Residuos Sólidos Ordinarios y Residuos Peligrosos. Asimismo, deben ajustarse una vez se defina la opción de gestión de aguas residuales durante la etapa de construcción. La mayoría de las actividades propuestas en lo subprogramas se deben abordar desde la estructura administrativa y en consecuencia la tabla de costos solo involucra lo relativo a aspectos puntuales relacionados con servicios externos.

PROGRAMAS DE MANEJO COMPONENTE ABIÓTICO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL ANUAL
Sub programa 1: Manejo de suelo					
1	Disposición de escombros	m3	1.500.000	\$ 5.800,00	\$ 8.700.000.000,00
2	Disposición de residuos peligrosos	kg	500.000	\$ 600,00	\$ 300.000.000,00
3	Manejo de biosólidos y residuos sólidos	Ton	302.120	\$ -	\$ -
<b>Sub Total</b>				\$ 9.000.000.000,00	
Sub programa 2: Manejo de recurso hídrico					
4	Alquiler de baños portátiles	Und	20	\$ 200.000,00	\$ 4.000.000,00
<b>Sub Total</b>				\$ 4.000.000,00	
<b>Total programa</b>				\$ 9.004.000.000,00	

PROGRAMAS DE MANEJO COMPONENTE BIÓTICO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Sub Programa 1: Manejo de remoción de cobertura vegetal y descapote					
1	Tres (3) Obreros - cuadrilla	Mes	6	\$ 2.250.000,00	\$ 13.500.000,00
2	Ejecución del descapote mecánico	Ha	40	\$ 930.000,00	\$ 37.200.000,00
3	Aislamiento del descapote	m3	750000	\$ 8.500,00	\$ 6.375.000.000,00
<b>Sub total</b>				\$ 6.425.700.000,00	

PROGRAMAS DE MANEJO COMPONENTE BIÓTICO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Sub Programa 2: Manejo de Flora					
4	Tres (3) Obreros - cuadrilla	Mes	6	\$ 2.250.000,00	\$ 13.500.000,00
5	Materiales aislamiento 213 árboles (malla polisombra)	m	426	\$ 8.500,00	\$ 3.621.000,00
<b>Sub total</b>			\$ 17.121.000,00		
Sub Programa 3: Manejo de aprovechamiento forestal					
6	Un (1) motosierrista	Mes	0,5	\$ 1.800.000,00	\$ 900.000,00
7	Tres (3) Obreros - cuadrilla	Mes	0,5	\$ 2.250.000,00	\$ 1.125.000,00
8	Motosierra y otras herramientas (alquiler)	Mes	0,5	\$ 2.250.000,00	\$ 1.125.000,00
9	Materiales para cerramiento y señalización (cinta)	m	500	\$ 50,00	\$ 25.000,00
<b>Sub total</b>			\$ 3.175.000,00		
Sub Programa 4: Manejo de fauna					
10	Dos (2) Auxiliares de campo	Mes	2	\$ 5.500.000,00	\$ 11.000.000,00
11	Ahuyentamiento, rescate y reubicación	Jornada	10	\$ 5.000.000,00	\$ 50.000.000,00
<b>Sub total</b>			\$ 61.000.000,00		
Sub Programa 5: Revegetalización					
12	Tres (3) Obreros - cuadrilla	Mes	6	\$ 2.250.000,00	\$ 13.500.000,00
13	Herramientas (Alquiler)	Mes	6	\$ 1.500.000,00	\$ 9.000.000,00

PROGRAMAS DE MANEJO COMPONENTE BIÓTICO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
14	Insumos (plántulas, tutores, fertilizantes, entre otros)	Paquete	40	\$ 300.000,00	\$ 12.000.000,00
<b>Sub total</b>			\$ 34.500.000,00		
Sub Programa 6: Desarrollo y fomento de ecosistemas y especies de flora y fauna afectables por el proyecto					
15	Materiales y refrigerios para cada capacitación a visitantes	Capacitación/año	2	\$ 2.500.000,00	\$ 5.000.000,00
<b>Sub total</b>			\$ 5.000.000,00		
<b>Total programa</b>			\$ 6.546.496.000,00		

PROGRAMAS DE GESTIÓN SOCIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Programa 1: Atención a la comunidad					
1	Refrigerios	GL	4	\$50.000	\$200.000
2	Salón	1	4	\$150.000	\$600.000
3	Equipos	1	4	\$200.000	\$800.000
4	Papelería y material de divulgación	GL	4	\$2.000.000	\$8.000.000
5	Arriendo oficina	1	12	\$700.000	\$8.400.000
6	Profesional social	1	12	\$3.000.000	\$36.000.000
7	Auxiliar social	1	12	\$1.500.000	\$18.000.000
8	Papelería y material de divulgación	GL	12	\$2.000.000	\$24.000.000
9	Servicios públicos	1	12	\$300.000	\$3.600.000

PROGRAMAS DE GESTIÓN SOCIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
10	Equipos y mobiliario (20 sillas, 2 escritorios, 2 computadores, impresora, cámara, filmadora, 2 archivadores, cartelera e Internet)	GL	12	\$2.000.000	\$24.000.000
<b>Sub Total</b>			<b>\$123.600.000</b>		
Programa 2: Información y Divulgación					
11	Valla Informativa: debe estar instalada al comienzo del tramo de la obra, las cuales deben tener las siguientes dimensiones: 8 metros de ancho por 4 metros de alto.	1	1	\$6.206.000	\$6.206.000
12	Reuniones informativas (inicio, avance, finalización, extraordinaria)	GL	4	\$400.000	\$1.600.000
13	Volantes de inicio de obra, avance y finalización de obra: deben realizarse en tamaño medio oficio, elaborado en papel bond de 150 gramos, full color y de cada uno de ellos se deben producir 4000 mil.	3	2000	\$175	\$350.000
14	Volante de invitación a reunión e información a la	GL	500	\$40	\$20.000

PROGRAMAS DE GESTIÓN SOCIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	comunidad puede realizarse a través de fotocopias				
15	Volante de PMT tendrá las siguientes especificaciones: Papel propalcote de 150 gramos, tamaño: 27 cm de ancho por 21 cm de largo, Full color, impreso por ambas caras. Por 66 un lado el plano del tramo a intervenir y de la otra cara, las vías alternas que se recomienda tomar. Cantidad para distribuir: 7000 mil volantes	GL	2000	\$175	\$350.000
16	Plegable técnico el cual contendrá información general de la obra a desarrollar en el tramo pertinente. Se requiere que sean bajo las siguientes especificaciones: plegable de tres cuerpos, en papel propalcote de 150 gramos, a full color, tamaño 16 cm de ancho y 20 cm de largo (cerrado). Cantidad 4000 mil distribuidos para etapa de inicio, avance y finalización de la obra. Deben ser distribuidos en los	GL	2000	\$2.000	\$4.000.000

PROGRAMAS DE GESTIÓN SOCIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	puntos citados anteriormente				
17	Cartilla y video institucional	GL	1	\$2.000.000	\$2.000.000
18	Redes sociales no tienen costo				\$0
19	Comunicados de prensa	1	4	\$200.000	\$800.000
20	Las cuñas radiales deben emitirse 2 diarias 3 días a la semana por dos semanas, en las dos Emisoras de mayor rating del municipio-medios locales alternativos.	4 día	6	\$500.000	\$3.000.000
21	Los afiches deben ser diseñados en papel propalcote de 180 gramos, full color, tamaño medio pliego. Cantidad: 200 afiches para todo el tramo en cuestión	1	200	\$600	\$120.000

PROGRAMAS DE GESTIÓN SOCIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
22	Boletines de prensa en el diario de mayor circulación local con el plano y los desvíos recomendados. El aviso deberá tener las siguientes especificaciones: tamaño 4 columnas de ancho por 30 cm de alto a full color. El plano deberá tener un diseño claro y entendible	GL	2	\$1.000.000	\$2.000.000
<b>Sub Total</b>			\$20.446.000		
Programa 3: Manejo Infraestructura, predios y servicios públicos					
23	Equipos (cámara y filmadora)	1	2	\$150.000	\$300.000
24	Papelería y material de acta	GL	2	\$2.000.000	\$4.000.000
25	Elaboración Acta de vecindad	GL	500	\$18.000	\$9.000.000
<b>Sub Total</b>			\$13.300.000		
Programa 4: Participación ciudadana y sostenibilidad					
26	Refrigerios	1	3	\$50.000	\$150.000
27	Salón (se excluyen dos que serán salones de las entidades educativas)	1	3	\$150.000	\$450.000
28	Equipos	1	3	\$150.000	\$450.000
29	Papelería y material de divulgación	GL	3	\$2.000.000	\$6.000.000

PROGRAMAS DE GESTIÓN SOCIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
30	Publicaciones de Folletos-plegables para colegios	GL	3	\$1.000.000	\$3.000.000
31	Profesional en pedagogía	1	1	\$2.000.000	\$2.000.000
<b>Sub Total</b>			\$12.050.000		
Programa 5: Contratación mano de obra					
32			Los costos generados por este programa hacen parte del presupuesto general		
Programa 6: Educación y capacitación ambiental al personal vinculado al proyecto					
33	Material de divulgación capacitación	GL	12	\$2.000.000	\$2.000.000
34	Refrigerios	GL	12	\$50.000	\$600.000
<b>Sub Total</b>			\$2.600.000		
Programa 6: Manejo arqueológico					
35	Programa de arqueología preventiva Fases II y III	GL	1	387.000.000	387.000.000
Programa 7: Atención a la comunidad Manejo Arqueológico					
36	Equipos geo-referenciación, fotografía, iluminación, herramientas de excavación, disco duro externo, indumentaria, escalas.	N.A.	N.A.	N.A.	\$10.107.000
37	Alquiler baño portátil	1	7	\$2.000.000	\$14.000.000
38	Transporte	1	7	\$5.000.000	\$35.000.000
39	Papelería	N.A.	N.A.	\$1.800.000	\$1.800.000

PROGRAMAS DE GESTIÓN SOCIAL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>Sub Total</b>			\$60.907.000		
<b>Total</b>			\$599.457.000		

Adicional a estos costos anteriores, se tendrá en cuenta aquellos asociados al componente arqueológico. Estas tablas cubren costos para el PROGRAMA DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA EN AID FASES II Y III – PTAR CANOAS PREVIA A OBRAS FASE I PTAR – CANOAS, dentro del cual está el rescate arqueológico del Pórtico que se halló en el marco del programa de Arqueología Preventiva para la Fase I – PTAR Canoas. Este proyecto, incluyendo la fase de trámite de la licencia de autorización que otorga únicamente el ICANH, tiene una duración de 4 meses, debido a la labor de rescate arqueológico que debe adelantarse. El primer mes es de trámite de la licencia, un (1) mes y medio de fase de campo, quince (15) días de análisis de laboratorio y un (1) mes de construcción del Informe Final.

COSTOS PLAN DE MANEJO ARQUEOLÓGICO – PROGRAMA DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA EN AID FASES II Y III – PTAR CANOAS - PREVIA A OBRAS FASE I PTAR – CANOAS				
COSTOS HONORARIOS				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	TIEMPO	VALORUNITARIO INTEGRAL POR MES	VALORTOTAL
1	Arqueólogo director	4	\$5'550.000	\$22'200.000
1	Coordinador de campo	3	\$3'330.000	\$9'990.000
5	Auxiliares de campo	2	\$2'775.000	\$27'750.000
1	Asesor Cartografía	1	\$2'775.000	\$2'775.000
1	Asistente de archivo	2	\$1'887.000	\$3'774.000
12	Obreros	2	\$999.000	\$23'976.000
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$90'465.000</b>

COSTOS DIRECTOS PLAN DE MANEJO ARQUEOLÓGICO – PROGRAMA DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA EN AID FASES II Y III – PTAR CANOAS - PREVIA A OBRAS FASE I PTAR – CANOAS					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Programa 1: Atención a la comunidad					
1	Equipos geo-referenciación, fotografía, iluminación, herramientas de excavación, disco duro externo, indumentaria, escalas.	N.A.	N.A.	N.A.	\$10'613,000
2	Alquiler baño portátil	1	2 (meses)	\$2,000,000	\$4'000.000
3	Transporte	1	2 (meses)	\$5,000,000	\$10,000,000
4	Papelería	N.A.	N.A.	\$1,800,000	\$1,800,000

COSTO TOTAL	\$26,413,000
-------------	--------------

SUBTOTAL, ADMINISTRACIÓN, UTILIDAD E IMPREVISTOS PLAN DE MANEJO ARQUEOLÓGICO – PROGRAMA DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA EN AID FASES II Y III – PTAR CANOAS - PREVIA A OBRAS FASE I PTAR – CANOAS		
%	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
N.A.	Equipos geo-referenciación, fotografía, iluminación, herramientas de excavación, disco duro externo, indumentaria, escalas.	\$116,878,000
10	Administración	\$11,687.800
5	Utilidad	\$5,843,900
5	Imprevistos	\$5,843,900
COSTO TOTAL SIN IVA		\$140,253,600
COSTO TOTAL CON IVA		\$162,694,176

EL PLAN DE MANEJO ARQUEOLÓGICO – PROGRAMA DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA EN AID FASES II Y III – PTAR CANOAS - PREVIA A OBRAS FASE I PTAR – CANOAS DEBE IMPLEMENTARSE POR LO MENOS 6 MESES ANTES DEL INICIO DE OBRAS DE LA FASE I DE LA PTAR – CANOAS

## 16.1 Programa de seguimiento y monitoreo

Finalmente, se resumen los costos estimados para las actividades de monitoreo y seguimiento del PMA, para los componentes abiótico y biótico. Los costos están estimados para los seis primeros años de ejecución del proyecto. El monitoreo del componente social estará a cargo del personal administrativo asignado.

**Tabla 16-1 Programa de seguimiento y monitoreo medio abiótico**

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL COMPONENTE ABIOTICO				
Emisiones, calidad del aire y ruido				
ASPECTOS	UNIDAD	CANTIDAD	VALORUNITARIO	VALORTOTAL
Muestreo calidad aire (3 estaciones 18 días)	Estudio	4	\$18'000.000	\$72'000.000
Modelación del impacto sobre la calidad del aire por la operación de equipos de combustión	Estudio	1	\$50.000.000	\$50.000.000
Muestreo de ruido ambiental (10 puntos- jornada diurna día hábil y de descanso)	Estudio	4	\$10'000.000	\$40'000.000
Muestreo de ruido ambiental (10 puntos- jornada diurna día hábil y de descanso) y emisión de ruido	Estudio	2	\$12'000.000	\$24'000.000
Muestreo de emisiones atmosféricas (6 fuentes de emisión)	Monitoreo anual	6	\$12.000.000	\$72.000.000
SUB TOTAL				\$ 250.000.000
Aguas residuales y corrientes receptoras				
ASPECTOS	UNIDAD	CANTIDAD	VALORUNITARIO	VALORTOTAL
Muestreo físico químico, microbiológico e hidrobiológico	Estudio	2	\$24'000.000	\$48'000.000

(24 horas), 3 muestras compuestas. (Construcción)				
Muestreo hidrobiológico (Construcción)	Estudio	2	\$9'000.000	\$18'000.000
Muestreo hidrobiológico (Operación)	Estudio	2	\$9'000.000	\$18'000.000
Muestreo físico químico, microbiológico e hidrobiológico (24 horas), 3 muestras compuestas. (Operación)	Estudio	4	\$24'000.000	\$96'000.000
<b>SUB TOTAL</b>				<b>\$180'000.000</b>
<b>Total Programa</b>				<b>430.000.000</b>

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL COMPONENTE BIOTICO				
Programa de monitoreo y seguimiento de Flora y Fauna				
ASPECTOS	UNIDAD	CANTIDAD	VALORUNITARIO	VALORTOTAL
Interventor	Contrato/mes		5.500.000	
Informe	Global		1.500.000	1.500.000
<b>SUB TOTAL</b>				
Programa de monitoreo y seguimiento de Revegetalización				
ASPECTOS	UNIDAD	CANTIDAD	VALORUNITARIO	VALORTOTAL
Interventor	Contrato/mes		5.500.000	
Informe	Global		1.500.000	1.500.000
<b>SUB TOTAL</b>				
<b>Total Programa</b>				

Las siguientes tablas, cubren costos para la ESTRATEGIA DE MONITOREO ARQUEOLÓGICO PARA OBRAS FASE I DE LA PTAR – CANOAS, dentro de la cual está incluido el registro del levantamiento de la cerca de roca calcárea acomodada que se halló en el marco del programa de Arqueología Preventiva para la Fase I – PTAR Canoas. Este proyecto, incluyendo la fase de trámite de la licencia de autorización que otorga únicamente el ICANH, tiene una duración de 9 meses. El primer mes es de trámite de la licencia, siete (7) meses de fase de campo destinadas a labores de monitoreo arqueológico dentro de las que se incluye labores de campo, y un (1) mes de construcción del Informe Final.

COSTOS PLAN DE MANEJO ARQUEOLÓGICO – PROGRAMA DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA EN AID FASES II Y III – PTAR CANOAS - PREVIA A OBRAS FASE I PTAR – CANOAS				
COSTOS HONORARÍOS				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	TIEMPO	VALORUNITARIO INTEGRAL POR MES	VALORTOTAL
1	Arqueólogo director	9	\$5'550.000	\$49'950.000
1	Coordinador de campo	8	\$3'330.000	\$26'640.000

7	Auxiliares de campo	7	\$2'775.000	\$135'975.000
1	Asesor Cartografía	1	\$2'775.000	\$2'775.000
1	Asistente de archivo	2	\$1'887.000	\$3'774.000
COSTO TOTAL				\$219'114.000

**COSTOS DIRECTOS PLAN DE MANEJO ARQUEOLÓGICO – PROGRAMA DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA EN AID FASES II Y III – PTAR CANOAS - PREVIA A OBRAS FASE I PTAR – CANOAS**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Programa 1: Atención a la comunidad					
1	Equipos geo-referenciación, fotografía, iluminación, herramientas de excavación, disco duro externo, indumentaria, escalas.	N.A.	N.A.	N.A.	\$10'107,000
2	Alquiler baño portátil	1	7 (meses)	\$2,000,000	\$12'000.000
3	Transporte	1	7 (meses)	\$5,000,000	\$35,000,000
4	Papelería	N.A.	N.A.	\$1,800,000	\$1,800,000
COSTO TOTAL					\$58,907,000

**SUBTOTAL, ADMINISTRACIÓN, UTILIDAD E IMPREVISTOS PLAN DE MANEJO ARQUEOLÓGICO – PROGRAMA DE ARQUEOLOGÍA PREVENTIVA EN AID FASES II Y III – PTAR CANOAS - PREVIA A OBRAS FASE I PTAR – CANOAS**

%	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
N.A.	Equipos geo-referenciación, fotografía, iluminación, herramientas de excavación, disco duro externo, indumentaria, escalas.	\$278,021,000
10	Administración	\$27,802.100
5	Utilidad	\$13,901,050
5	Imprevistos	\$5,843,900
COSTO TOTAL SIN IVA		\$333,625,200
COSTO TOTAL CON IVA		\$387,005,232

LA ETAPA DE EXCAVACIONES ENTRE 0 Y 2,50 METROS DE PROFUNDIDAD ESTÁ PROYECTADA PARA 6 MESES. EL PRESENTE PRESUPUESTO ESTA DEFINIDO PARA ESTA DURACIÓN DE OBRA

RELACIONADA CON EXCAVACIONES ENTRE 0 Y 2,50 METROS DE PROFUNDIDAD, LOS PRECIOS PUEDEN VARIAR DE ACUERDO CON EL IBC. LO ANTERÍOR PUEDE LLEVAR A REALIZAR UNA ACTUALIZACIÓN DEL PRESUPUESTO EN CASO DE QUE LOS TIEMPOS DE EXCAVACIÓN ENTRE 0 Y 2,50 METROS DE PROFUNDIDAD VARIÉN, ASÍ COMO TAMBIÉN A REDEFINIR LAS METAS Y ACCIONES DE CADA PROGRAMA SEGÚN LAS NECESIDADES.