

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES BELLO

1. Antecedentes

1.1 Plan maestro de saneamiento

Las Empresas Públicas de Medellín (EPM) fueron creadas en 1955 y ese mismo año se contrató con la firma Greeley and Hansen (USA) un estudio para la planeación, el diseño y la construcción del sistema de alcantarillado de la ciudad. El resultado final del estudio se entregó en 1957 y en él ya se mencionaba el tema del tratamiento de las aguas residuales y un Plan Piloto para la recolección y el transporte de las mismas. En esa época la ciudad tenía serios problemas, no sólo de saneamiento sino también de abastecimiento de agua.

Hasta 1972 se construyó buena parte de la red de aguas residuales, la cual pasó en la década de los 60 de 42 km a 380 km, proporcionando una mejora sustancial en la calidad de vida de la población. Es en esa época (1979) en la que también se emprenden las obras que resolverían de manera definitiva el problema del abastecimiento de agua de la ciudad, pues se ejecutaron las obras para la captación de las aguas del río Piedras, y que años más tarde fueron complementadas con la desviación del río Buey (1982) y con el aprovechamiento múltiple del río Grande (1987).

Las obras correspondientes a la desviación del río Buey incluyeron la ampliación del bombeo del río Piedras, la construcción de redes de acueducto y alcantarillado que permitieron prestar estos servicios en los vecinos municipios de Envigado, Sabaneta y La Estrella, y el saneamiento del río Pantanillo, cauce natural usado para transportar las aguas del Buey y del Piedras. Este saneamiento se realizó mediante la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales El Retiro, la cual entró en operación en 1986, y en donde son tratadas las aguas servidas de la cabecera de ese municipio. Fue con la operación de esta pequeña planta que los técnicos y el personal de operación de las Empresas comenzaron a familiarizarse con los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

A comienzos de los años 80 las Empresas Públicas de Medellín deciden contratar la consultoría "Programa de saneamiento del río Medellín y sus quebradas afluentes", estudio con el que se revisó y se actualizó el ejecutado en 1957, y el cual fue adjudicado al consorcio Compañía Colombiana de Consultores - Greeley and Hansen. El resultado fue entregado en 1983 y es allí donde se presenta un ambicioso plan de colección de aguas residuales, las cuales deberían ser transportadas a cuatro sitios para su tratamiento, así: una planta de tipo secundario en Itagüí, otra de este mismo tipo en Bello, y dos planta de tipo preliminar: una en Girardota y otra en Barbosa. Ver figura 1.

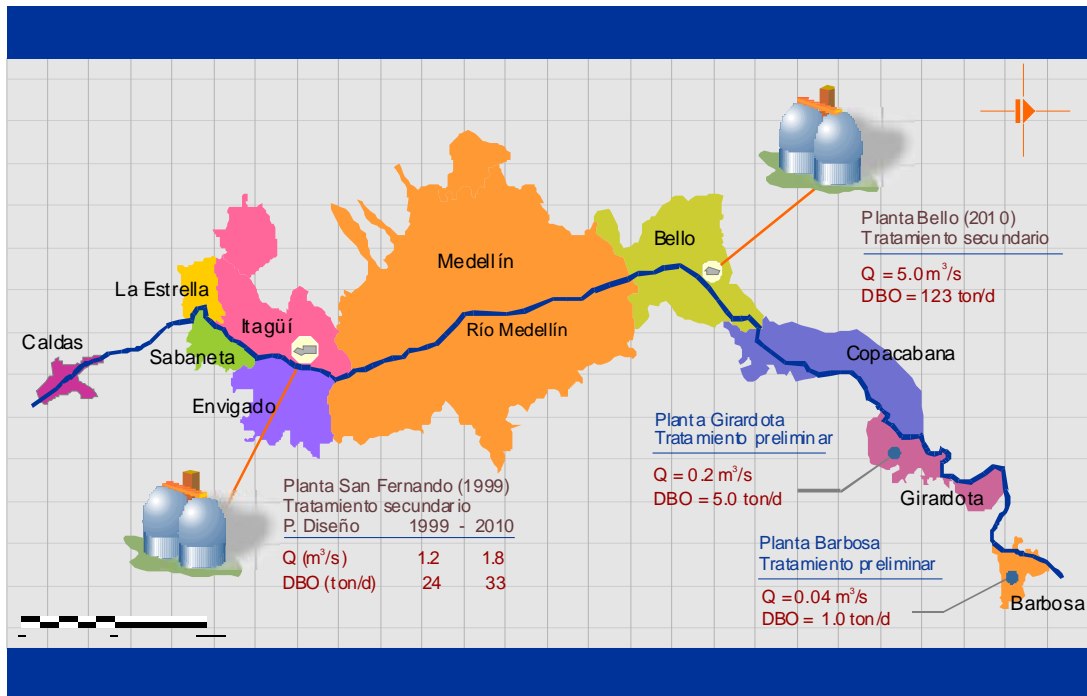


Figura 1: Alternativa seleccionada para la recolección y el tratamiento de las aguas residuales en el Valle del Aburrá

A mediados de los años 90 se contrató con el mismo consorcio mencionado, el diseño de la planta San Fernando, primera gran planta de tipo secundario en el país y la cual entró en operación en mayo del año 2000, en su primera fase con capacidad 1,8 m³/s, y localizada en el municipio de Itagüí. Allí se tratan aproximadamente el 20% de las aguas residuales generadas en el área metropolitana del Valle de Aburrá, las cuales corresponden a los municipios del sur: Itagüí, Envigado, Sabaneta, La Estrella y próximamente Caldas.

Esta obra será complementada en el 2010 con la entrada en operación de la planta de aguas residuales localizada en el municipio de Bello, y la cual tratará las aguas servidas de los municipios más grandes: Bello y Medellín. El proyecto incluye el transporte de las aguas residuales desde el sitio de su actual descarga al río Medellín (sector Moravia – Caribe), hasta el lote de la planta, unos 8 km aguas abajo. De esta manera el río logrará un alto grado de saneamiento y los habitantes del valle, que en su gran mayoría a diario se movilizan por los alrededores de la corriente que atraviesa la ciudad, tendrán una gran mejora en su calidad de vida.

1.2 Plan de acción para la formulación y el diseño del proyecto

En el año 2005 Empresas Públicas de Medellín decide abrir la contratación N° 019513 "Consultoría para el diseño detallado de la planta de tratamiento de aguas residuales del Norte", la cual fue adjudicada al Consorcio Hidroestación Torre del Aburrá, conformado por las firmas HVM Ingenieros Ltda. y Pöyry Environment GmbH. El contrato tiene un plazo de 540 días, se inició el 22 de agosto de 2006 y finalizó el 12 de febrero de 2008.

1.3 Solicitud de financiamiento al BID

El 6 de octubre de 2006 el Gerente General de Empresas Públicas de Medellín solicitó al Departamento Nacional de Planeación incluir el proyecto Planta de Tratamiento de Aguas Residual Norte en el Banco de Programas y Proyectos de Inversión Nacional, y además, presentar el proyecto a la Banca Multilateral para su inclusión en el pipeline. El 19 de febrero de 2007, el Subdirector General del Departamento Nacional de Planeación manifestó al Representante en Colombia del Banco Interamericano de Desarrollo el interés de Empresas Públicas de Medellín en la financiación del proyecto y solicita el envío de una misión de identificación. Durante el año 2007 se realizaron tres misiones del BID. La suma solicitada es de USD 225 millones.

2. Situación del servicio de recolección y tratamiento de las aguas residuales

2.1 Cobertura del servicio de alcantarillado

El sistema de alcantarillado de EPM tiene una longitud aproximada de 4036.7 km de redes de aguas residuales, combinadas y lluvias para la atención de 802,992 clientes conectados en los diez municipios del Valle de Aburrá (información a diciembre de 2006). El nivel de cobertura de evacuación domiciliar es del 100% considerando el área de disponibilidad para la prestación del servicio con respecto al área urbana definida en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de cada municipio.

2.2 Cobertura de colectores

En el año 1967 se inició la construcción de obras encaminadas al transporte de las aguas residuales a las futuras plantas de tratamiento, con un objetivo claro de saneamiento del Río Medellín y sus quebradas afluentes.

El sistema de transporte de las aguas residuales está compuesto por los colectores y los interceptores. Los colectores son redes construidas paralelas a las quebradas, con el fin de recoger las descargas de aguas residuales existentes y transportarlas hasta los interceptores, que son redes paralelas al río Medellín, encargadas del transporte hasta las plantas de tratamiento.

Con este propósito se han construido 324 km de colectores y 34 km de interceptores en los diferentes municipios del Valle de Aburrá, lo que equivale a un sistema de transporte de aguas residuales con una longitud de 358 km.

2.3 Cobertura del tratamiento de aguas residuales

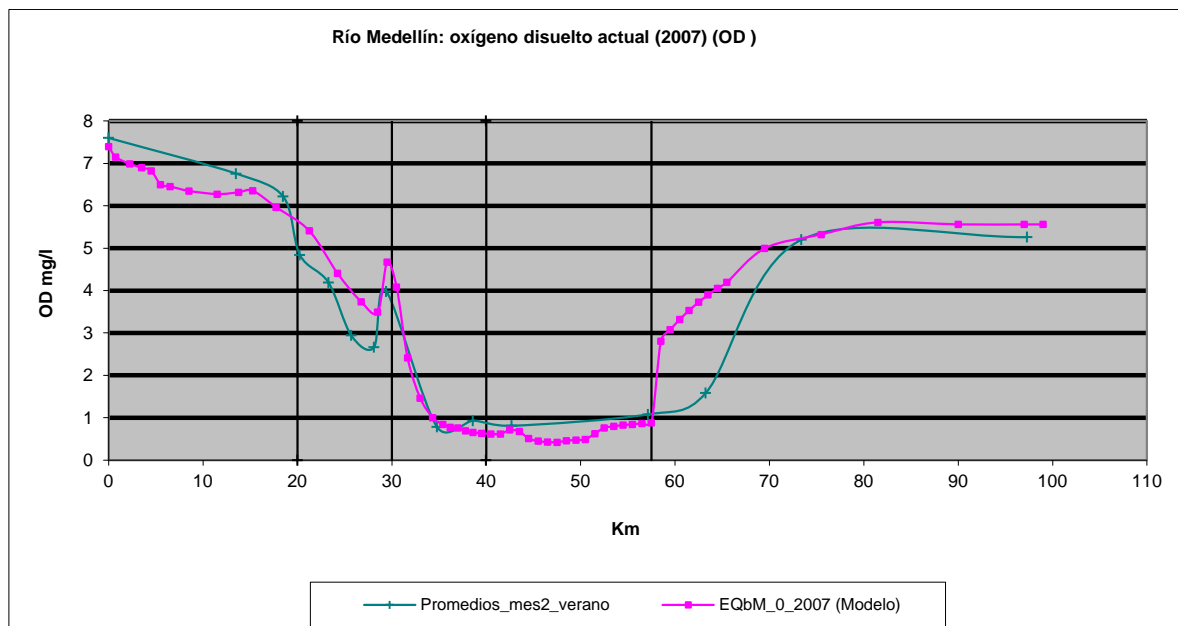
San Fernando es una planta de tratamiento secundario de lodos activados, localizada en el municipio de Itagüí y es en donde son tratadas las aguas residuales municipales de los municipios de Envigado, Sabaneta, La Estrella, Itagüí, parte del sur de Medellín y, en un futuro Caldas; se encuentra en operación desde el año 2000.

El caudal promedio de diseño de San Fernando en su fase inicial, es de 1.8 m³/s de aguas residuales. Actualmente se tratan en promedio 1.2 m³/s. Las ampliaciones posteriores permitirán atender en la fase final los caudales de las aguas residuales que se podrían generar en el futuro, correspondientes a las condiciones de saturación de toda el área tributaria de la planta.

Los lodos que se generan en la proceso de tratamiento de las aguas residuales son estabilizados mediante digestión anaeróbica y luego deshidratados. El biosólido resultante es utilizado para la recuperación de suelos y como insumo para la fabricación de abonos orgánicos.

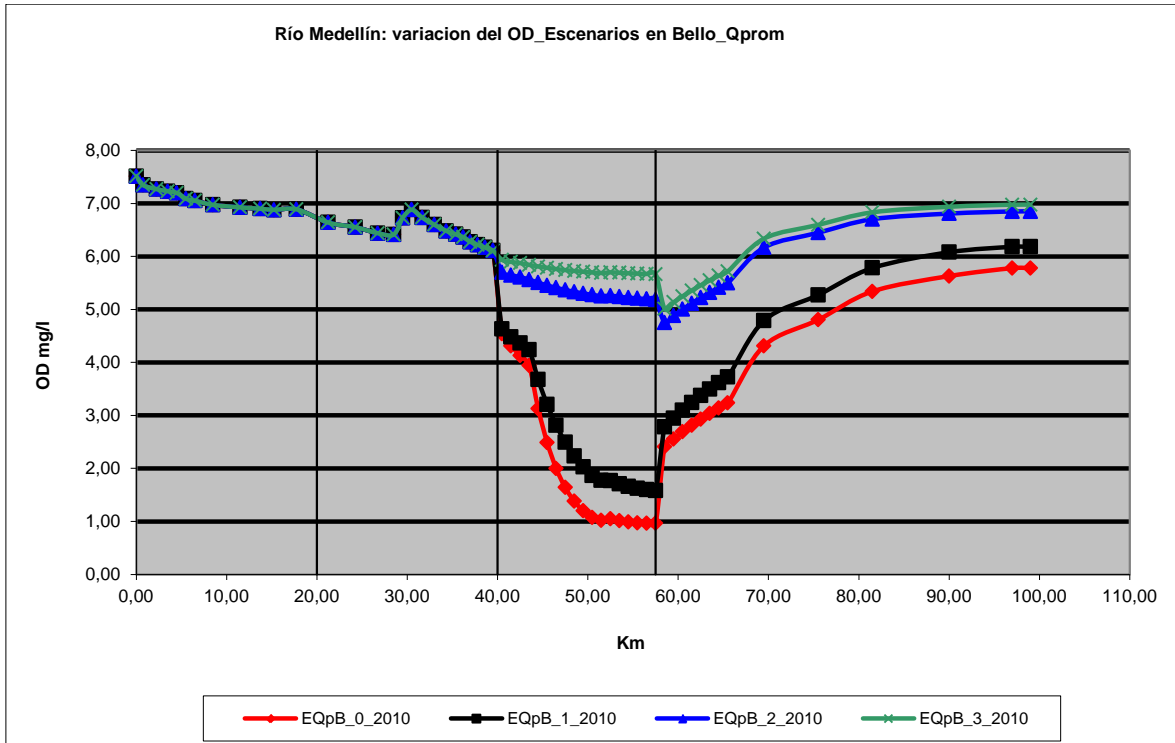
2.4 Justificación del proyecto

En la siguiente gráfica se puede observar cómo una vez el río Medellín recibe las descargas de los interceptores, a la altura del sitio Moravia (km 30 en la figura), la calidad del agua sufre un grave deterioro llegando el contenido de oxígeno disuelto a valores cercanos a cero, lo cual trae como consecuencia malos olores, la pérdida del valor de las tierras, la pérdida de áreas para recreación, y problemas de salud. Se aclara que en la gráfica la línea verde son valores medidos y la otra línea son valores que se obtienen con el modelo de calidad que posee EPM.



Gráfica 1: Condiciones actuales del río Medellín, oxígeno disuelto.

En la gráfica 2 se observa el efecto en la calidad del agua del río, de acuerdo con la alternativa analizada.



Gráfica 2: oxígeno disuelto según el grado de tratamiento en el sitio Bello, en condiciones de caudal promedio del río.

Nota:

EQpB_0_2010: Escenario en Bello, con tratamiento preliminar, con caudal promedio del río, en el año 2010.

EQpB_1_2010: Escenario en Bello, con tratamiento primario, con caudal promedio del río, en el año 2010.

EQpB_2_2010: Escenario en Bello, con tratamiento secundario, con caudal promedio del río, en el año 2010.

EQpB_3_2010: Escenario en Bello, con tratamiento terciario, con caudal promedio del río, en el año 2010.

Se observa cómo con la alternativa de tratamiento secundario en el sitio de Bello se logra alcanzar el nivel de oxígeno disuelto promedio de mayor o igual a 5 mg/l, en todo el trayecto, con los consiguientes beneficios asociados e identificados en el estudio de evaluación socioeconómica del proyecto, es decir: valorización de las tierras, impacto de mejora en el nivel de salud e impacto en la recreación.

3. Descripción del proyecto

3.1 Planta de tratamiento de aguas residuales

3.1.1 Diseño conceptual de la planta

La primera actividad que tenía que realizar el Consultor era revisar un diseño conceptual elaborado por Empresas Públicas de Medellín, específicamente por el Equipo Proyectos Aguas Residuales, hoy transformado en Área Proyecto Aguas Residuales, dependencia a cargo de la gerencia del Proyecto Planta Bello. Antes de realizar el prediseño, EPM consideró varias tecnologías posibles de tratamiento y llegó a la siguiente conclusión:

Para alcanzar las eficiencias requeridas para sanear el río Medellín, es decir, mayores a 80 %, era preciso que el tratamiento fuera de tipo secundario, por lo que durante el diseño conceptual de la planta Bello se estudiaron varias alternativas, las cuales se resumen a continuación.

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p><u>Lodos activados convencionales:</u> en reactores biológicos –o tanques de aireación- las aguas residuales son puestas en contacto con microorganismos que se encuentran en suspensión en el agua y que utilizan las sustancias contaminantes como fuente de alimentación. Se requiere mantener un alto nivel de oxígeno por lo que es necesario inyectar aire al proceso. Después de los tanques de aireación el proceso continúa con una sedimentación en la cual se separan los lodos del agua. Es necesario recircular los lodos sedimentados a los tanques de aireación.</p>	<p>Desde comienzos del siglo XX es el proceso más utilizado en los centros urbanos en el mundo, por lo que existe amplia experiencia.</p> <p>El sistema permite flexibilidad en la operación.</p>	<p>Se requiere energía para el suministro de aire.</p> <p>Relativamente se producen grandes cantidades de lodos.</p>
<p><u>Filtro percoladores:</u> el agua residual es puesta en contacto con microorganismos que se encuentran fijos a un medio. La aireación se produce de manera natural, sin necesidad de equipos. Después de los filtros percoladores el proceso continúa con una sedimentación en la que separan los lodos del agua. Es</p>	<p>No requiere un sistema para el suministro de aire. Operación simple.</p>	<p>El proceso es menos eficiente que los lodos activados. Poca flexibilidad en la operación. Requiere de mayor área que los lodos activados. Se requiere recircular parte del efluente para mejorar la eficiencia del proceso. Se presentan pérdidas</p>

necesario recircular parte del efluente a los tanques de aireación.		hidráulicas importantes, equivalentes a la altura del filtro. Hay potencial de malos olores.
<u>Contactores biológicos rotativos:</u> el agua residual es puesta en contacto con microorganismos que están adheridos a una serie de tambores horizontales consistentes en discos de material plástico. Los discos se encuentran sumergidos en el agua residual hasta la mitad y rotan lentamente. Los microorganismos que consumen la materia orgánica desarrollan una capa biológica en la superficie de los discos y proporcionan un tratamiento similar al de los filtros percoladores.	Menor consumo de energía al compararse con los lodos activados.	Requiere de grandes áreas superficiales. Alto grado de mantenimiento. Diseños empíricos. Este sistema ha perdido popularidad. Hay potencial de malos olores.
<u>Lodos activados con oxígeno puro:</u> similar a los lodos activados convencionales pero en vez de aire se aplica oxígeno de alta pureza. La tasa de oxigenación es mucho mayor comparada con el uso de aire, lo que permite contar con reactores biológicos de menor tamaño	Menor requerimiento de área. Bajo potencial de olores.	Alto costo de construcción. Sistema de alto grado de complejidad, su uso más común es en instalaciones industriales de poco tamaño.
<u>Zanjas de oxidación:</u> Similar en concepto a los lodos activados convencionales pero con largos tiempos de detención	Remueve nitrógeno y el lodo producido es muy estable.	Requiere de grandes áreas y energía para el suministro de aire
<u>Procesos anaeróbicos:</u> El sistema más popular para tratar aguas residuales municipales es el UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) desarrollado en Holanda. Es un reactor que contiene un manto de lodos, con flujo vertical ascendente y en donde microorganismos productores de metano consumen la materia orgánica	Bajo consumo de energía. Baja producción de lodos	La remoción de sustancias contaminantes no llega al 80 % por lo que se requiere de tratamientos adicionales. Alto potencial de malos olores. El sistema es muy sensible a variaciones en la calidad del agua a tratar. No existe experiencia con plantas grandes. La más grande se encuentra en

presente		Bucaramanga y trata 700 l/s
<u>Lagunas de oxidación</u>	Mínimo consumo de energía. Baja producción de lodos	Potencial de malos olores Requiere de inmensas áreas.

Dadas las condiciones de la planta Bello, en donde la cercanía de vecinos residenciales hace del control de olores algo importante, además de las limitaciones de espacio y la necesidad de escoger un sistema confiable, ampliamente probado y con alto grado de eficiencia, se seleccionó el tratamiento por medio de lodos activados convencionales. Por otro lado, al ser San Fernando una planta de lodos activados se simplifica la operación y el mantenimiento de la planta Bello, desde el punto de vista de que es una tecnología ampliamente conocida por EPM.

Tanto la planta Cañaveralejo -en Cali-, y El Salitre -en Bogotá-, son plantas inicialmente de tratamiento primario "avanzado" y en el futuro serán de tipo secundario, con lodos activados.

En la revisión del diseño conceptual, el Consultor prácticamente estuvo de acuerdo con lo propuesto por EPM, aunque realizó las siguientes recomendaciones:

- Los desarenadores rectangulares aireados tienen mejor desempeño que los de tipo vórtice.
- Con las temperaturas esperadas en el agua residual que llegará a la planta Bello, es posible que, incluso con edades de lodos tan bajas como dos días, se presente el proceso de nitrificación desnitrificación. Para que esto no se traduzca en la generación de pequeñas burbujas de gas nitrógeno, el cual disminuirá la eficiencia de sedimentación de lodo secundario, se propone que el reactor biológico se diseñe teniendo en cuenta la posibilidad de operación teniendo en cuenta los procesos de nitrificación desnitrificación. Esto significa que algunas zonas de los tanques de aireación podrán ser operadas con mezcla pero sin aireación; por otro lado para que se dé el proceso de desnitrificación se requiere una fuente de carbono; esta fuente sería el efluente de los sedimentadores primarios los cuales se diseñarán con un tiempo de detención relativamente bajo, de una hora, lo cual permitirá que llegue a los reactores biológicos más materia orgánica de la prevista inicialmente.
- Para un mejor desempeño del proceso de estabilización de lodos, se recomienda que los lodos primarios sean espesados. El diseño conceptual de EPM no incluía este proceso.

Todas las recomendaciones del Consultor fueron aceptadas por EPM.

Para la elaboración del diseño conceptual EPM se apoyó en la herramienta informática GPS-X, de Hydromantis Inc. (Canadá). Este es un software que permite modelar plantas de aguas residuales para su diseño y operación.

3.1.2 Alternativas consideradas

En el año 2007 se compararon nueve alternativas para la segunda etapa del Saneamiento del Río Medellín (en el sitio La Tasajera se encuentra el canal de descarga de la central hidroeléctrica del

mismo nombre, el cual aporta un caudal importante de agua al río Medellín). El documento que incluye este estudio se llama "Alternativas para la segunda etapa del programa de saneamiento del río Medellín."

Las siguientes son las nueve alternativas que se consideraron en este estudio:

1. No hacer nada, es decir dejar las aguas residuales de Medellín descargando en el mismo sitio donde se hace actualmente, en el sector de Moravia, y no construir planta de tratamiento.
2. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio Las Pistas, en Niquía (Bello) y construir una planta de tratamiento de tipo preliminar.
3. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio Las Pistas, en Niquía (Bello) y construir una planta de tratamiento de tipo primario.
4. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio Las Pistas, en Niquía (Bello) y construir una planta de tratamiento de tipo secundario.
5. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio Las Pistas, en Niquía (Bello) y construir una planta de tratamiento de tipo terciario.
6. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio La Tasajera, en el municipio de Girardota y construir una planta de tratamiento de tipo preliminar. En La Tasajera se encuentra la descarga de la central hidroeléctrica del mismo nombre, de propiedad de EPM.
7. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio La Tasajera, en el municipio de Girardota y construir una planta de tratamiento de tipo primario.
8. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio La Tasajera, en el municipio de Girardota y construir una planta de tratamiento de tipo secundario
9. Construir el Interceptor Norte hasta el sitio La Tasajera, en el municipio de Girardota y construir una planta de tratamiento de tipo terciario.

De las alternativas con las que se logran los objetivos de calidad del río, y que además permiten cumplir con los compromisos adquiridos por Empresas Públicas de Medellín ante la Autoridad Ambiental Competente (el Área Metropolitana del Valle de Aburrá), la de menor valor presente neto es la alternativa 3, es decir tratamiento secundario en Bello.

No se justifica un tratamiento terciario ya que en las plantas de tratamiento se lograría remover el 90% del fósforo, es decir 2,7 t/d de fósforo total, lo cual es muy poco si se compara con las 14 t/d que están llegando al embalse de Porce.

Por otro lado, también en el año 2007 se realizó el estudio de evaluación socioeconómica del proyecto el cual confirmó que la mejor alternativa es la planta de tipo secundario en Bello. Este estudio fue elaborado por el profesor Juan Carlos Mendieta, de la Universidad de los Andes, y se

denomina "Informe Final, Evaluación Socioeconómica: Proyecto de Saneamiento del Río Medellín – Segunda Etapa.

3.1.3 Muestreos de las aguas residuales

Desde diciembre de 2002 EPM ha venido realizando un programa de muestreo de las aguas residuales que llegarán a la planta Bello. Las muestras se toman en el sitio de actual descarga de los dos Interceptores paralelos al río Medellín, en el sector Moravia – Caribe. Hasta la fecha se ha encontrado que estas aguas corresponden a típicas aguas residuales municipales, con las siguientes características:

DBO₅: 249 mg/l
 Sólidos suspendidos: 245 mg/l
 Nitrógeno total, NTK: 36 mg/l
 Fósforo total: 7 mg/l

Otros parámetros medidos son: pH, temperatura, alcalinidad, grasas y aceites, DQO, sólidos totales, sólidos suspendidos volátiles, sólidos sedimentables, nitratos, sulfatos, cloruros y surfactantes. Los siguientes elementos también han sido analizados: cromo, cadmio, níquel, plomo, cobre, zinc, mercurio, molibdeno, bario, selenio, plata y arsénico.

3.1.4 Caudal de diseño

En el año 2004 las Empresas Públicas de Medellín realizaron un cálculo del caudal de diseño de la planta de tratamiento. Como información básica se utilizó el documento "Proyecciones, suscriptores, consumos, vertimientos. Informe técnico", elaborado por Planeación Aguas (EEPPM), en marzo de 2004. A continuación se resume el cálculo realizado:

Caudal de diseño de la planta Norte, año 2020, con base en las proyecciones de acueducto del año 2004	
Total consumo acueducto, m3/año	214,772,727
Total consumo acueducto más ANC, m3/año (ANC=12.2%)	240,975,000
Total acueducto más ANC, l/s	7,641
Porcentaje que va a la planta Norte, %	81
Total consumo acueducto a planta Norte, m3/año	172,981,939
Total consumo acueducto a planta Norte más ANC, m3/año	194,085,736
Total consumo acueducto a planta Norte más ANC, l/s	6,154
Agua residual generada (85% del acueducto), m3/año	164,972,875
Porcentaje de recolección, %	75.0
Agua residual recolectada, m3/año	123,729,656
Q promedio agua residual recolectada, l/s	3,923
Área neta tributaria, Ha	13,560

Q infiltración recolectada, l/s	828
Aguas residuales de fuentes propias, l/s	255
Total agua residual a tratar en promedio, l/s	5,006
Caudal de diseño de la planta Norte, l/s (se redondea)	5,000

Nota: ANC es Agua No Contabilizada

En cuanto al caudal máximo de diseño, se encontró que tanto para los caudales que llegan a San Fernando, como para los que actualmente se transportan por los interceptores, el método que mejor refleja el caudal máximo es el propuesto por Fair, Geyer y Okun. La fórmula es:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\text{prom}}} = \frac{5}{P^{1/6}}$$

Donde:

Q_{max}: flujo máximo de aguas residuales domésticas

Q_{prom}: flujo promedio de aguas residuales domésticas

P: población atendida, en miles

Para el caso del caudal de diseño de la planta Bello, el caudal de aguas residuales (crudas, sin infiltración ni fuentes propias) que se espera recolectar en el año 2020 es de 3,923 l/s, equivalentes a una población de 2,260,000 personas, lo cual resulta de asumir una contribución promedio por persona de 150 l/d.

Si se aplica esta ecuación: $Q_{\max} = Q_{\text{prom}} \times (5/P^{1/6}) = 5,413 \text{ l/s}$

Al sumar las aguas de infiltración y las de fuentes propias se halla que el caudal máximo de diseño será de 6,497 l/s.

En conclusión, se toma el Q_{max} de diseño de la planta Norte como 6,497 l/s, valor que se aproximó a 6,500 l/s.

A continuación se muestran los caudales esperados para cada año:

Aguas residuales recolectadas y transportadas hasta el sitio para la planta Bello		
Año	Caudal promedio diario, m³/s	Caudal máximo, m³/s
2004	3.74	5.08
2005	4.02	5.36
2006	4.09	5.45
2007	4.16	5.27
2008	4.23	5.61
2009	4.30	5.69
2010	4.38	5.77

2011	4.45	5.85
2012	4.51	5.93
2013	4.57	6.00
2014	4.63	6.07
2015	4.69	6.14
2016	4.76	6.21
2017	4.82	6.28
2018	4.88	6.36
2019	4.95	6.43
2020	5.00	6.50

3.1.5 Descripción de la planta de tratamiento

La Planta de tratamiento de aguas residuales Bello será de tipo secundario; a continuación se presentan las principales características:

Parámetro	Valor
Caudal promedio de diseño - año 2020	5.0 m ³ /s
Caudal máximo de diseño -año 2020	6.5 m ³ /s
Cargas contaminantes esperadas	123 t/d de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) (Ver pregunta 4), y 120 t/d de sólidos suspendidos
Concentración de DBO ₅ en el agua sin tratar	284 mg/l
Concentración de sólidos suspendidos en el agua sin tratar	277 mg/l
Población Equivalente (PE)	3,880,000 (1 PE= 31.7 g de DBO ₅ /día)
Cantidad de biosólido esperado	310 t/d, al 28% de contenido de sólidos
Tipo de tratamiento	Secundario, es decir con eficiencia de la remoción de materia orgánica superior al 80%. Incluye sedimentación primaria, lodos activados, espesamiento de lodos primarios por gravedad, espesamiento de lodos secundarios y deshidratación de lodos estabilizados por centrifugas, estabilización de lodos por medio de digestión anaeróbica, y control de olores.
Pretratamiento	Incluye rejas gruesas y rejas finas, y desarenadores rectangulares aireados.
Biogás generado en la digestión de los lodos	Será utilizado para la generación de energía eléctrica por medio de motogeneradores estacionarios. Esta energía será consumida en la operación de la Planta, y corresponde a un tercio de la energía total consumida

	por la Planta.
--	----------------

Los procesos y obras que harán parte del tratamiento de las aguas residuales en la Planta Bello serán los siguientes:

TRATAMIENTO PRELIMINAR Y PRIMARIO

Comprende las obras civiles, equipos y sistemas necesarios para llevar a cabo el tratamiento preliminar y primario en la planta de tratamiento de aguas residuales Bello, es decir, las rejas, los desarenadores con los equipos asociados para la limpieza y disposición de la arena, el bombeo del agua residual sin tratar, los tanques de sedimentación primaria y sus equipos asociados, y la tuberías o canales que transportan el efluente primario hasta el tratamiento secundario.

TRATAMIENTO SECUNDARIO - REACTORES BIOLÓGICOS Y SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA.

Incluye las obras civiles, equipos y sistemas necesarios para llevar a cabo el tratamiento secundario de las aguas residuales; comprende tanto los reactores como la sedimentación final, el bombeo de retorno de lodos, los sopladores y sus equipos asociados, y la entrega del agua residual tratada al río Medellín.

El proceso que se utilizará como tratamiento secundario será el de lodos activados, con la configuración de alimentación por pasos en una cascada de 9 reactores de mezcla completa. Se estima que con las temperaturas que se esperan en el agua residual, se presentaría el proceso de nitrificación – desnitrificación. Para que se haga de una manera controlada, un sector de los tanques de aireación no tendría aire, pero sí mezcla. La de nitrificación – desnitrificación es un proceso biológico por medio del cual los compuestos contaminantes con contenido de nitrógeno (como la urea contenida en la orina) son transformados en nitrógeno gaseoso que se libera a la atmósfera, evitándose así que lleguen al río. Se ha considerado cuatro (4) tanques de aireación cada uno de 48 m de longitud, 72 m de ancho, y 6.2 m de profundidad. El volumen útil de cada tanque será de unos 14,240 m³.

Para llevar a cabo el proceso de sedimentación secundaria se utilizarán ocho (8) tanques de sedimentación secundaria circulares, cada uno de 50 metros de diámetro y 4.36 metros de profundidad, para un volumen total de 68,417 m³. El lodo secundario será recirculado hacia el tratamiento biológico (hacia los tanques de aireación) utilizando bombas centrífugas horizontales como parte de la estación de bombeo de lodos de retorno.

ESPESAMIENTO Y DESHIDRATACIÓN DE LODOS

Se trata de las obras civiles, equipos y sistemas relacionados con la separación de sólidos. Comprende el bombeo de lodos activados de desecho hasta el proceso de espesamiento, las estructuras y equipos para el espesamiento y la deshidratación de lodos, el transporte de los lodos primarios y secundarios espesados hasta el proceso de estabilización, el transporte de lodos deshidratados (biosólidos) hasta el sitio de almacenamiento, el almacenamiento de

los lodos deshidratados, y los vehículos para el transporte de biosólidos hasta la planta de compostaje.

Respecto al proceso de espesamiento de los lodos primarios, se utilizarán espesadores por gravedad lo cual permitirá alcanzar hasta 5% de contenido de sólidos, para lograr un mejor desempeño en la digestión anaeróbica.

Para los procesos de espesamiento y deshidratación se utilizarán centrifugas. Serán necesarias cuatro centrifugas de espesamiento y cuatro centrifugas de deshidratación.

ESTABILIZACIÓN DE LODOS Y RECUPERACIÓN ENERGÍA

Se refiere a las obras civiles, equipos y sistemas requeridos para lograr la estabilización de los lodos primarios y secundarios espesados, mediante digestión anaeróbica, y para llevar a cabo el almacenamiento de lodos estabilizados, el trasiego de los lodos estabilizados hasta el proceso de deshidratación, así como la recuperación de energía a partir del biogás.

La Planta contará con un total de seis digestores anaeróbicos ovoidales, cada uno con una capacidad de 8700 m³. Los digestores contarán con un mezclador mecánico y con bombas para proveer la recirculación del lodo a través de los intercambiadores de calor agua-lodo del circuito de calentamiento. La temperatura interior de los digestores se mantendrá en unos 35°C.

En cuanto a las posibilidades de generación con gas metano se generará una tercera parte de la energía consumida en la planta (aproximadamente 4 MW). Para este propósito se utilizarán cuatro motogeneradores estacionarios.

CONTROL DE OLORES

Comprende las obras civiles, equipos y sistemas necesarios para controlar los malos olores de la Planta de tratamiento.

Para llevar a cabo este proceso se ha seleccionado el sistema de control de olores mediante torres lavadoras. Debido al tamaño de las instalaciones se utilizarán dos sistemas de control de olores independientes para atender las necesidades de la Planta Bello.

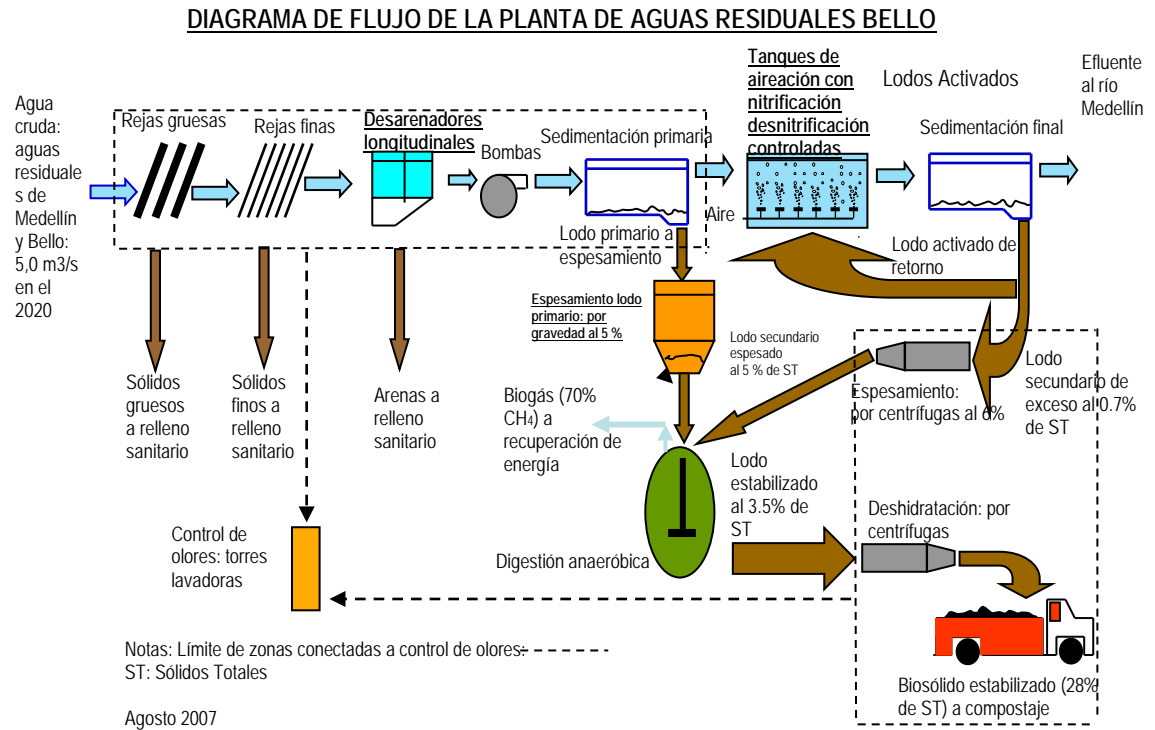
El sistema de control de olores cubrirá las siguientes zonas y procesos de la Planta: edificio de rejillas y contenedores, zona de desarenadores y clasificadores de arenas, tanques de sedimentación primaria, canales de entrada y zonas anóxicas de los reactores biológicos, tanques de espesamiento del lodo primario, pozos húmedos intermedios para transferencia de lodos a los diferentes procesos, edificio de lavado de camiones, zona de silos de almacenamiento de lodos deshidratados y zona de válvulas telescópicas de los digestores

OBRAS CIVILES Y EQUIPOS AUXILIARES COMUNES

Para el funcionamiento adecuado de la Planta, se requiere contar con una serie de equipos y sistemas auxiliares como son la ventilación y el aire acondicionado, los sistemas de aire y agua de servicios generales, las vías internas y externas, las redes de servicios públicos, el sistema eléctrico, las telecomunicaciones, la señalización, el sistema de control distribuido, los equipos de izaje, los sistemas de seguridad tales como cámaras de televisión y barreras

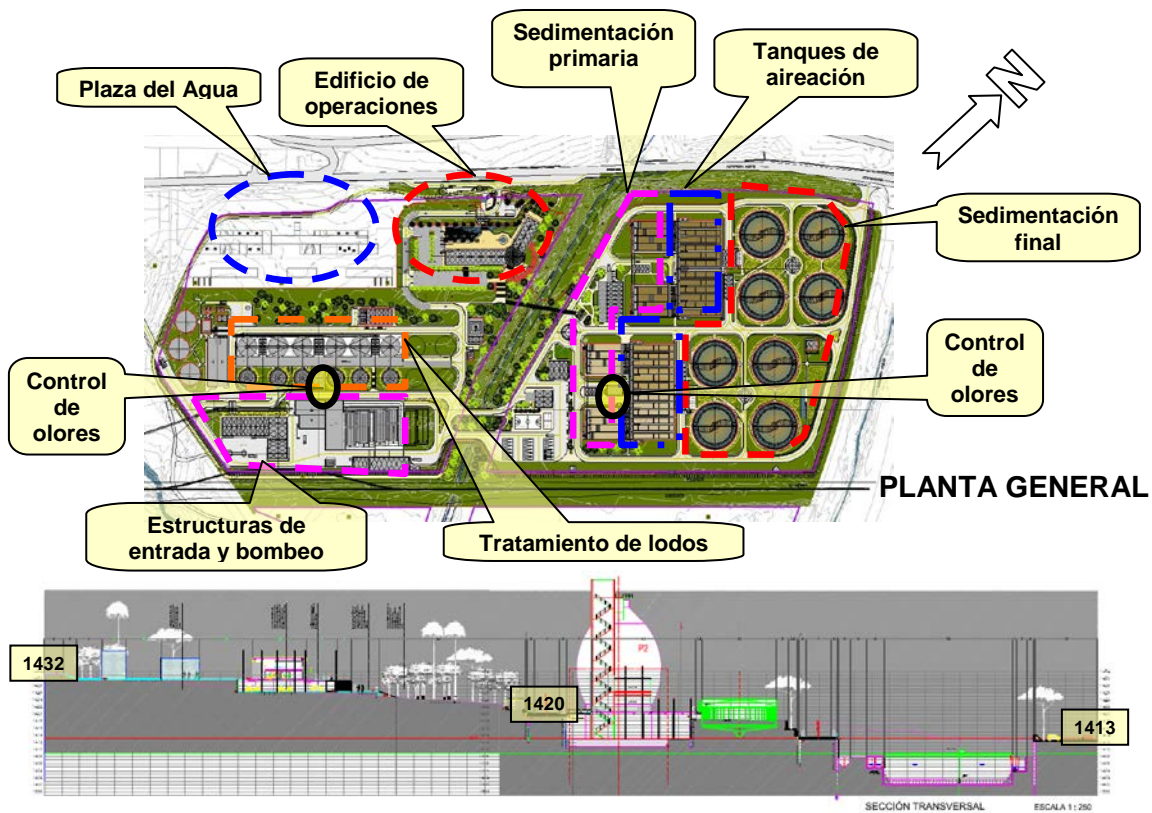
antiintrusión, el sistema de protección contra incendio, el cerramiento, las porterías y la arquitectura, el urbanismo y el paisajismo.

En la siguiente gráfica (3) se muestra el diagrama de flujo de la planta de tratamiento.



Gráfica 3: Diagrama de flujo de la planta Bello.

En la siguiente gráfica (4) se muestra la distribución de los edificios y estructuras en el lote:



Gráfica 4: Lay out de la planta Bello.

3.2 Interceptor Norte de Aguas Residuales

3.2.1 Alternativa seleccionada

Se tiene programada la construcción de un interceptor de gran diámetro para el transporte de aguas residuales entre el sector de Moravia y el sitio de la futura planta de tratamiento de aguas residuales en el sector de Niquía, en el municipio de Bello y varios ramales interceptores que conectarán las descargas existentes al interceptor principal. Esta obra comprende la instalación de aproximadamente 8.0 km de tubería de 1.8, 2.2 y 2.4 m de diámetro interno. Con el interceptor se logrará recolectar y transportar las aguas residuales de los municipios de Medellín y Bello, concentradas en las actuales descargas de los interceptores oriental y occidental y en los colectores existentes y proyectados entre los sectores de Moravia-Caribe, en Medellín, hasta el sitio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Bello, para posibilitar su tratamiento en el año 2010

3.2.2 Alternativas evaluadas

Entre los años 1994-1996, las Empresas Públicas de Medellín contrataron con la firma consultora Asesoría Colombiana de Profesionales (A.C.P. Ltda.) la evaluación de alternativas y diseño el Interceptor Norte entre Moravia y la Granja Tulio Ospina, sitio donde se tenía proyectada la planta de tratamiento de aguas residuales; en ese estudio fueron evaluadas 6 alternativas con 15 combinaciones posibles entre ellas. Entre las alternativas evaluadas se consideraron las siguientes:

- Interceptores a flujo libre y paralelos al río Medellín utilizando las vías regionales existentes y proyectadas.
- Combinación de interceptores a flujo libre y tramos con sistema de bombeo o estaciones elevadoras.
- Un interceptor principal por el costado oriental y otros de menor tamaño por el costado occidental.
- Un interceptor de gran diámetro por el cauce del río en la margen oriental y varios ramales interceptores por el costado occidental y cuatro cruces de los ramales interceptores occidentales al interceptor oriental.

En las alternativas evaluadas se consideró el material de los ductos, el método constructivo, viabilidad técnica, costos y riesgos.

De las diferentes alternativas planteadas para el proyecto fue seleccionada como la mejor alternativa la construcción de un interceptor principal por la margen oriental del cauce del río y varios ramales interceptores. La selección de esta alternativa se fundamentó en el menor impacto a las comunidades, por su alineamiento bajo el cauce del río, los bajos costos de operación y mantenimiento por no tener sistemas de bombeo y su independencia con la obras proyectadas de las vías regionales, las cuales requieren acuerdos Metropolitanos y tienen un alto impacto en la reubicación de comunidades.

En el año 2001, con el objeto de minimizar los riesgos de afectación de la infraestructura existente y las comunidades cercanas al proyecto, se optó por la construcción del proyecto mediante un sistema de construcción mixta, es decir, un tramo con sistemas de perforación subterránea sin zanja (tunelería) y otro tramo, en el cual es menor el impacto, una construcción tradicional a zanja abierta).

4. Esquema de ejecución

4.1 Interceptor

El objeto de la contratación es el diseño, la construcción y puesta en funcionamiento del Interceptor Norte del río Medellín, entre el sector de Moravia - Caribe en Medellín y el sitio de la futura planta de tratamiento de aguas residuales Bello, y de los cruces de los colectores afluentes por debajo de la línea del Metro y de la línea de Ferrovías y obras accesorias, para conducir las aguas residuales de los municipios de Medellín y Bello.

Se propone una contratación con la modalidad de contrato llave en mano, por precio global y con un régimen de obligación de resultados. Bajo esta modalidad el Contratista es responsable de la elaboración de los diseños detallados, la construcción de las obras, el aseguramiento de calidad y la puesta en funcionamiento del proyecto, bajo la interventoría o supervisión de la empresa contratante.

La selección de la modalidad del contrato "llave en mano", se fundamentó, entre otros, en los siguientes aspectos:

- De acuerdo con los diferentes estudios de alternativas realizados para la definición conceptual y planteamiento técnico de la infraestructura de recolección y transporte de aguas residuales que se requiere ejecutar en el sector norte de la ciudad, la alternativa seleccionada para la construcción del Interceptor Norte recomienda la ejecución de un alto porcentaje del proyecto con sistemas de perforación subterránea sin zanja (Trenchless Underground Boring System). Considerando que estas tecnologías son nuevas en el país y que las EPM no cuentan con el conocimiento, la experiencia y capacidad técnica en el diseño y construcción e interventoría de proyectos complejos que utilicen tecnologías trenchless, la contratación bajo la modalidad llave en mano es la opción mas recomendable.
- Los principales proyectos en el país que han utilizado la tecnología subterránea sin zanja, realizados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, se han ejecutado bajo la modalidad de diseño y construcción a precio global fijo y los resultados han sido exitosos.
- De acuerdo con el concepto emitido por los asesores contratados para el proyecto, los doctores David Abbot y Sergio Laurens, la complejidad del mismo por la alta intervención del entorno, la infraestructura existente, el manejo del río Medellín, las compones geotécnica y geológica y las dificultades de acceso a los frentes de trabajo, implican un serie de riesgos en su ejecución que hacen recomendable que los trabajos sean liderados, coordinados y ejecutados por un empresa con alta experiencia en este tipo de proyectos.
- Para la ejecución del Interceptor Norte, de acuerdo con el alineamiento, los estudios y prediseños realizados por las EPM, es posible utilizar diferentes alineamientos horizontales y verticales y diferentes técnicas y métodos constructivos, o una combinación de ellos. La definición del proyecto y su método constructivo tiene una alta incidencia en los costos del mismo y por lo tanto se puede obtener una ventaja económica para las EPM al permitir la libre competencia entre los diferentes proponentes.

4.2 Planta de tratamiento de aguas residuales

Para la planta de tratamiento se ha propuesto realizar un proceso de precalificación y una sola contratación para las obras civiles, los equipos y su montaje. El proceso de precalificación se ha incluido con el fin de:

- Tener seguridad sobre las empresas que pueden cumplir con el mínimo de condiciones consideradas necesarias para garantizar la ejecución de las obras dentro de las especificaciones técnicas, cronogramas y presupuestos convenidos.
- Evitar que determinadas firmas interesadas incurran en gastos considerables en la elaboración de ofertas, cuando de hecho estarían sujetas a rechazo por falta de antecedentes suficientes o satisfactorios.

- Hacer el proceso de contratación atractivo para empresas responsables y experimentadas, al darles mayores garantías de que no resultarán adjudicadas empresas sin antecedentes suficientes que hubiesen presentado precios muy bajos.
- Contar con una medida del interés demostrado por las empresas del ramo, ya que si el grado de interés resulta menor a lo esperado, se deberán establecer condiciones más atractivas para crear mayor competencia.

En cuanto a la contratación de la ejecución del proyecto se ha propuesto que sea una sola contratación y no dividir la planta en varias contrataciones con la finalidad que sea un solo contratista quien realice la planeación y coordinación de los suministros de todos los equipos y su montaje, de acuerdo con la ejecución de las obras civiles; ya en el proyecto San Fernando, en donde hubo varias contrataciones, se presentaron dificultades en la ejecución por atrasos en algunos contratos que retrasaron otros.