

**ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS CONCEPTUALES DEL CONTRATO EAB-ESP
1-02-25500-0626-2009, INCLUYENDO LA TOPOGRAFÍA DETALLE NECESARIA PARA
EL AJUSTE AL PLAN VIAL ARTERIAL VIGENTE, QUE SIRVAN DE BASE PARA
DEFINIR LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS PARA EL DESARROLLO
DE LA CIUDAD LAGOS DE TORCA**

**PRODUCTO 7. ESTUDIOS Y DISEÑOS A NIVEL DE INGENIERÍA BÁSICA
HIDRÁULICOS**

ALTERNATIVAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

CONCOL CONSULTORES S.A.S – WSP INGENIERIA COLOMBIA S.A.S.

VERSION 09

FIDEICOMISO LAGOS DE TORCA



Bogotá D.C., 22 de septiembre de 2020

ALTERNATIVAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de Modificación	Folios
00	2019-05-27	Versión inicial – para revisión de interventoría	43
01	2019-06-19	Atención de observaciones mediante comunicado H2O-FDLT-0001-IWSP-044	43
02	2019-06-25	Atención de la mesa de trabajo llevada a cabo el día 21 de junio de 2019	43
03	2019-07-02	Atención de observaciones mediante comunicado H2O-FDLT-0001-IWSP-050	44
04	2019-07-31	Atención de observaciones mediante comunicado H2O-FDLT-0001-IWSP-058	51
05	2019-09-13	Atención de observaciones mediante comunicado EAB 3010001-2019-1340 / S-2019-250002	51
06	2019-10-31	Atención de observaciones mediante comunicado EAB 3010001-2019-1548 / S-2019-285992	58
07	2020-03-02	Atención de observaciones mediante comunicado EAB 3010001-2020-0248 / S-2020-045317 y 3010001-2020-0118 / S-2020-032138	58
08	2020-06-26	Atención de observaciones mediante comunicado 3010001-S-2020-097196 de la Empresa de Acueducto de Bogotá.	86
09	2020-09-22	Atención de observaciones mediante comunicado 3010001-S-2020-213614 de la Empresa de Acueducto de Bogotá.	86

FIDEICOMISO LAGOS DE TORCA

Validado por	Revisado por	Aprobado por
John Jairo Rubio C. Especialista Consultoría		
Fabián Cerón Especialista Consultoría	Rodrigo Antonio Ballen Coordinador de proyecto Consultoría	Danilo Arturo Rodriguez C. Director de proyecto Consultoría

Revisión y aprobación Interventoría	
Versión	
Fecha	
Firma	William Nivaldo Uscategui Ciendúa Director de la Interventoría

TABLA DE CONTENIDO

		Pág.
1	ANTECEDENTES.....	8
2	INTRODUCCION.....	9
3	OBJETIVOS.....	14
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	14
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4	METODOLOGÍA.....	15
4.1	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	15
4.1.1	Trazabilidad Concepto CAR (Reserva Thomas Van Der Hammen).....	18
4.2	INFORMACIÓN PRIMARIA.....	21
4.3	PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	22
4.3.1	Delimitación de áreas aferentes.....	22
4.3.2	Determinación de caudales de diseño.....	22
4.3.3	Criterios de diseño.....	26
4.3.4	Localización de la red.....	27
5	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	28
5.1	PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 1.....	28
5.2	PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 2.....	30
5.3	PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 3.....	32
5.4	ESTACIÓN DE BOMBEO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO.....	35
5.5	COSTOS Y PRESUPUESTO APROXIMADO POR ALTERNATIVA.....	43
6	ANALISIS DE TIPOS DE TUBERIAS PARA ALCANTARILLADO.....	45
6.1	MATERIALES ACEPTADOS POR LA EAB-ESP.....	45
6.2	REQUISITOS PARA LAS TUBERÍAS.....	45
6.2.1	Tubería de Concreto sin Refuerzo.....	45
6.2.2	Tubería de Concreto Reforzado.....	46
6.2.3	Tubería de Concreto Extrareforzado.....	46
6.2.4	Tubería de Concreto Reforzado Revestida con Lámina de Polietileno.....	46
6.2.5	Tubería de PVC.....	47
6.2.6	Tubería de Gres.....	48
6.2.7	Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (GRP).....	48
6.2.8	Tubería metálica corrugada con revestimiento interno en concreto para alcantarillado pluvial.....	49
6.2.9	Tubería de polietileno de alta densidad con pared estructural corrugada.....	49
6.2.10	Tubería de polietileno de alta densidad de doble pared, exterior corrugado e interior liso.....	49
6.3	PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL MATERIAL DE TUBERÍA.....	50
6.4	SELECCIÓN DE MATERIAL DE TUBERÍA PARA REDES DE TUBERÍAS A FLUJO LIBRE.....	50
6.5	MODELACIÓN DE CAUDALES CON FLUJO GRADUALMENTE VARIADO.....	51
6.6	CRUCE DE TUBERÍAS POR QUEBRADAS Y CANALES.....	55
7	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	57
7.1	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	57
7.2	MATRIZ MULTICRITERIO.....	58
7.2.1	Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM).....	58
7.2.2	Métodos Basados en la Teoría del Valor.....	58
7.2.3	Métodos de Selección de Criterios y Asignación de Porcentajes.....	59

7.2.4	Selección de Componentes	60
7.2.5	Selección de Criterios de Evaluación	63
8	ALTERNATIVA SUGERIDA UNIFICADA	74
8.1	SISTEMA DE COLECTORES COSTADO ORIENTAL	74
8.2	SISTEMA DE COLECTORES COSTADO OCCIDENTAL	75
9	DESARROLLO UNIDADES FUNCIONALES Y/O ETAPAS DE DESARROLLO	76
9.1	DESARROLLO UNIDAD FUNCIONAL 2 O ETAPA DE DESARROLLO INMEDIATA	76
9.2	DESARROLLO UNIDAD FUNCIONAL 3 O ETAPA DE DESARROLLO INMEDIATA	77
9.3	DESARROLLO DE ETAPAS A MEDIANO PLAZO	78
10	CONCLUSIONES	81

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Localización Proyecto Lagos de Torca.....	17
Figura 2 Localización de Redes Sanitarias	17
Figura 3 Planteamiento de Redes Sanitarias en Alternativa 1	29
Figura 4 Planteamiento de Redes Sanitarias en Alternativa 2.....	31
Figura 5 Planteamiento de Redes Sanitarias en Alternativa 3.....	34
Figura 6 Localización EBAR - Proyecto Lagos de Torca	36
Figura 7 Localización EBAR en Plan Parcial No. 26 - Proyecto Lagos de Torca	37
Figura 8 Localización EBAR dentro del Plan Parcial No. 26.....	37
Figura 9 Esquema de un sistema de bombas tipo Tornillo e Arquímedes	38
Figura 10 Esquema propuesto para estación de bombeo de aguas residuales.....	42
Figura 11. Cobertura Componente Ambiental Vs Alternativa 1 Alcantarillado Sanitario.	65
Figura 12. Alternativa Sugerida – Alcantarillado Sanitario	74
Figura 13 Desarrollo Planes Parciales Lagos de Torca.....	76
Figura 14 Desarrollo Unidad Funcional 2 o Etapas de desarrollo inmediata.....	77
Figura 15 Desarrollo Unidad Funcional 3 o Etapas de desarrollo inmediato.....	78
Figura 16 Desarrollo de etapas a mediano plazo Plan Parcial No. 20 “El Coral”.	79
Figura 17 Desarrollo de etapas a mediano plazo Plan Parcial No. 29 “Múdela del Rio”.	80

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Número de Viviendas Planes Parciales - SDP	23
Tabla 2 Cuadro resumen de longitud de tuberías y diámetros para Alternativa 1.....	30
Tabla 3 Cuadro resumen de longitud de tuberías y diámetros para Alternativa 2.....	32
Tabla 4 Cuadro resumen de longitud de tuberías y diámetros para Alternativa 3.....	35
Tabla 5 Costos por Desarrollo de Unidades Funcionales.....	44
Tabla 6 Clasificación de los métodos multicriterio.	58
Tabla 7 Métodos de Selección de Criterios y Asignación de Porcentajes.....	59
Tabla 8 Definición Escala Definida de Importancia Relativa.....	67
Tabla 9 Evaluación Matriz Multicriterio.....	68



LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1 Memorias de cálculo hidráulico y Modelos Hidráulicos
- Anexo 2 Comunicación con definición de población por planes parciales
- Anexo 3 Presupuesto aproximado
- Anexo 4 Cobertura LDT
- Anexo 5 Planos

1 ANTECEDENTES

El Decreto No. 088 del 3 de marzo de 2017 “por medio del cual se establecen las normas para el ámbito de aplicación del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte “Ciudad Lagos de Torca” y se dictan otras disposiciones”, es el instrumento de planeación a través del cual se definen y se precisan las condiciones de ordenamiento, las infraestructuras, el sistema general de espacio público y equipamientos colectivos, los criterios para armonizar usos y tratamientos urbanísticos asignados en el área, los criterios para la precisión o ajuste de la normativa urbanística, así como la delimitación y criterios para la gestión de planes parciales en el marco de la estrategia de ordenamiento territorial, del área de la Ciudad Lagos de Torca.

El 25 de enero de 2018, la sociedad Fiduciaria Bogotá S.A., suscribió Contrato de Fiducia Mercantil Irrevocable con Antonio Sefair Saab, Eagle S.A.S., Constructora Fernando Mazuera S.A., Mazuera Villegas y CIA S.A., Malibú S.A. en reorganización, El Olivo S.A., El Roble Universal S.A., Promotora de Proyectos Andalucía S.A., Constructora Hayuelos Colombia S.A.S, Multiparque Creativo S.A.S., Tierradentro INC, Constructora Colpatría S.A., Urbanizadora Santa Fe de Bogotá Urbansa S.A., Jardines de Paz S.A., Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario Bogotá, Easton S.A.S., Inversiones Barantes S.A.S., Inversiones Baroja S.A.S., Gloria Maria Pardo Barrera, Maria Fernando Roa Rozo, Carlos Ernesto Roa Rozo, Arraya S.A.S., Erglo S.A.S., Blanco S.A.S., Global FRB S.A.S., South River Partners LLC, Bohemia Investment S.A. Sucursal Colombia, Ludwig Frederick Haderer Villamizar y la sociedad Fiduciaria Bogotá S.A. en su calidad de vocera de los Fideicomisos El Otoño Fidubogota, Construnova Fidubogotá, Hayuelos Colombia 3 Fidubogotá, Hayuelos Colombia 4 Fidubogotá, El Otoño 2 Fidubogotá, cuyo objeto es la constitución de un vehículo fiduciario denominado “Fideicomiso Lagos de Torca”, a través del cual los Fideicomitentes, en coordinación con los Beneficiarios Futuros, planifiquen, desarrollen, ejecuten y entreguen unas, algunas o todas las obras correspondientes a las Cargas Generales de Ciudad Lagos de Torca, de acuerdo con la priorización establecida para el efecto en el Artículo 169 del Decreto, para garantizar el reparto equitativo de las cargas y los beneficios derivados de las decisiones que se adoptan en el marco del POZ norte, así como la asignación de los beneficios adicionales sujetos al pago o a la asunción voluntaria de cargas urbanísticas y todas aquellas finalidades directamente relacionadas con la principal.

En desarrollo del anterior contrato y lo establecido en el numeral 7º del artículo 203 del Decreto, para efectos de la contratación y ejecución de las obras de carga general a las que se refiere el artículo 168 del Decreto, será el Comité Fiduciario el encargado de definir las condiciones que deban cumplirse para el efecto, respetando en todo caso, el orden de operación definido en el artículo 169 “Implementación de las obras de carga general” y observando los principios de selección objetiva, distribución de riesgos y desarrollando contrataciones a costo fijo global.

En razón a lo anterior, el Fideicomiso Lagos de Torca contrató a WSP Colombia para llevar a cabo la consultoría para realizar los diseños técnicos que sirvan para la construcción de las obras de carga general del proyecto Lagos de Torca acogido mediante el Decreto 088 de 2017, y su modificación contenida en el Decreto 049 de 2018, que tienen por objeto establecer las normas para el ámbito de aplicación del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte - POZ Norte.

2 INTRODUCCION

El estudio que a continuación se presenta es el resultado de la actualización de varios estudios que durante los últimos 20 años ha adelantado la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en la zona norte de la ciudad, especialmente, para definir las condiciones de servicio de Acueducto y Alcantarillado del actual proyecto de Ciudad Lagos de Torca.

La condición fundamental del presente estudio, parte de la premisa de la elaboración de los levantamientos topográficos detallados del área comprendida dentro del ámbito del plan zonal Lagos de Torca, aprobado mediante decreto 088 del 3 de marzo de 2017.

El presente estudio tiene por objeto en su Fase II, adelantar los diseños detallados de carga general para el plan zonal Lagos de Torca y dentro de la fase I debe actualizar el estudio conceptual que hizo la empresa a través del contrato 1-02-25500-0626-2009 en donde se definieron unos diseños de redes y vías proyectadas a nivel de Ingeniería Conceptual, los cuales fueron base para la elaboración de los términos de referencia para la contratación del presente estudio.

El proyecto se desarrolla a través del Fideicomiso Lagos de Torca, quien a través de la Fiduciaria Bogotá ha contratado a las firmas HMV INGENIEROS LTDA, y WSP para el desarrollo de los estudios y diseños técnicos para el proyecto Ciudad Lagos de Torca el cual comprende el desarrollo de los productos requeridos para actualizar los estudios que fueron elaborados previamente por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. De esta forma se tienen los siguientes contratos:

Contrato No. FB-D-0001/2018 firmado el 03 de diciembre de 2018 entre HMV INGENIEROS LTDA y FIDUCIARIA BOGOTÁ S.A como vocera y administradora del FIDEICOMISO LAGOS DE TORCA, con el objeto de realizar los estudios y diseños técnicos del costado oriental de la Autopista Norte para el proyecto Ciudad Lagos de Torca, el cual se desarrolla en las siguientes Fases:

FASE I: comprende la actualización de los estudios conceptuales del Contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009, incluyendo la topografía de detalle necesaria para el ajuste al plan vial arterial vigente, que sirvan de base para definir las alternativas técnicas y económicas para el desarrollo de la Ciudad Lagos de Torca. Se debe considerar la topografía de detalle del desarrollo vial de carga general correspondiente al alcance del presente contrato.

En esta fase se entregarán los siguientes productos:

- a) Actualización de los estudios conceptuales Contrato EAB – ESP 1-02-25500-0626-2009: Estudios generales.
 1. Antecedentes: Recopilación y análisis de información del proyecto. Corresponde al Producto 1 de los estudios para el costado Oriental de la Autopista.
 2. Topografía detallada y levantamiento de redes existentes – Vías y Espacio Público. Corresponde al Producto 2 de los estudios para el costado Oriental de la Autopista.
 3. Estudios Geológicos y Geomorfológicos con información secundaria. Corresponde al Producto 3 de los estudios para el costado Oriental de la Autopista.

4. Estudio de tipologías SUDS (específica para la alternativa conceptual que se decida). Corresponde al Producto 6 de los estudios para el costado Oriental de la Autopista.
- b) Actualización de los estudios a nivel de ingeniería básica y desarrollo de la alternativa definida a nivel de ingeniería conceptual contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009: Tres alternativas técnicas valoradas que deberán contener:
1. Estudios y diseños a nivel de ingeniería básica hidráulicos (con su correspondiente memoria de cálculo e implantados en los planos de predios disponibles que, para el momento, tendrá el Fideicomiso Lagos de Torca. Corresponde al Producto 7 de los estudios para el costado Oriental de la Autopista.
 2. Estudios y diseños a nivel de ingeniería básica geotécnicos (con su correspondiente memoria de cálculo). Corresponde al Producto 8 de los estudios para el costado Oriental de la Autopista.
 3. Estudios y diseños a nivel de ingeniería básica estructurales (con su correspondiente memoria de cálculo). Corresponde al Producto 9 de los estudios para el costado Oriental de la Autopista.
 4. Especificaciones técnicas particulares para la contratación de las actividades de la Fase 2 y la construcción de los diseños. Corresponde al Producto 10 de los estudios.
 5. Descripción del proceso constructivo sugerido con su respectivo cronograma de ejecución. Corresponde al Producto 11 de los estudios del costado Oriental de la Autopista.
 6. Presupuesto a nivel de actividades (actividad, unidad, cantidad, valor unitario, valor total) con sus respectivos Análisis de Precios Unitarios – Plan de Operación y mantenimiento. Corresponde al Producto 12 de los estudios del costado Oriental de la Autopista.
 7. Comparativo técnico y económico de las tres alternativas con una recomendación justificada para cada uno de los sistemas. Corresponde al Producto 13 de los estudios del costado Oriental de la Autopista.
- c) Actualización de los estudios conceptuales contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009: Desarrollo a nivel de ingeniería conceptual de la alternativa definitiva, que contendrá:
1. Desarrollo a nivel de ingeniería conceptual de la alternativa definida con sus correspondientes detalles incluyendo todos los aspectos técnicos: hidráulico, geotécnico, estructural, especificaciones técnicas detalladas, soportes, memoria de cálculo, presupuesto, cronograma y plan de operación y mantenimiento.
 2. Trámites de aprobación y definición de todos los permisos que deberán tramitarse en la FASE II del diseño definitivo.
 3. En la actualización del diseño conceptual se tendrá especial detalle con el levantamiento de redes existentes identificando las interferencias de redes que deberán ser gestionadas en el alcance de la FASE II, con las entidades de servicios correspondientes.
Este componente forma parte del Producto 14 de los estudios del costado Oriental de la Autopista.

FASE II: comprende realizar los diseños de detalle de los siguientes tramos de vías (Unidades Funcionales):

- Avenida Polo entre la Autopista Norte y la Avenida Santa Bárbara;
- Avenida Polo entre la Avenida Santa Bárbara y la Avenida Laureano Gómez;
- Avenida Polo entre la Avenida Laureano Gómez y la Carrera Séptima;
- Avenida Santa Bárbara entre la Avenida Polo y la Avenida Jardín;
- Avenida Santa Bárbara entre la Avenida Jardín y la Avenida Laureano Gómez;
- Avenida Laureano Gómez entre la Avenida Polo y la 193;
- Avenida Laureano Gómez entre la Avenida Santa Bárbara y la Avenida Guaymaral.

Contrato No. FB-D-0002/2018 firmado el 28 de diciembre de 2018 entre WSP y FIDUCIARIA BOGOTÁ S.A como vocera y administradora del FIDEICOMISO LAGOS DE TORCA, con el objeto de realizar los estudios y diseños técnicos del costado occidental de la Autopista Norte para el proyecto Ciudad Lagos de Torca, el cual se desarrolla en las siguientes Fases:

FASE I: comprende la actualización de los estudios conceptuales del Contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009, incluyendo la topografía de detalle necesaria para el ajuste al plan vial arterial vigente, que sirvan de base para definir las alternativas técnicas y económicas para el desarrollo de la Ciudad Lagos de Torca. Se debe considerar la Topografía de detalle del desarrollo vial de carga general correspondiente al alcance del presente contrato.

En esta fase se entregarán los siguientes productos:

- a) Actualización de los estudios conceptuales Contrato EAB – ESP 1-02-25500-0626-2009: Estudios generales.
 1. Antecedentes: Recopilación y análisis de información del proyecto. Corresponde al Producto 1 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.
 2. Topografía detallada y levantamiento de redes existentes – Vías y Espacio Público. Corresponde al Producto 2 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.
 3. Estudios Geológicos y Geomorfológicos con información secundaria. Corresponde al Producto 3 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.
 4. Actualización del Estudio Hidrológico del Humedal Torca Guaymaral. Corresponde al Producto 4 de los estudios para el costado Oriental y Occidental de la Autopista.
 5. Estudio Ambiental. Corresponde al Producto 5 de los estudios para el costado Oriental y Occidental de la Autopista.
 6. Estudio de tipologías SUDS (específica para la alternativa conceptual que se decida). Corresponde al Producto 6 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.

- b) Actualización de los estudios a nivel de ingeniería básica y desarrollo de la alternativa definida a nivel de ingeniería conceptual contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009: Tres alternativas técnicas valoradas que deberán contener:
7. Estudios y diseños a nivel de ingeniería básica hidráulicos (con su correspondiente memoria de cálculo e implantados en los planos de predios disponibles que, para el momento, tendrá el Fideicomiso Lagos de Torca. Corresponde al Producto 7 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.
 8. Estudios y diseños a nivel de ingeniería básica geotécnicos (con su correspondiente memoria de cálculo). Corresponde al Producto 8 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.
 9. Estudios y diseños a nivel de ingeniería básica estructurales (con su correspondiente memoria de cálculo). Corresponde al Producto 9 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.
 10. Especificaciones técnicas particulares para la contratación de las actividades de la Fase 2 y la construcción de los diseños. Corresponde al Producto 10 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.
 11. Descripción del proceso constructivo sugerido con su respectivo cronograma de ejecución. Corresponde al Producto 11 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.
 12. Presupuesto a nivel de actividades (actividad, unidad, cantidad, valor unitario, valor total) con sus respectivos Análisis de Precios Unitarios – Plan de Operación y mantenimiento. Corresponde al Producto 12 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.
 13. Comparativo técnico y económico de las tres alternativas con una recomendación justificada para cada uno de los sistemas. Corresponde al Producto 13 de los estudios para el costado Occidental de la Autopista.
- c) Actualización de los estudios conceptuales contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009: Desarrollo a nivel de ingeniería conceptual de la alternativa definitiva, que contendrá:
1. Desarrollo a nivel de ingeniería conceptual de la alternativa definida con sus correspondientes detalles incluyendo todos los aspectos técnicos: hidráulico, geotécnico, estructural, especificaciones técnicas detalladas, soportes, memoria de cálculo, presupuesto, cronograma y plan de operación y mantenimiento.
 2. Trámites de aprobación y definición de todos los permisos que deberán tramitarse en la FASE II del diseño definitivo.
 3. En la actualización del diseño conceptual se tendrá especial detalle con el levantamiento de redes existentes identificando las interferencias de redes que deberán ser gestionadas en el alcance de la FASE II, con las entidades de servicios correspondientes.

Este componente forma parte del Producto 14 de los estudios del costado Occidental de la Autopista.

Se contempla dentro de la fase 1 realizar el diseño, planos y detalles de la estación de bombeo de aguas residuales para el sector de El Bosque, San Simón y Mudela del Río.

FASE II: comprende realizar los diseños de detalle de los siguientes tramos de vías (Unidades Funcionales):

- Avenida Polo entre la Avenida Boyacá y la Autopista Norte;
- Avenida Las Villas de la Avenida Polo a la Avenida Tibabita;
- Avenida Las Villas de la Avenida Tibabita a la Avenida San Antonio;
- Avenida Tibabita de la Avenida Boyacá a la Avenida Las Villas;
- Avenida Tibabita de la Autopista Norte a la Avenida Las Villas;

Como se concluye de la lectura anterior los dos consultores desarrollaron sus contratos a partir de los compromisos y obligaciones adquiridas en la **FASE I** correspondiente a la actualización de los estudios conceptuales del Contrato EAB-ESP 1-02-25500-0626-2009, cada uno con un objeto particular, HMV sobre el costado oriental de la Autopista Norte y WSP sobre el costado occidental, pero con un acento particular y le correspondió dentro del producto 4 de la FASE I la Actualización del Estudio Hidrológico del Humedal Torca Guaymaral, para el costado Oriental y Occidental de la Autopista, al igual que la Plan de Manejo Ambiental de dichos humedales y la restauración de las quebradas, incluyendo el área completa del Proyecto.

Las alternativas del drenaje sanitario del plan zonal Lagos de Torca se llevaron a cabo teniendo en cuenta la topografía del terreno en el sentido oriente occidente, razón por la cual el consultor HMV planteo las alternativas de la parte oriental drenando en el sentido indicado por la topografía; sin embargo es necesario aprovechar la infraestructura que actualmente tiene la Empresa de Acueducto en la zona y que desde el diseño de estos sistemas planteo las áreas de drenaje del borde norte de la ciudad, entregando a esta infraestructura, como son los interceptores izquierdo y derecho del canal Torca, los cuales al llegar a la calle 200, se unifican y entregan sus aguas al pozo inicial del Interceptor Rio Bogotá. Esta situación obliga a que el diseño de los sistemas sanitarios en el sentido norte sur entregue en contra de la topografía general del plan zonal.

De acuerdo con el párrafo anterior, WSP de igual manera planteo las alternativas del sector occidental del pan zonal drenando hacia el Interceptor Rio Bogotá, sin embargo, para este sector del plan zonal es necesario contar con una estación elevadora que haga posible que los planes parciales ubicados más hacia el norte del plan zonal puedan entregar sus aguas sin inconvenientes.

Teniendo en cuenta que se requiere de una estación elevadora en el sector occidental del plan zonal, es conveniente evaluar que un sector del costado oriental puede drenar sus aguas a la estación elevadora y desde allí enviar al Interceptor del Rio Bogotá sus aguas. Este planteamiento se hace dentro del análisis de alternativas, que es necesario adelantar para evaluar el ingreso de los diferentes planes parciales y su desarrollo en concordancia con las unidades funcionales del plan zonal.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

El producto tiene como propósito el estudio de alternativas de drenaje sanitario a nivel conceptual en la zona del proyecto, teniendo en cuenta en cada propuesta la viabilidad desde el punto de vista técnico, topográfico y urbanístico, así como la normatividad vigente.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Validar y actualizar el estudio de factibilidad técnica, ambiental, económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de acueducto y alcantarillado sanitario y sistema de drenaje pluvial del borde norte de la ciudad de Bogotá.
- Evaluar las alternativas para el drenaje de aguas residuales en la zona del proyecto, con base, en la información topográfica, urbanística y poblacional proyectada en la zona, teniendo en cuenta el punto de descarga señalado como el interceptor Rio Bogotá IRB.
- Estimar los caudales de aporte de la red troncal proyectada para alcantarillado sanitario, basado en la normatividad vigente de la EAAB ESP, justificando ante esta todos los escenarios de descarga.
- Contemplar la totalidad de las áreas aportantes a la red proyectada, así como aquellas zonas urbanizadas que se conectaran a las redes proyectadas.

4 METODOLOGÍA

Partiendo de la información urbanística y poblacional de los planes parciales del proyecto Lagos de Torca, se realiza el cálculo de caudales de aporte para cada uno de ellos, basados en la normatividad vigente; una vez identificadas las redes existentes en la zona y teniendo en cuenta los documentos de disponibilidad de servicio y el planteamiento de redes realizado en el los productos entregados a nivel de factibilidad, se realiza la propuesta de alternativas para el drenaje de la zona, que incluye la implantación de colectores troncales a través de las vías principales y un predimensionamiento de los mismos, en términos hidráulicos.

Lo anterior se lleva a cabo a partir de etapas o fases que suceden a modo de flujo grama como se describe a continuación.

- Recopilación y análisis de información secundaria.
 - Información poblacional y espacial de planes parciales.
 - Estudios previos.
 - Información cartográfica base y temática.
- Usos de suelo.
- Recopilación de información primaria en campo.
 - Inventario de redes sanitarias.
- Procesamiento de información secundaria y primaria, y planteamiento de alternativas.
 - Delimitación de áreas aferentes y de aporte.
 - Estimación de caudales a partir de información de población de cada plan parcial.
 - Determinación de caudales de diseño.
 - Criterios de diseño.
 - Planteamiento de colectores troncales de redes sanitarias.
 - Dimensionamiento de colectores principales y análisis de cotas de entrega.
- Elaboración de informe final y presentación de resultados.

A continuación, se presenta en mayor detalle la metodología general empleada.

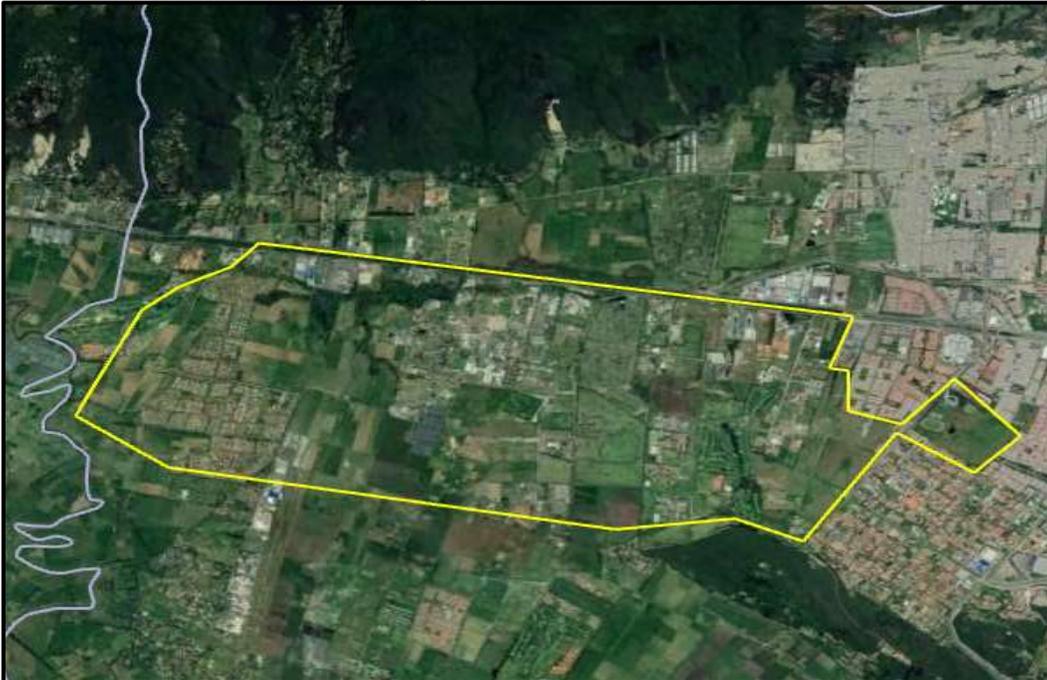
4.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

La recopilación de información secundaria inicia a partir de la consulta de estudios previos y lectura de informes de factibilidad de alcantarillado sanitario:

- “Evaluación y selección de alternativas para sistemas de acueducto” de la “Factibilidad técnica, ambiental, económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de acueducto y alcantarillado sanitario y sistema de drenaje pluvial del Borde Norte de la ciudad de Bogotá, para el Desarrollo de la Infraestructura de Acueducto y Alcantarillado Sanitario y Sistema de Drenaje Pluvial del Borde Norte de la Ciudad de Bogotá” elaborado por el Consorcio Borde Norte, 2011.

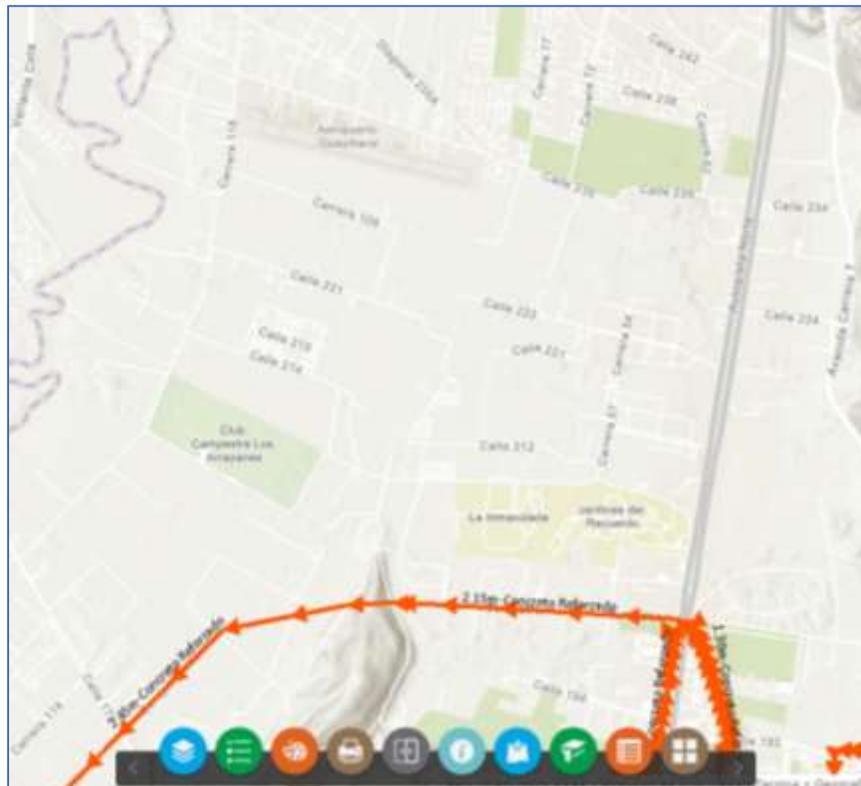
- Documentos de factibilidad de servicios expedidos por la EAAB.
 - S-2017-077935 / 30100-2017-0413 FACTIBILIDAD PP No. 02 LAGOS DE TORCA
 - S-2017-092324 / 30500-2017-0604 FACTIBILIDAD PP No. 7 LAGOS DE TORCA
 - S-2017-092358 / 30500-2017-0605 FACTIBILIDAD PP No. 26 LAGOS DE TORCA
 - S-2017-153862 / 30500-2017-0998 FACTIBILIDAD PP No. 29 LAGOS DE TORCA
 - S-2017-153897 / 30500-2017-0999 FACTIBILIDAD PP No. 20 LAGOS DE TORCA
- Estimación de unidades habitacionales de planes parciales remitida por el Fideicomiso Lagos de Torca mediante correo electrónico emitido el 4 de octubre de 2019. (Ver Anexo 1 “Memorias de Calculo”, 1.1 “Información Población y Demanda”)
- “Consultoría para la elaboración de los estudios y diseños definitivos para la construcción de redes locales de acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial en el barrio san José de Bavaria, incluye adecuación hidráulica de los canales y vallados perimetrales e interiores; en cumplimiento de la acción popular ap 2003-01462-01, e identificación y diseño de las conexiones erradas de las áreas aferentes al canal callejas en el área de cobertura de la zona 1 de la EAB-ESP”. Contrato de Consultoría No. 1-02-31100-0831-2017 con el Consorcio San José 2017. Los diseños detallados de este contrato se encuentran aprobados por la EAAB y corresponden al numero de proyecto 32462 de mayo de 2018.
- Oficio CAR 20192189172 del 31 de diciembre de 2019 en la cual se realiza el alcance a la solicitud de concepto previo para la ejecución de obras de extensión de infraestructuras. Esta información se puede encontrar en el anexo 1 “Memorias de Calculo”, 1.7 “Oficio CAR RTVDH” del presente informe.
- La Secretaria Distrital de Planeación (SDA) remitió mediante número de radicación 2-2019-70593 del día 17 de octubre de 2019, un oficio con el número de viviendas definitivas estimadas para cada Plan Parcial que hacen parte del proyecto Lagos de Torca. Esta información será la única para ser consultada por planes parciales para la definición del número de viviendas y servirá como base para el diseño de la alternativa seleccionada que se presentará en el producto 14.
- Información de redes existentes en la zona a través de la plataforma SIGUE obtenida del Servicio Web geográfico Alcantarillado Sanitario de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá (EAAB).

Figura 1 Localización Proyecto Lagos de Torca



Fuente: Elaboración propia. Tomada de Google Earth

Figura 2 Localización de Redes Sanitarias



Fuente: <https://eab-sigue.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?>

Las redes sanitarias del proyecto Lagos de Torca serán llevadas a través del interceptor Río Bogotá IRB, el cual fue construido para recibir el aporte de las áreas de desarrollo, además de recibir también los colectores Torca Izquierdo y Torca Derecho que recogen caudales aportantes de la zona nororiental de la ciudad, a partir de allí serán llevados por el IRB hasta la planta de tratamiento El Salitre, de acuerdo a lo establecido en el Anexo 1. documento técnico de soporte del decreto 088 de 2017, en su capítulo 8.1.2, “la capacidad actual de diseño de la PTAR Salitre es de 5m³/s que corresponde al caudal medio diario con una capacidad máxima de 9.9 m³/s. Teniendo en cuenta la información reportada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca –CAR-, entidad responsable del proyecto de ampliación de la PTAR Salitre, la capacidad de la planta en su segunda Fase será de 7,1 m³/s a través de un tratamiento secundario y sistema de lodos activados convencional”.

4.1.1 Trazabilidad Concepto CAR (Reserva Thomas Van Der Hammen)

Algunas de las alternativas técnicas definidas en el marco de la ejecución de los contratos suscritos por el Fideicomiso con las firmas CONCOL CONSULTORES S.A.S. - WSP INGENIERIA COLOMBIA S.A.S.¹, y HMV INGENIEROS LTDA², implican la conducción de redes de acueducto y alcantarillado sobre algunos tramos de la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. “Thomas Van der Hammen”.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 169 del Decreto Distrital 088 de 2017, las obras de carga general de la Avenida Boyacá, corresponde a la “*Construcción de la Avenida Boyacá*”. *Vía sobre la cual está prevista la expansión de redes de servicios públicos para el POZ NORTE.*

Según lo señala el citado artículo, las obras se realizarán de manera gradual, teniendo en cuenta la habilitación general del suelo sometido al tratamiento de desarrollo dentro del ámbito del mismo.

De igual manera, la norma citada precisa que las obras que hacen parte de los trazados de la Avenida Boyacá se encuentran fuera del ámbito de Ciudad Lagos de Torca, pero son necesarios para la continuidad de dicha vía, por lo que se realizará con aportes de carga general de Ciudad Lagos de Torca.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario indicar que la construcción de las vías dentro del área de influencia de la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. “Thomas Van der Hammen”, en este caso de la Avenida Boyacá, son obras que se encuentran restringidas bajo el Plan de Manejo Actual (Acuerdo No. 021 de 2014) y que para su desarrollo se requiere la obtención de la respectiva sustracción conforme a los requisitos y procedimientos establecidos en la Resolución No. 1526 de 2012 proferida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Así lo establece el artículo 21 del actual Plan de Manejo Actual, el cual señala lo siguiente:

¹ Contrato de consultoría No. FB-D-0002 / 2018

² Contrato de consultoría No. FB-D-0001 / 2018

“Artículo 21. Construcción de nuevas vías. Según el régimen de usos establecido para cada una de las zonas en los artículos anteriores, la construcción de nuevas vías vehiculares dentro de la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá, D. C. “Thomas Van dar Hammen”, **se encuentra prohibida**. Bajo esta perspectiva, y en concordancia con el precepto anterior, **la construcción de nueva infraestructura de este tipo se sujetará a la previa sustracción del área respectiva por parte del Consejo Directivo de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)**; y a la autorización de la ejecución de las obras, previa imposición de las medidas de compensación respectivas, por parte de la administración de la CAR. La autorización emanada de la CAR busca garantizar la mitigación de los impactos sobre la reserva forestal, para lo cual, en la formulación y construcción de tales vías, se deberán definir, además de los sistemas tradicionales, alternativas que eviten el fraccionamiento de los ecosistemas” (Subrayado y resaltado fuera de texto)

De acuerdo con la Resolución No. 1526, el trámite de sustracción de una reserva podría tardarse aproximadamente ciento veinte días (120) hábiles, es decir, un estimado de seis (6) meses. En todo caso, en la práctica, este tipo de trámites tarda mucho más del tiempo establecido.

En ese sentido, a la fecha, existe un trámite de sustracción vigente ante la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR, que se habría iniciado con base en la solicitud de Recategorización, Realinderación y Sustracción de la Reserva presentada por el Distrito Capital el dos (2) de abril de 2018 mediante el radicado No. 20181113481, cuyo avance describimos a continuación:

- El tres (3) de septiembre de 2018 el Distrito Capital completa los documentos requeridos por la CAR.
- El dieciocho (18) de septiembre de 2018, la CAR profiere el Auto No. 20, por medio de cual da inicio únicamente al trámite de sustracción.

Según el auto mencionado, la CAR da inicio únicamente al trámite de sustracción y no al de realineación y rede limitación en la medida en que de acuerdo con los términos de referencia adoptados por la Resolución No. 264 del 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los estudios que sustentan los procesos de recategorización, integración y realineación de las reservas forestales deben ser elaborados directamente por las Corporaciones en el marco de sus funciones, y no por un particular.

Por lo anterior, no consideró procedente adelantar dicha solicitud; sino que manifestó, sería necesario iniciar de oficio evaluar la procedencia de la realineación y recategorización.

- El diez (10) de octubre de 2018, a través de auto proferido por el Tribunal Administrativo de Cundinamarca - Sección Cuarta, en el marco de la verificación del cumplimiento de las órdenes impartidas por el Consejo de Estado³ sobre conectividad de cerros orientales – Lagos de Torca, Reserva Thomas Van Der Hammen – Humedal La Conejera y El Conejito – Quebrada Salitrosa – Cerro del Maguey – Páramo de Guerreo,

³ Sentencia proferida el veintiocho (28) de marzo de 2014, dentro del expediente identificado con el radicado AP-25000-23-27-000-2001-00479-01

entró a revisar la propuesta del Distrito Capital y ordenó a la CAR que acogiera la misma mediante un Acuerdo el cual debería ser proyectado por su Consejo Directivo, en un término específico de ciento veinte (120) días hábiles.

- El veintidós (22) de octubre de 2018, el Tribunal Administrativo de Cundinamarca - Sección Cuarta, dejó sin efectos la orden proferida el diez (10) de octubre, teniendo en cuenta que la Magistrada Ponente da validez a los argumentos del apoderado de la CAR, según el cual, toda sustracción de reserva forestal debe cumplir con los requisitos y procedimiento establecidos en la Resolución No. 1526 del 2012, por lo que se debían primero agotar todas las etapas establecidas para el trámite, y así poder decidir, y en el evento en que no fuere aprobada la Propuesta del Distrito Capital, se tendría que aplicar el Plan de Manejo Actual (Acuerdo No. 021 de 2014).
- El veintidós (22) de enero de 2019, la CAR mediante Auto No. 001, requiere al Distrito Capital información adicional.
- El primero (1°) de febrero de 2019, el Distrito Capital completa los documentos requeridos por la CAR.
- El dieciséis (16) de abril de 2019, la CAR publica aviso de convocatoria para llevar a cabo audiencia y reunión preparatoria de la misma.
- El dos (2) de mayo de 2019 fue llevada a cabo la reunión informativa donde el Distrito Capital presentó los estudios de soporte requeridos para la solicitud de sustracción.
- El dieciséis (16) de mayo de 2019 fue llevada a cabo la Audiencia Pública con la intervención de la ciudadanía.
- El veintinueve (29) de agosto de 2019, el Distrito Capital modificó la solicitud de sustracción inicialmente radicada ante la CAR, manteniendo el área requerida correspondiente a la Avenida Boyacá.
- El veintidós (22) de noviembre de 2019, la Fiduciaria Bogotá S.A. le solicita a la Corporación Autónoma Regional CAR otorgar concepto favorable para la construcción de las redes matrices de acueducto y alcantarillado por la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. – “THOMAS VAN DER HAMMEN”, necesarias para extender la prestación de dichos servicios públicos para el Plan de Ordenamiento Zonal del Norte “Ciudad Lagos de Torca”.
- El treintauno (31) de diciembre de 2019, la CAR da respuesta mediante el comunicado 20192189172, en donde indica lo siguiente: la Fiduciaria Bogotá S.A. le solicita a la Corporación Autónoma Regional CAR otorgar concepto favorable para la construcción de

las redes matrices de acueducto y alcantarillado por la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. – “THOMAS VAN DER HAMMEN”, necesarias para extender la prestación de dichos servicios públicos para el Plan de Ordenamiento Zonal del Norte “Ciudad Lagos de Torca”.

“El Artículo 8 del referido Acuerdo CAR 21 de 2014, define lo relacionado con la Zona de Preservación estableciendo como Uso Condicionado, lo siguiente:

La infraestructura de servicios públicos domiciliarios únicamente se permitirá para el desarrollo de los usos principales y compatibles previstos en el presente plan”.

“Por otra parte, el mencionado Plan de Manejo Ambiental, en su Artículo 9º precisa lo relacionado con la Zona de Restauración, señalando como Uso Condicionado lo siguiente:

La infraestructura de servicios públicos domiciliarios únicamente se permitirá para el desarrollo de los usos principales y compatibles previstos en el presente plan”.

Hasta aquí, tenemos que de conformidad con la solicitud que hace la Fiduciaria Bogotá S.A., para la construcción de las redes matrices de acueducto y alcantarillado por la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C., necesarias para extender la prestación de dichos servicios públicos para el Plan de Ordenamiento Zonal del Norte “Ciudad Lagos de Torca”, se ajusta a la zonificación y régimen de usos establecido para aquellas, previo cumplimiento de los requisitos que se exigen en la referida determinante”

“Actividades De Bajo Impacto Ecológico, Ambiental Y De Beneficio Social.

De conformidad con lo establecido en el artículo 2 de la Resolución 1527 del tres (3) de septiembre de 2012, emanada del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, modificada por la Resolución No. 1274 de 2014, las actividades que se señalan a continuación, al considerarse de bajo impacto y que además generan beneficio social, se pueden desarrollar en la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. “Thomas Van der Hammen”, sin necesidad de efectuar la sustracción del área:

“En consecuencia, desde el punto de vista jurídico, es viable la posibilidad de adelantar la extensión de infraestructura de servicios públicos dentro de la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C., “Thomas van der Hammen” sin que deba mediar la sustracción previa del área a intervenir de conformidad con el cumplimiento previo de requisitos que contempla el Plan de manejo Ambiental – Acuerdo CAR No. 21 de 2014”. El oficio de la CAR se encuentra en el anexo 1.7 “Oficio CAR RTVDH” del presente informe.

4.2 INFORMACIÓN PRIMARIA

Durante la visita de campo se realiza el recorrido de la zona, lo que permite identificar las redes sanitarias existentes en la zona, principalmente el interceptor Rio Bogotá IRB, que drena las aguas residuales de gran parte de la zona y que de acuerdo con los documentos de disponibilidad de servicios emitidos por la EAAB y la factibilidad recibirá el caudal de aporte del proyecto.

Con el objeto de obtener la conformación morfométrica de la totalidad del polígono de Lagos de Torca, se llevó a cabo un levantamiento de tipo Lidar, el cual fue complementado con información de levantamientos topográficos convencionales para identificar las áreas de aporte.

4.3 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

En primer lugar, se procesa la información morfométrica a partir de la cartografía base y la información urbanística de los planes parciales a desarrollar en la zona, así como de las reservas viales para la localización de redes. Este proceso se realiza utilizando un procesador de Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS y QGIS), que permite identificar las áreas de aporte a cada colector propuesto.

4.3.1 Delimitación de áreas aferentes.

Se realiza a partir de la información recibida de cada plan parcial y su desarrollo urbanístico, definiendo aquellas áreas netas de aporte y la proyección de viviendas para definir así la población y caudal de aporte, a través del análisis de población y demanda se estiman los caudales de acumulación para cada colector troncal propuesto. Teniendo en cuenta los aportes de uso residencial, comercial e institucional, así como de aquellas áreas desarrolladas que por condiciones topográficas y de cobertura pueden descargar a futuro a los colectores proyectados.

4.3.2 Determinación de caudales de diseño.

Teniendo en cuenta la normatividad vigente, específicamente las normas Norma NS-085. Criterios de diseño de alcantarillado. Versión 3.1. – Vigente de diciembre de 2017 y NS-031 - Estudios de población y demanda de agua en sectores específicos de la ciudad, Versión 2, vigente desde julio de 2017, se estiman los caudales de aporte de cada área, que son los resultantes de acuerdo con la población proyectada, teniendo en cuenta los aportes domésticos, institucional, comercial, de conexiones erradas y de infiltración, y afectadas por el factor de mayoración, según el procedimiento establecido en las normas citadas.

Los datos correspondientes al número de viviendas por plan parcial han sido suministrados por el Fideicomiso Lagos de Torca. Para aquellos planes parciales que ya se encuentran formulados y cuyo aporte se realiza a más de un punto o cámara, se realizó la distribución de la población de acuerdo con el área neta total, para hacer una distribución uniforme de la misma. Esta distribución puede observarse en la hoja “Calc.Apor.PoblaXP.P.” del Anexo 1 “Memoria de Cálculo Hidráulico” para cada alternativa.

Posteriormente la Secretaria Distrital de Planeación (SDA) remitió mediante número de radicación 2-2019-70593 del día 17 de octubre de 2019, un oficio con el número de viviendas definitivas estimadas para cada Plan Parcial que hacen parte del proyecto Lagos de Torca. Esta información será la única para ser consultada por planes parciales para la definición del número de viviendas y servirá como base para el diseño de la alternativa seleccionada que se presentará en el producto 14. (Ver Anexo 2 “Comunicación con definición de población”)

Tabla 1. Número de Viviendas Planes Parciales - SDP

PLANES PARCIALES	NOMBRE	VIVIENDAS ESTIMADAS POZ CLT	VIVIENDAS ESTIMADAS INCLUYENDO PROPUESTA ACTUAL PLANES PARCIALES EN FORMULACIÓN	FUENTE
1		2.645	2.645	Proporción área Rosario
2	El Carmen	14.901	14.901	EAB S-2019-194541 JULIO 8 DE 2019 / SDP 1-2019-45380
3		7.919	7.919	Segregando 30% (por desarrollar)
4		2.897	2.897	Segregando 10% (colegios presentes)
5				No se espera desarrollo
6		3.386	3.386	Formulador
7	El Otoño	7.684	7.384	Radicación formulación ajustada 1-2019-21027 Abril 3 de 2019
8		1.128	1.128	A.N.U. segregando 10% para vivienda
9		4.066	4.066	Segregando 30% (por desarrollar)
10	El Rosario	5.262	5.779	EAB S-2019-276164 SEPTIEMBRE 24 DE 2019 / SDP 1-2019-65291
11		2.571	2.571	Segregando 30% (por desarrollar)
12	Tibabita	6.285	4.364	Segregando 30% (por desarrollar)
13		624	624	5,7 ha libres destinando el 30% residencial
14	Las Flores	2.844	2.844	Factibilidad
15	Mazda Mavaia	6.230	6.230	Observaciones CAR
16		3.396	3.396	Segregando 30% (por desarrollar)
17	Lucerna	1.832	1.832	DTS- RADICADO SDP 1-2019-11725 FEBRERO 27 DE 2019
18		2.330	2.330	Segregando 30% (por desarrollar)
19		1.090	1.090	Segregando 30% (por desarrollar)
20	El Coral	10.225	10.224	DTS FORMULACIÓN - RADICADO SDP 1-2019-61625 DE SEPTIEMBRE 11 DE 2019
21				Cafam consolidado
22		2.218	2.218	Segregando 10% (colegios presentes)

PLANES PARCIALES	NOMBRE	VIVIENDAS ESTIMADAS POZ CLT	VIVIENDAS ESTIMADAS INCLUYENDO PROPUESTA ACTUAL PLANES PARCIALES EN FORMULACIÓN	FUENTE
23		1.823	1.823	Segregando 30% (por desarrollar)
24	Santa Maria	4.534	4.534	RADICACIÓN FORMULACIÓN 1-2019-64916 SEPTIEMBRE 24 DE 2019 - DTS (PÁGINA 119)
25	Sorrento	3.157	3.156	DTS-RADICACIÓN FORMULACIÓN 1-2019-60773 SEPTIEMBRE 6 DE 2019
26	El Bosque	12.527	12.514	DTS - EABS-2017-092358 MAYO 30 DE 2019 FACTIBILIDAD
27		2.953	2.953	Segregando 30% (por desarrollar)
28		4.070	4.070	Segregando 30% (por desarrollar)
29	Mudela del Río	14.007	13.595	RADICACIÓN INICIAL FORMULACIÓN 1-2017-67612 DICIEMBRE 5 DE 2017
30				Cementerio
31				Cementerio
32		2.423	2.423	Proporción área Rosario
33				Cementerio
34				Patio taller
TOTAL		135.027	132.896	

Fuente: Número de radicación 2-2019-70593, 17 de octubre 2019, SDP.

Resultado de las diferentes socializaciones con la EAAB; se definió que el número total de viviendas de los planes parciales, corresponderá a la columna “VIVIENDAS ESTIMADAS POZ CLT” del oficio del 17 de octubre de 2019 emitido por la Secretaria Distrital de Planeación (SDA), correspondiente a 135.027 unidades de vivienda para el proyecto Lagos de Torca.

Para las zonas que en la actualidad se encuentran desarrolladas tales como el Conjunto Residencial San Simón, el centro comercial Bima y los clubes Guaymaral y Tenis Club se realizó la estimación de los caudales de aporte con base en la densidad típica para una zona residencial de tipo estrato 6, con datos de afiliados y socios de los clubes y una proyección de la asistencia y visitantes en fin de semana, que es el momento de mayor demanda. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que muchas de esas zonas se encuentran en zonas bajas donde no es posible realizar la entrega por gravedad a la red proyectada, para lo cual, estas zonas deben proyectar sistemas internos de bombeo de

agua para elevar el nivel a las condiciones de entrega diseñadas. A continuación se presenta el cálculo de caudal para cada una de las zonas desarrolladas urbanísticamente:

Conjunto San Simón: Teniendo en cuenta que el conjunto corresponde a una zona estrato 6, compuesta por viviendas de uno y dos pisos con grandes zonas verdes tanto privadas de la vivienda como públicas de uso común, se realizó la valoración de densidad a partir de imágenes aéreas estimando un área aproximada de 4 Ha para 20 viviendas y asumiendo un número de 8 habitantes por vivienda, de esta manera se obtiene una densidad de 40 hab/Ha, que a pesar de ser un índice muy bajo de ocupación, se fundamenta en estimación real de viviendas de este tipo.

Para los clubes Guaymaral, Tenis Club y Colsubsidio, la estimación se basó en número de afiliados y visitantes especialmente en fin de semana y asumiendo una dotación diaria de 90 lts/pers-día, con los siguientes valores:

Tenis Club y Colsubdio = 2160 personas.

Club Guaymaral = 3000 personas.

En el caso del centro comercial BIMA, por ser un predio de comercio la estimación de caudal se realizó a partir de las áreas comerciales del mismo que cuenta con aproximadamente 20.000 m² de zonas comerciales y cuyo caudal de aporte de acuerdo con la dotación estimada en la Norma NTC 1500 – Código Colombiano de Fontanería es de 20 lts/m².

El cálculo de estos aportes por zona se presenta en la hoja “Calc.Apor.PoblaXP.P.” del Anexo 1 de memorias de cálculo y se incluyen en la columna “Otros Q.”

Club de Tennis y Club Colsubsidio			
Visitantes FDS =	2160	Vis-día	
Dotación =	90	lts/vis-día	
Coefficiente de Retorno =	0,85		
Caudal de Aporte =	1,91 Lts/s		Aporta a Cámara 137
Area neta de Aporte	12,41	Ha	
Club Guaymaral			
Visitantes FDS =	3000	Vis-día	
Dotación =	90	lts/vis-día	
Coefficiente de Retorno =	0,85		
Caudal de Aporte =	2,66 Lts/s		Aporta a Cámara 140
Area neta de Aporte	4,94	Ha	(10% área total)
C.C. BIMA			
Área Comercial =	20000	m ²	
Dotación =	20	lts/m ²	
Coefficiente de Retorno =	0,85		
Caudal de Aporte =	3,94 Lts/s		Aporta a Cámara 203
Area neta de Aporte =	12,41	Ha	

Es de aclarar que todas las áreas mencionadas y desarrolladas en la actualidad, no cuentan con el servicio de acueducto ni alcantarillado suministrado por la EAB, por lo que a pesar de no ser clientes de la empresa, sus áreas serán tenidas en cuenta para una futura conexión de sus aportes y para el dimensionamiento de las redes y la estación de bombeo de aguas residuales EBAR, ahora bien, dado que se encuentran actualmente ubicadas en zonas bajas se deberán bombear o realizar las adecuaciones internas correspondientes para su conexión a las redes proyectadas. En el caso del conjunto San Simón sus áreas de aporte se han proyectado para descargar hacia el costado occidental Cámara 152, que tiene una profundidad total de 6.46 m desde su rasante con una cota de fondo de 2546.26, teniendo en cuenta que la mayor parte del conjunto se encuentra con rasantes entre 2551 y 2548, lo cual garantiza la conexión por gravedad de los aportes de aguas residuales, sin embargo, es claro que se deben realizar la adecuación de las redes hidrosanitarias internas para su conexión a las redes proyectadas las cuales han sido dimensionadas para recibir dichos aportes.

4.3.3 Criterios de diseño.

El flujo de aguas residuales a través de una red de alcantarillado sanitario no es permanente pero el dimensionamiento hidráulico de la sección se realiza suponiendo que su flujo es uniforme. Los principales parámetros de diseños y establecidos por la norma NS-085 y en el RAS-2000, son los siguientes:

- Coeficiente de rugosidad: La norma NS-085 establece que, para conductos lisos, el coeficiente de rugosidad es de 0.010, en los que se incluyen las tuberías de PVC y GRP. Teniendo en cuenta que el proyecto se localiza en una zona topográfica plana donde será difícil el cumplimiento de los parámetros de velocidad mínima, se emplearán tuberías lisas para favorecer las condiciones de flujo en su interior.
- En general la distancia máxima entre estructuras de conexión de colectores tipo pozo de inspección, ésta dada por los equipos de limpieza y mantenimiento, y por el comportamiento hidráulico del flujo; en general para interceptores y colectores principales, donde las entradas son muy restringidas la distancia máxima entre estructuras de inspección puede incrementarse en función del mantenimiento, la cual es del orden de 300 mts, sin embargo, para redes locales y en cumplimiento de la norma NS-029 – Pozos de inspección se localizarán cada 80 a 120 m.
- De acuerdo con lo establecido en la norma NS-035 – Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado, la profundidad mínima a la clave de la tubería no inferior a 0.75 m en zonas peatonales y 1.20 m en vías vehiculares, sin embargo, vale la pena establecer que estas profundidades deberán cumplirse con ellos niveles finales de rasante establecidos en los diseños geométricos de vías y de urbanismo.
- La velocidad mínima establecida por la norma NS-085, define que es aquella que garantice que, para el caudal máximo horario, el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 1.5 N/m² para tuberías de diámetro nominal menor que 450 mm y mayor o igual a 2.0 N/m² para tuberías de diámetro nominal mayor de 450 mm.
- La velocidad máxima establecida en la norma NS-085, está definida de acuerdo al material del conducto cerrado, cuyos valores para PVC y PEAD es de 9 m/s y para tuberías en GRP es de 4 m/s.

4.3.4 Localización de la red.

Para la localización de los colectores proyectados en el estudio, se tiene en cuenta el planteamiento vial y las zonas de reserva, siguiendo en cuanto sea posible el alineamiento de las mismas.

Los colectores de alcantarillado sanitario se localizarán, de acuerdo a lo señalado en la normatividad hacia los costados de las vías a una distancia de aproximadamente un cuarto del ancho de la vía. Las redes de alcantarillado sanitario se proyectarán por debajo de las redes de acueducto y en ejes diferentes a los propuestos para las redes pluviales, manteniendo las distancias mínimas señaladas en la norma NS-085 y NS-035.

5 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

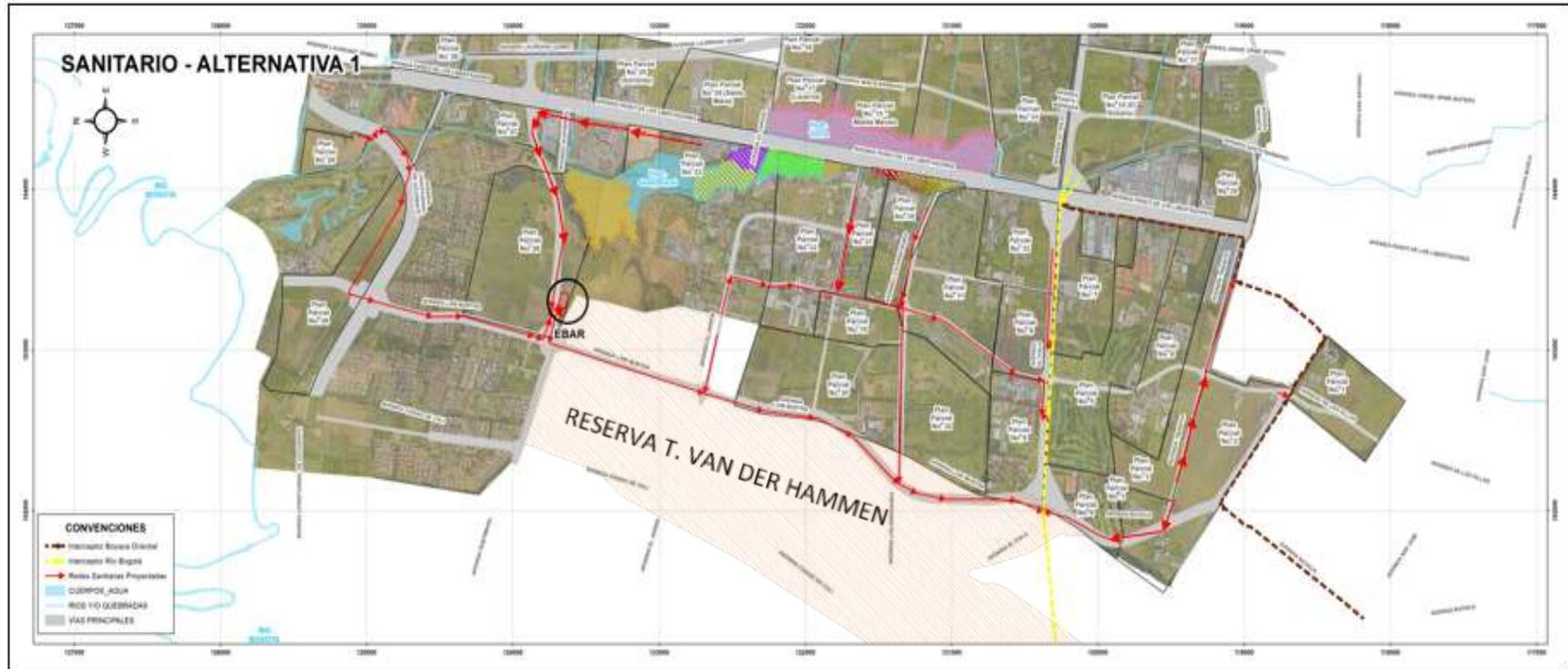
Teniendo en cuenta las condiciones topográficas, las posibilidades de conexión, el desarrollo vial y los aportes de cada plan parcial, se procedió a hacer el planteamiento de alternativas para la recolección y evacuación de aguas residuales en el proyecto. De esta manera se plantean tres alternativas que se describen a continuación:

5.1 PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 1.

Esta alternativa contempla la conexión de colectores principales proyectados por la Av. Boyacá y Av. Villas al norte de la Av. El Polo que a su vez recogen tuberías secundarias previstas por las avenidas proyectadas en el sentido oriente-occidente, es decir, la Av. Guaymaral, Arrayanes, El Polo. Los aspectos más relevantes de esta propuesta son los siguientes:

- Drenaje por gravedad a través del colector principal localizado en Av. Boyacá, sentido norte – sur con colectores transversales en las Av. Guaymaral, El Jardín y Los Arrayanes conectados a las Av. Boyacá y Las Villas (Colectores de 0,35 a 0,91m).
- Drenaje de la totalidad del costado oriental de la Autonorte a través de los Interceptores Torca Izquierdo y Derecho empatados al IRB.
- Para el costado norte se requiere bombeo de las áreas con planes parciales 29, 27 y 26, así como la red existente conjunto San Simón.
- Punto crítico → Cruce sobre Canal Guaymaral.
Cota Corona 2547,15
Cota Fondo 2541,77
- Conexión de los planes parciales 1, 2, 3 y parte de los planes 4 y 5, a la red del interceptor Boyacá Oriental de 36" que recoge en el sentido oriente-occidente sobre la Calle 183 hasta la Autopista Norte, donde toma al norte hasta la Av. El Polo descargando al interceptor Río Bogotá.

Figura 3 Planteamiento de Redes Sanitarias en Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

El cuadro resumen de tuberías con longitud y diámetros para esta alternativa planteada, se presenta a continuación:

Tabla 2 Cuadro resumen de longitud de tuberías y diámetros para Alternativa 1.

DESCRIPCIÓN	Un	Alternativa 1
TUBERÍA PVC U.M D=8"	m	762,96
TUBERÍA PVC U.M D=10"	m	326,06
TUBERÍA PVC U.M D=12"	m	2081,40
TUBERÍA PVC U.M D=14"	m	2620,74
TUBERÍA PVC U.M D=16"	m	1366,18
TUBERÍA PVC U.M D=18"	m	1432,39
TUBERÍA PVC U.M D=20"	m	1459,98
TUBERÍA PVC U.M D=24"	m	4096,82
TUBERÍA PVC U.M D=27"	m	1591,39
TUBERÍA PVC U.M D=30"	m	866,83
TUBERÍA PVC U.M D=33"	m	2823,63
TUBERÍA GRP D=36"	m	2489,41
TUBERÍA GRP D=40"	m	259,31
ESTACIÓN DE BOMBEO	Und	1

Fuente: WSP; 2020

5.2 PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 2.

Esta alternativa contempla la conexión de colectores principales proyectados por las Av. Boyacá, Av. Guaymaral, Av. Arrayanes y el Jardín, que a su vez recogen tuberías secundarias previstas por las avenidas proyectadas en el sentido norte - sur, es decir, la Av. Villas. Los aspectos más relevantes de esta propuesta son los siguientes:

- Drenaje por gravedad a través del colector principal localizado en Av. Boyacá, sentido norte – sur con colectores longitudinales en las Av. Boyacá y Las Villas conectados a los colectores Av. Guaymaral, El Jardín y Los Arrayanes (Colectores de 0,35 a 1,0m).
- Drenaje del costado oriental planes parciales 25 y 28 a través de cruce bajo Autopista norte y conexión al sistema por bombeo del costado norte junto con los planes parciales 29, 27 y 26, así como la red existente conjunto San Simón.
- Puntos críticos → Cruce sobre Canal Guaymaral.
Cota Corona 2547,15
Cota Fondo 2541,77
Cruce Bajo la Autopista Norte.
Cota Rasante 2551,00 en el punto del cruce
Cruce Bajo canal Guaymaral 2545,5
- Conexión de los planes parciales 1, 2, 3 y parte de los planes 4 y 5, a la red del interceptor Boyacá Oriental de 36" que recoge en el sentido occidente oriente sobre la Calle 183 hasta la Autopista Norte, donde toma al norte hasta la Av. El Polo descargando al interceptor Río Bogotá.

Figura 4 Planteamiento de Redes Sanitarias en Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

El cuadro resumen de tuberías con longitud y diámetros para esta alternativa planteada, se presenta a continuación:

Tabla 3 Cuadro resumen de longitud de tuberías y diámetros para Alternativa 2.

DESCRIPCIÓN	Un	Alternativa 2
TUBERÍA PVC U.M D=10"	m	1642,53
TUBERÍA PVC U.M D=12"	m	568,15
TUBERÍA PVC U.M D=14"	m	2829,29
TUBERÍA PVC U.M D=16"	m	783,02
TUBERÍA PVC U.M D=18"	m	2412,37
TUBERÍA PVC U.M D=20"	m	1711,83
TUBERÍA PVC U.M D=24"	m	6521,01
TUBERÍA PVC U.M D=27"	m	80,58
TUBERÍA PVC U.M D=30"	m	406,30
TUBERÍA PVC U.M D=33"	m	677,19
TUBERÍA GRP D=36"	m	1484,67
TUBERÍA GRP D=40"	m	2748,72
ESTACIÓN DE BOMBEO	Und	1

Fuente: WSP; 2020

5.3 PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 3

Esta alternativa, no contempla la construcción de colectores principales por la reserva vial proyectada de la Av. Boyacá, al norte de la Av. El Polo. Lo anterior con el fin de evaluar una alternativa distinta de drenaje sanitario y determinar el comportamiento hidráulico de la alternativa y sus puntos clave en el sistema. Por lo anterior, esta alternativa obligaría al drenaje de los planes parciales 26, 27, 29 y 23 a través de un cruce por bombeo bajo la Autopista Norte, y su conexión a las redes de alcantarillado sanitario del costado oriental proyectadas por la Avenida Santa Bárbara, y de ésta manera eliminar el cruce de redes a través del humedal Guaymaral; para los planes parciales 20, 30 y 8, que tienen frente a la Av. Boyacá, su descarga se realizará a través de las Av. Jardín y Arrayanes hacia el oriente para buscar la conexión al IRB por la Av. Las Villas hacia el sur. Entre los puntos más importantes para el desarrollo de esta alternativa son:

- Drenaje por gravedad a través del colector principal localizado en Av. Las Villas, sentido norte – sur a partir de la Av El Jardín.
- Drenaje de la totalidad del costado oriental de la Autonorte a través de los Interceptores Torca Izquierdo y Derecho empatados al IRB, incluyendo los drenajes de los planes parciales 23, 27, 26, 29 y conjunto San Simón del costado izquierdo que se conectarán a través de un sistema de bombeo a las redes proyectadas por la Autopista Norte costado oriental.
- Punto crítico → Cruce sobre Canal Guaymaral con línea de impulsión desde la EBAR contemplada en la Av. Guaymaral con Av. Boyacá hasta la Av Santa Barbara en el costado oriental de la Autopista Norte.
Cota Corona 2547,15
Cota Fondo 2541,77



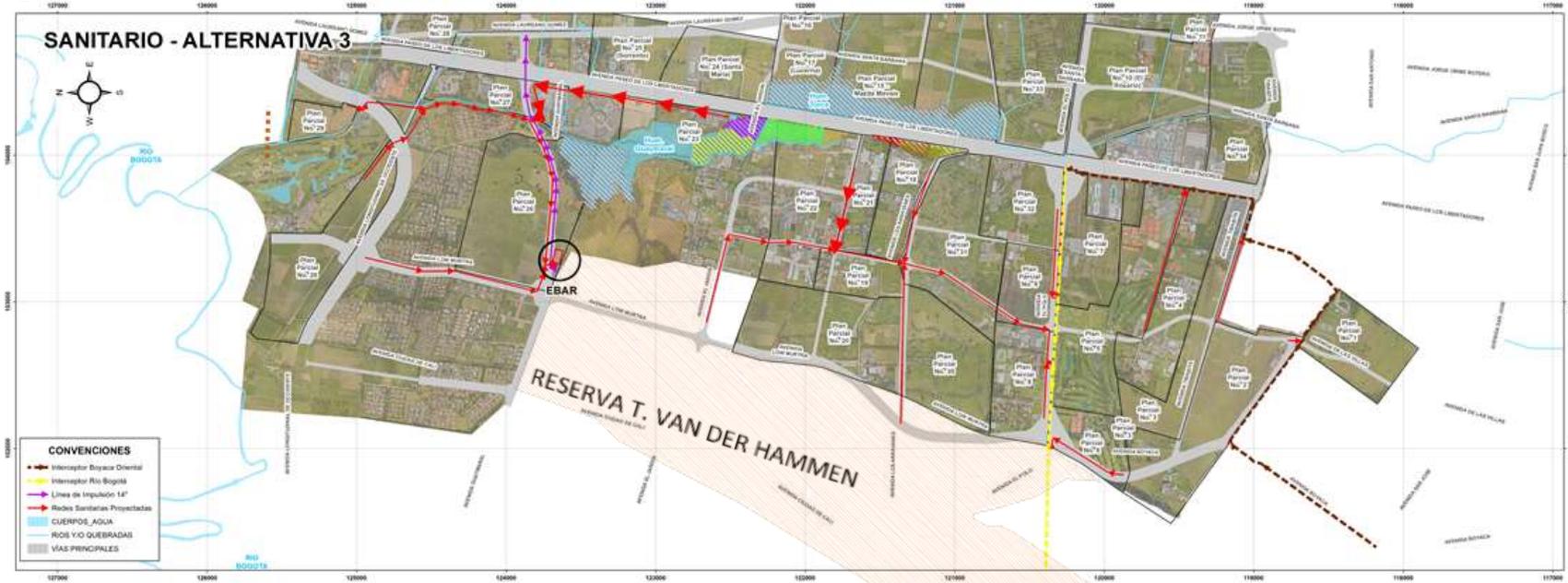
Cruce Bajo la Autopista Norte con línea de bombeo.

Cota Rasante 2551,00 en el punto del cruce

Cruce Bajo canal Guaymaral 2545,5

- Conexión de los planes parciales 1, 2, 3 y parte de los planes 4 y 5, a la red del interceptor Boyacá Oriental de 36" que recoge en el sentido occidente oriente sobre la Calle 183 hasta la Autopista Norte, donde toma al norte hasta la Av. El Polo descargando al interceptor Río Bogotá.

Figura 5 Planteamiento de Redes Sanitarias en Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

El cuadro resumen de tuberías con longitud y diámetros para esta alternativa planteada, se presenta a continuación:

Tabla 4 Cuadro resumen de longitud de tuberías y diámetros para Alternativa 3.

DESCRIPCIÓN	Un	Alternativa 3
TUBERÍA PVC U.M D=10"	m	326,06
TUBERÍA PVC U.M D=12"	m	456,46
TUBERÍA PVC U.M D=14"	m	2756,60
TUBERÍA PVC U.M D=16"	m	481,77
TUBERÍA PVC U.M D=18"	m	3163,78
TUBERÍA PVC U.M D=20"	m	802,08
TUBERÍA PVC U.M D=24"	m	6183,67
TUBERÍA PVC U.M D=27"	m	942,34
TUBERÍA PVC U.M D=30"	m	2597,02
TUBERÍA PVC U.M D=33"	m	120,15
TUBERÍA PRESIÓN PVC D=14" U.M	m	1780
ESTACIÓN DE BOMBEO	Und	1

Fuente: WSP; 2020

5.4 ESTACIÓN DE BOMBEO PARA ALCANTARILLADO SANITARIO

Como complemento a los diseños de alcantarillado sanitario para el proyecto Lagos de Torca, se requiere la implementación de una estación de bombeo de aguas residuales EBAR en el costado sur oriental de la intersección de las futuras vías Av. Boyacá y Av. Guaymaral, al occidente de los predios del Centro Comercial Bima y dentro de las manzanas urbanísticas desarrolladas en el Plan Parcial 26.

Esta estación tomará el agua de la red de colectores de aguas residuales de la zona norte de la Avenida Guaymaral, es decir, de los planes parciales 26, 29, 27 y 23; así como de zonas desarrolladas vecinas al proyecto como el centro comercial Bima, Tenis Club, Club Guaymaral, Club Colsubsidio Buena Vista y el conjunto residencial San Simón, que por su localización topográfica, no pueden ser descargadas al sistema por gravedad, requiriendo su elevación para descargar a un colector ubicado a una cota superior que harán parte del sistema de colectores de aguas residuales a su vez conectado al Interceptor Río Bogotá IRB.

Figura 6 Localización EBAR - Proyecto Lagos de Torca



Fuente: Elaboración propia. Tomada de Google Earth

Figura 7 Localización EBAR en Plan Parcial No. 26 - Proyecto Lagos de Torca



Fuente: Elaboración propia. Tomada de Plano No. 13- Decreto 088 de 2017.

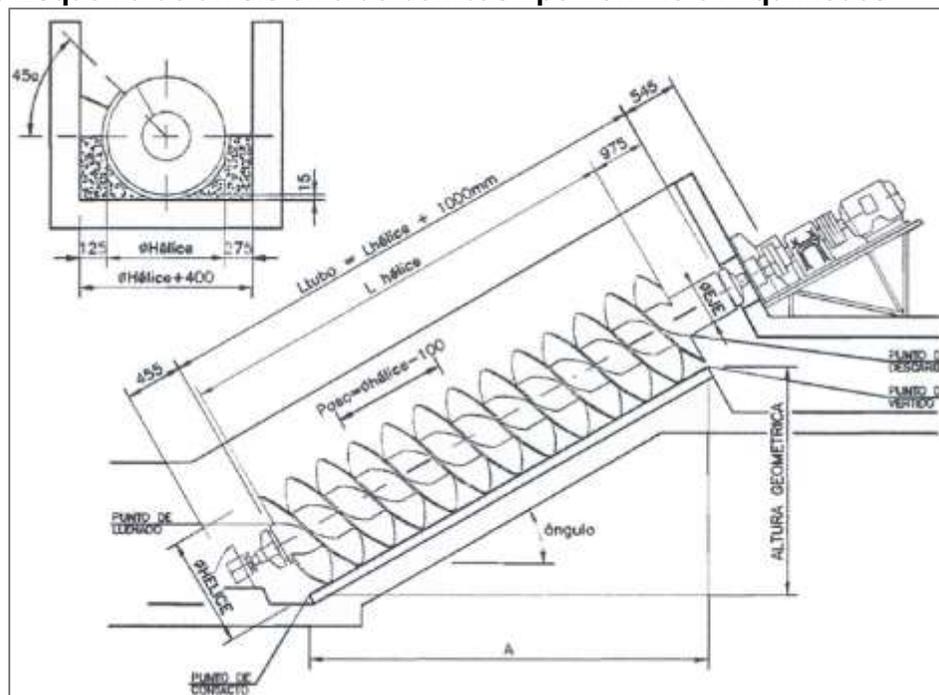
Figura 8 Localización EBAR dentro del Plan Parcial No. 26



Fuente: WSP, 2020.

Para el sistema de elevación en las alternativas 1 y 2, se propone una bomba tipo tornillo helicoidal (Tornillo de Arquímedes) apropiado para elevar grandes caudales a alturas menores, que en este caso no será superior a los 15 m. En la Figura 9 se presenta el esquema de un sistema de bombas tipo tronillo con la indicación de las variables de dimensionamiento.

Figura 9 Esquema de un sistema de bombas tipo Tornillo e Arquímedes



De acuerdo con la configuración geométrica en la zona de entrega a los colectores por gravedad, se hace uso de ábacos para el dimensionamiento del equipo de bombeo.

La consideración del caudal de bombeo se ha establecido teniendo en cuenta los caudales de los planes parciales que requieren ser elevados por su ubicación topográfica y cotas urbanizables, así para alternativas 1 y 2 se presenta el siguiente cuadro resumen:

Plan Parcial	Tipo de aporte de	Q bombeo (L/s)	
		Alt. 1	Alt. 2
25-28 (Cost. Oriental)	Proyectado		X
23	Proyectado	X	X
26	Proyectado	X	X
27	Proyectado	X	X
29	Proyectado	X	X
Club Guaymaral	Existente	X	X
Club Tennis Club	Existente	X	X
Club Bima	Existente	X	X
San Simón	Existente	X	X
Caudales EBAR	(l/s)	422.68	544.71
Cota Batea Llegada	m.s.n.m.	2544.29	2540.3
Cota de salida EBAR	m.s.n.m.	2551.6	2551.6
Diámetro de tubería	(m)	0.747	0.9
Altura de bombeo	(m)	7.31	11.3
Potencia Aprox.	(HP)	76.45	136.66

Teniendo en cuenta la norma NS-097 se dimensiona el equipo de la siguiente forma:

$$H = 100 \text{ Sen } A (D)^{1/2}$$

donde,

H = Altura efectiva de bombeo (nivel del punto de descarga de la bomba – nivel del punto de llenado de la bomba), en cm.

A = Angulo de inclinación de la bomba tornillo con respecto a la horizontal.

D = Diámetro exterior del tornillo en cm.

Así, con un ángulo de 40° para la alternativa 1 se tiene un diámetro exterior de tornillo de 132 cm

Para la alternativa 2 es necesario realizarlo en dos etapas de bombeo, mediante el uso de la fórmula:

$$H = 200 \text{ Sen } A (D)^{1/2}$$

Así, con un ángulo de 40°, se tiene un diámetro exterior de tornillo de 108,64 cm en cada etapa.

Altura Geom.	30°		35°		38°		40°	
m	A mm	L hélice mm						
2	3464	4000	2856	3487	2560	3248	2383	3111
2.5	4330	5000	3570	4359	3200	4061	2979	3889
3	5196	6000	4284	5230	3840	4873	3575	4667
3.5	6062	7000	4998	6102	4480	5685	4171	5445
4	6928	8000	5712	6974	5120	6497	4767	6223
4.5	7794	9000	6426	7845	5760	7309	5363	7001
5	8660	10000	7140	8717	6400	8121	5959	7778
5.5	9526	11000	7855	9589	7040	8933	6555	8556
6	10392	12000	8569	10461	7680	9745	7150	9334
6.5	11258	13000	9283	11332	8320	10558	7746	10112
7	12124	14000	9997	12204	8960	11370	8342	10890
7.5	13016	15000	10711	13076	9600	12182	8938	11668
8	13856	16000	11425	13948	10239	12994	9534	12446
8.5	14722	17000	12139	14819	10879	13806	10130	13224
9	15588	18000	12853	15691	11519	14618	10726	14001
9.5	16454	19000	13567	16563	12159	15431	11322	14779
10	17320	20000	14281	17434	12799	16243	11917	15557

MODELO	Φ hélice	Φ eje	r.p.m	kW	Nº DE ENTRADAS											
					1 CAUDAL L/S				2 CAUDAL L/S				3 CAUDAL L/S			
					30º	35º	38º	40º	30º	35º	38º	40º	30º	35º	38º	40º
TARQ-120	1200	609	44	18	219	141	120	100	295	247	216	177	359	308	266	219
TARQ-130	1300	711	42	22	251	162	137	113	338	283	247	203	412	353	305	252
TARQ-140	1400	711	40	22	316	204	172	142	426	356	311	256	518	444	384	317
TARQ-150	1500	812	38	30	386	249	211	174	521	435	380	312	633	543	469	387
TARQ-160	1600	812	37	37	437	281	239	198	590	492	430	353	717	615	530	437
TARQ-170	1700	812	35	37	516	322	282	233	697	581	508	417	846	725	626	516
TARQ-180	1800	914	34	45	574	368	312	258	771	643	562	462	936	803	693	572
TARQ-190	1900	914	32	45	655	422	358	296	884	738	645	530	1074	921	795	656
TARQ-200	2000	1016	31	76	715	460	390	322	965	805	704	579	1173	1005	868	716
TARQ-210	2100	1016	30	76	826	532	451	373	1115	930	813	688	1355	1131	1003	827
TARQ-220	2200	1117	29	92	890	573	486	402	1200	1002	876	720	1460	1251	1080	890
TARQ-230	2300	1117	28.7	92	1036	667	566	468	1400	1167	1020	838	1700	1457	1258	1038
TARQ-240	2400	1220	28	110	1112	714	609	504	1503	1255	1097	902	1826	1567	1353	1116
TARQ-250	2500	1320	27	110	1181	757	645	534	1593	1330	1163	956	1936	1661	1434	1183
TARQ-260	2600	1320	26.5	150	1342	860	733	606	1810	1512	1321	1086	2200	1887	1629	1344
TARQ-270	2700	1320	25.8	150	1500	961	820	678	2023	1690	1477	1214	2458	2110	1821	1502
TARQ-280	2800	1420	25	180	1583	1020	861	716	2137	1782	1558	1280	2593	2226	1922	1585
TARQ-290	2900	1420	24.5	180	1764	1130	963	797	2387	1986	1736	1427	2890	2480	2141	1766
TARQ-300	3000	1620	24	220	1782	1142	973	805	2404	2007	1755	1442	2920	2506	2163	1785
TARQ-310	3100	1620	23.5	220	1976	1266	1079	893	2665	2225	1945	1599	3237	2778	2398	1978
TARQ-320	3200	1620	23	260	2176	1394	1188	983	2935	2450	2142	1761	3566	3060	2641	2179
TARQ-330	3300	1620	22.5	260	2436	1560	1330	1100	3285	2743	2398	1971	3991	3424	2956	2439
TARQ-340	3400	1820	22	260	2395	1534	1308	1082	3230	2697	2358	1938	3925	3367	2907	2398
TARQ-350	3500	1820	21.7	300	2635	1688	1440	1190	3554	2968	2595	2132	4318	3705	3199	2639
TARQ-360	3600	1820	21.3	300	2872	1840	1569	1298	3874	3234	2828	2324	4706	4038	3486	2873
TARQ-370	3700	1820	21	300	3130	2005	1710	1414	4222	3525	3082	2533	5130	4401	3800	3135
TARQ-380	3800	1820	20.5	400	3365	2156	1838	1520	4539	3790	3313	2723	5515	4732	4085	3370
TARQ-390	3900	2020	20.2	400	3404	2180	1859	1538	4590	3834	3351	2754	5578	4786	4132	3409
TARQ-400	4000	2020	19.8	400	3665	2348	2002	1656	4943	4127	3608	2966	6006	5153	4449	3670

La estación de bombeo debe cumplir o establecido en la Norma NS-097, las dimensiones generales de las estaciones de bombeo, se debe efectuar de acuerdo con los parámetros requeridos por la EAB, pero debe tener un área suficiente para albergar todos los equipos como bombas, motores, reductores de velocidad, bases para anclajes de los equipos principales y auxiliares, además de los espacios necesarios para ventilación, circulación, maniobras de montaje y desmontaje, alturas y estructuras suficientes para operación del puente grúa para el izaje, puertas de acceso que permiten entrada y salida de los vehículos que transportan los equipos, teniendo en cuenta los espacios necesarios para un trabajo adecuado y seguro.

Entre los espacios auxiliares para la operación y el mantenimiento se incluye una edificación, integrada a la sala de máquinas, un cuarto de control, un cuarto con baño, un cuarto para la cocineta, un cuarto para los “lockers”, un cuarto de baterías y un cuarto para la planta de emergencia, así como el espacio necesario para el tanque de combustible y el acceso para su llenado; entre los espacios dimensionados también se encuentran las cámaras de llegada y salida, estructura de aforo, secciones de acuerdo al número de bombas para garantizar la operación por lo menos de una de ellas en momentos de mantenimiento y remoción de lodos y los sólidos retenidos.

En las dimensiones generales de la sala de máquinas se deben tener en cuenta todos los elementos que componen el sistema que incluye motores, reductores de velocidad, bases de anclaje, equipos auxiliares y los equipos de movilización, además de permitir la fácil circulación para el montaje y desmontaje de los equipos. El espacio mínimo, entre equipos, para circulación de personas será de 800 mm.

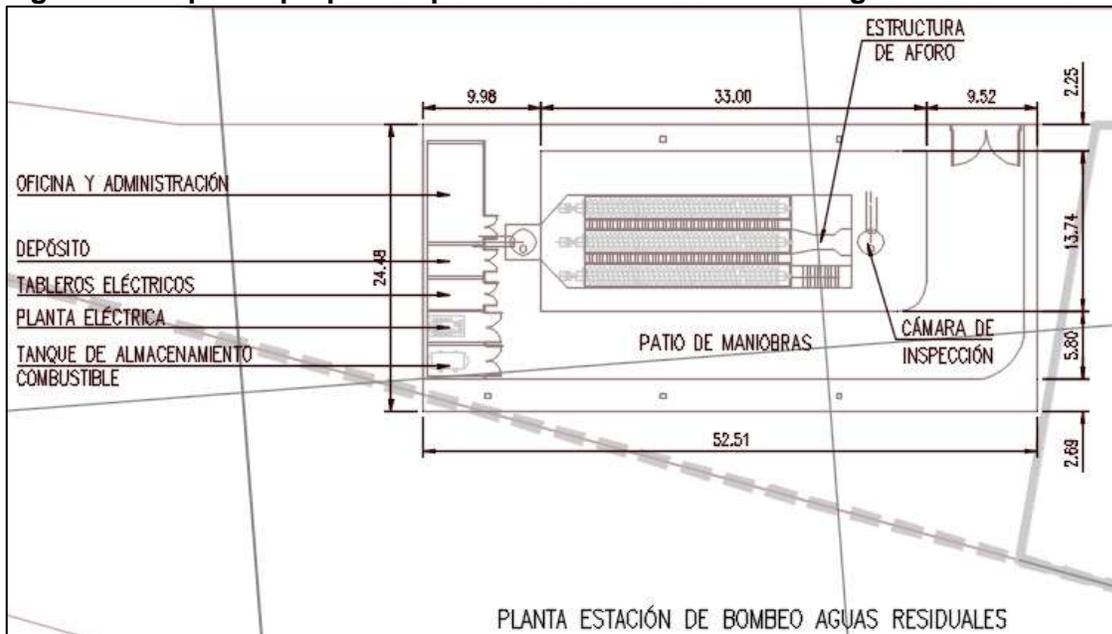
En la sala de control los espacios deben ser suficientes para ubicación de los tableros de operación de la estación, interruptores, protecciones y en general los mecanismos que permitan energizar o desenergizar cualquier elemento relacionado con el sistema de bombeo, así como las facilidades de circulación y desplazamiento de cualquier equipo.

La estación contará también con una cámara de descarga, el cual deberá tener la capacidad suficiente para conducir el caudal máximo entregado por toda la estación, sin permitir el retorno del líquido bombeado, a través de un canal de salida cuyo nivel de piso deberá estar localizado a una cota de elevación necesaria, que garantice una entrega por gravedad al colector de salida.

En la zona exterior o patio de maniobras, se debe contar con la infraestructura adecuada para poder instalar puente grúas, grúas móviles o mecanismos similares para permitir el movimiento de equipos en toda la estación, y de los accesos adecuados para la recolección, en vehículos, de los lodos y materiales sólidos depositados en las cámaras de llegada y en las rejillas de retención.

Todos las edificaciones y los demás detalles constructivos se deben realizar de acuerdo con las especificaciones civiles y en cumplimiento de la norma NSR-10. Si bien, muchos de estos espacios dependen directamente del modelo y referencia de los equipos seleccionados, se presenta a continuación la propuesta de espacios para la estación de bombeo, teniendo en cuenta todas condiciones señaladas.

Figura 10 Esquema propuesto para estación de bombeo de aguas residuales.



Para la alternativa 3, dado que el bombeo se debe realizar a una distancia superior a 1,7 km hasta el costado oriental de la Autopista Norte, y que la cota de entrega de esa tubería será a la necesaria para descargar desde allí por gravedad, es decir 2553 msnm aproximadamente, se propone un sistema con bombas centrífugas sumergibles para el cálculo del equipo se tiene el siguiente caudal y pérdidas por fricción:

Plan Parcial	Tipo de aporte de	Q bombeo (L/s)
		Alt. 3
25-28 (Cost. Oriental)	Proyectado	
23	Proyectado	X
26	Proyectado	X
27	Proyectado	X
29	Proyectado	X
Club Guaymaral	Existente	X
Club Tennis Club	Existente	X
Club Bima	Existente	X
San Simón	Existente	X
Caudales EBAR	(l/s)	422.68
Cota Batea Llegada	m.s.n.m.	2544.23
Cota de salida EBAR	m.s.n.m.	2551.6
Diámetro de tubería	(m)	0.747
Altura de bombeo	(m)	7.37
Potencia Aprox.	(HP)	185.02

Cálculo de la pérdida por fricción:

Lagos de Torca					
Sistema de Bombeo Sanitario - Alt. 3					
Set units: m mm pies pulgadas		Resultados:			
Caudal, q	433.61	l/s	Velocidad, v	2.6091	m/s
Diámetro de la tubería, d _o	0.46	m	Presión (en M.C.As) por velocidad de flujo, h _v	0.3472	m H2O
Largo de la tubería, l	1763.6	m	Friction loss	21.4726	m H2O
Rugosidad según Manning, n ?	0.01		Junction loss	0.4166	m H2O
Coefficiente total de pérdida en las coyunturas, k	1.2		Total loss	21.8891	m H2O

De ésta manera se define la cabeza dinámica total como CDT como la suma de la perdida por fricción más la diferencia de altura:

$$CDT = 7,37 \text{ m} + 16,58 \text{ m} + 1 \text{ m} = 24,95 \text{ m.c.a.}$$

Para el cálculo de la potencia se emplea la siguiente formula:

$$P = \frac{Q * CDT}{76 * \eta}$$

Donde,

Q = Caudal de diseño (L/s)

CDT = Cabeza dinámica total (m)

n = Eficiencia de la bomba.

Para los efectos de este Producto, el análisis del tipo de sistemas de bombeo se limitó a la evaluación de los dos sistemas, teniendo en cuenta los parámetros indicados y el costo de las instalaciones. Durante la elaboración de este informe y de manera paralela se avanza en la definición de la alternativa con tornillos o sumergible de pozo seco para desarrollarla de manera detallada, por lo tanto, se amplía la información referente a la EBAR en el Informe de alternativas EBAR V07 elaborado por WSP.

5.5 COSTOS Y PRESUPUESTO APROXIMADO POR ALTERNATIVA

Una vez desarrollados los planteamientos de las tres alternativas, se presenta en la siguiente tabla adjunta el presupuesto aproximado de cada alternativa en su componente sanitario:

Tabla 5 Costos por Desarrollo de Unidades Funcionales.

ALCANTARILLADO SANITARIO		ALTERNATIVA 1 (SUGERIDA)	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
COSTOS DIRECTOS	% (índice)	\$37.922.363.298	\$37.795.832.883	\$28.694.759.983
AIU	30%	\$11.376.708.989	\$11.338.749.865	\$ 8.608.427.995
CD+CI		\$49.299.072.288	\$49.134.582.748	\$37.303.187.978
AMBIENTAL	7,00%	\$2.654.565.430,88	\$2.645.708.301,82	\$2.008.633.198,79
SOCIAL	2,00%	\$758.447.265,97	\$755.916.657,66	\$573.895.199,65
PMT	3,50%	\$1.327.282.715,44	\$1.322.854.150,91	\$1.004.316.599,39
CD+CI+GESTIONES		\$54.039.367.700	\$53.859.061.858	\$40.890.032.975
INTERVENTORIA	7,00%	\$3.782.755.739,00	\$3.770.134.330,09	\$2.862.302.308,28
TOTAL ALTERNATIVAS		\$57.822.123.439	\$57.629.196.188	\$43.752.335.284

Fuente: WSP; 2020

La estimación de los costos de cada fase se realiza con base en las redes proyectadas y necesarias para la conexión de los planes parciales previstos en las diferentes etapas, estos costos incluyen tanto las tuberías previstas, como los costos asociados a las excavaciones, rellenos. Cabe señalar, que alguna de la infraestructura prevista quedará sobredimensionada en sus fases iniciales mientras se desarrolla la totalidad del proyecto completo, pero es infraestructura que resulta necesaria para la conexión de planes parciales de corto plazo.

Para ampliar la información relativa a los costos y presupuestos de las diferentes alternativas se encuentra en el Producto 12 - Presupuesto a nivel de actividades con sus respectivos Análisis de Precios Unitarios - Plan de Operación y mantenimiento, y en el anexo 3.

6 ANALISIS DE TIPOS DE TUBERIAS PARA ALCANTARILLADO

En este capítulo se presentará el análisis de los tipos de tuberías para Alcantarillado aceptadas y establecidas en las Normas Técnicas NP-027 “Tuberías Para Alcantarillado” y NS-123 “Criterios Para Selección De Materiales De Tuberías Para Redes De Acueducto Y Alcantarillado” de la Empresa de Acueducto de Bogotá EAB-ESP.

6.1 MATERIALES ACEPTADOS POR LA EAB-ESP.

Los tipos de tubería para las redes de alcantarillado aceptadas por la EAB-ESP pueden ser fabricadas en cualquiera de los siguientes materiales; no obstante, su selección dependerá de las condiciones particulares del sitio y de la aplicación.

Según el material y diámetros, las tuberías aceptadas se clasifican en los siguientes grupos:

- Tubería de concreto sin refuerzo CS, diámetros entre 150 mm y 1000 mm
- Tubería de concreto reforzado CR, diámetros entre 600 mm y 2750 mm
- Tubería de concreto extrareforzado CR, diámetros entre 200 mm y 500 mm
- Tubería de concreto reforzado revestida con lámina de polietileno CRR, diámetros entre 1000 mm y 2750 mm
- Tubería de PVC, internamente lisa y externamente corrugada, diámetros entre 110 mm y 1000mm
- Tubería de PVC de perfil cerrado, diámetros entre 600 mm y 1500 mm
- Tubería de PVC de perfil abierto con o sin refuerzo, diámetros entre 160 mm y 1500 mm
- Tubería de Gres, diámetros entre 150 mm y 900 mm
- Tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP), diámetros entre 200 mm y 3600 mm
- Tubería metálica corrugada con revestimiento interno en concreto para alcantarillado pluvial, diámetros entre 375 mm y 3600 mm
- Tubería de polietileno de alta densidad con pared estructural corrugada, diámetros entre 150 mm y 800 mm
- Tubería de polietileno de alta densidad de doble pared, exterior corrugado e interior liso entre 150 mm y 1500 mm

6.2 REQUISITOS PARA LAS TUBERÍAS

En todos los casos, y para todos los tipos de materiales, las tuberías que se aceptan para la instalación en las redes de alcantarillado deben cumplir con las pruebas Hidrostáticas y de Permeabilidad.

6.2.1 Tubería de Concreto sin Refuerzo

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías y accesorios de concreto sin refuerzo para diámetros reales entre 150 mm y 1000 mm que cumplan con los requisitos de la norma "*NTC 1022 Tubos de concreto sin refuerzo para alcantarillado*" y con los requisitos de durabilidad exigidos en el capítulo C.4 de la *NSR-98*.

Las juntas para uniones de tubería de concreto deben cumplir los requisitos de la norma *"NTC 1328 Ingeniería civil y arquitectura. Juntas flexibles para la unión de tubos circulares de concreto"*.

6.2.2 Tubería de Concreto Reforzado

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías y accesorios de concreto reforzado para diámetros reales entre 600 mm y 2750 mm que cumplan con los requisitos de la norma *"NTC 401 Ingeniería civil y arquitectura. Tubos de concreto reforzado para alcantarillado"* y con los requisitos de durabilidad exigidos en el capítulo C.4 de la NSR-10.

Tanto para tuberías de concreto reforzado con o sin refuerzo, las juntas para uniones de tubería de concreto deben cumplir los requisitos de la norma *"NTC 1328 Ingeniería civil y arquitectura. Juntas flexibles para la unión de tubos circulares de concreto"*.

6.2.3 Tubería de Concreto Extrareforzado

El ACUEDUCTO DE BOGOTÁ acepta tuberías y accesorios de concreto extrareforzado para diámetros reales entre 200 mm y 500 mm que cumplan con los requisitos de los numerales 5.1 "Criterios de aceptación", 6.1 "Concreto reforzado", 6.2 "Materiales cementantes", 6.3 "Agregados", 6.7 "Agua" y 10 "Fabricación", de la norma "NTC 401 Ingeniería civil y arquitectura. Y con los requisitos de durabilidad exigidos en el capítulo C.4 de la NSR-10.

Este tipo de tuberías también puede ser usado como alternativa de protección de tuberías que necesiten cárcamo, como está establecido en la norma "NS-090 Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado."

6.2.4 Tubería de Concreto Reforzado Revestida con Lámina de Polietileno

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías de concreto reforzado para diámetros nominales entre 1000 mm y 2750 mm, revestidas con láminas de polietileno de alta densidad de espesor igual o mayor a 1.5 mm, en donde una de las caras de la lámina este conformada con nervaduras en forma de T, espaciadas aproximadamente cada 65 mm las cuales permitirán anclaje con la superficie del concreto. Esta tubería debe cumplir con los requisitos de la norma *"NTC 401 Ingeniería civil y arquitectura. Tubos de concreto reforzado para alcantarillado"* y con los requisitos de durabilidad exigidos en el capítulo C.4 de la NSR-98.

Las tuberías de concreto reforzado revestido con lámina de polietileno se instalan de la misma forma que las tuberías de concreto reforzado convencionales, estas no deben presentar aberturas u orificios en el cuerpo de la tubería para izado del tubo por el contrario deben tener ganchos de izaje de tal manera que se garantice la continuidad de la lámina de polietileno y que esta no se rompa, en la instalación también se debe tener en cuenta que al empatar la tubería se deben unir los extremos de la lámina de polietileno que sobresalen de los tubos.

Los extremos de la lámina de polietileno para tuberías de diámetros nominales de 1000 mm a 2000 mm deben tener un ancho sobresaliente del tubo de 10 cm y para tuberías de diámetro nominal de 2000 mm a 2750 mm debe tener un sobre ancho de 15 cm. La unión

de los extremos salientes de la lámina de polietileno se realiza de manera manual utilizando para este procedimiento una pistola de aire caliente.

Las tuberías de concreto reforzado revestidas con lámina de polietileno deben cumplir los requisitos del Ensayo de Abrasión de la norma *"DIN 19565-1 Centrifugally cast and filled polyester resin glass fibre reinforced (UP-GF) pipes and fittings for buried drains and sewers; dimensions and technical delivery conditions"*.

Las juntas para uniones de tubería de concreto deben cumplir los requisitos de la norma *"NTC 1328 Ingeniería civil y arquitectura. Juntas flexibles para la unión de tubos circulares de concreto"*.

6.2.5 Tubería de PVC

6.2.5.1 Tubería de PVC pared interior lisa y exterior corrugada

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías de PVC de pared estructural, fabricada en un proceso de doble extrusión, pared interior lisa y exterior corrugada con un sistema de unión mecánico en diámetros reales de 110 mm a 500 mm que cumplan con los requisitos de la norma *"NTC 3722-1 Plásticos. Tubos y accesorios de pared estructural para sistema de drenaje subterráneo y alcantarillado. Especificaciones para PVC rígido"*.

El Acueducto de Bogotá acepta rigidez de tubería mínima de PS 57 psi medidas según la norma *"ASTM D2412 Standard test method for determination of external loading characteristics of plastic pipe by parallel-plate loading"*.

6.2.5.2 Tubería de PVC pared interior lisa y exterior corrugada para diámetros de 24", 27", 30", 33", 36", 39" y 42"

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías de PVC de pared estructural, fabricada en un proceso de doble extrusión, pared interior lisa y exterior corrugada con un sistema de unión mecánico en diámetros reales de 24", 27", 30", 33", 36", 39" y 42" que cumplan con los requisitos de la norma *"NTC 5055 tubos y accesorios de PVC perfilados para uso en alcantarillado por gravedad, controlados por el diámetro interno"*.

El Acueducto de Bogotá acepta rigidez de tubería mínima de PS 28 psi medidas según la norma *"ASTM D2412 Standard test method for determination of external loading characteristics of plastic pipe by parallel-plate loading"*.

6.2.5.3 Tubería de PVC de perfil abierto

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías de PVC de perfil abierto con o sin refuerzo y accesorios para uso de alcantarillado en diámetros reales de tuberías entre 160 mm (6") y 1500 mm (60") que cumplan con los requisitos de la norma *"NTC 4764 Parte 1, Parte 2, Tubos y accesorios de poli cloruro de vinilo (PVC) de perfil abierto con o sin refuerzo. Para uso en alcantarillado"*.

Las uniones para la tubería de PVC de perfil abierto con o sin refuerzo deben cumplir con los requisitos de la Norma *"NTC 4764 Parte 1, Parte 2, Tubos y accesorios de policloruro de vinilo (PVC) de perfil abierto con o sin refuerzo. Para uso en alcantarillado"*.

El Acueducto de Bogotá acepta rigidez de tubería mínimas de PS 10 psi medidas según la norma *"ASTM D2412 Standard test method for determination of external loading characteristics of plastic pipe by parallel-plate loading"*.

6.2.5.4 Tubería de PVC de perfil cerrado

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías y accesorios de PVC de perfil cerrado para uso de alcantarillado en diámetros nominales de tuberías entre 600 mm (24") y 1500 mm (60") que cumplan con los requisitos de la norma *"NTC 5070 Tubos y accesorios de poli (cloruro de vinilo) (PVC) fabricados con perfil cerrado para uso en alcantarillado, controlados por el diámetro interior"*.

Las uniones para las tuberías de PVC deben cumplir con los requisitos de la norma *"NTC 2536 Sellos elastoméricos (empaques) para unión de tubos plásticos"*.

El Acueducto de Bogotá acepta rigideces de tubería mínimas de PS 10 psi medidas según la norma *"ASTM D2412 Standard test method for determination of external loading characteristics of plastic pipe by parallel-plate loading"*.

6.2.6 Tubería de Gres

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías y accesorios de gres para diámetros reales entre 150 mm (6") y 900 mm (36") que cumplan con los requisitos de la norma *"NTC 4089 Ingeniería civil y arquitectura. Tubos y accesorios de gres para alcantarillado y perforados para drenaje. Resistencia normal"*.

Las juntas para las tuberías de gres pueden ser en caucho o poliuretano y deben cumplir con los requisitos de la norma *"NTC 3526 Ingeniería civil y arquitectura. Juntas de compresión para tubos y accesorios de gres"*.

6.2.7 Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (GRP)

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías de poliéster reforzando con fibra de vidrio para diámetros reales entre 200 (8") y 3600 mm que cumplan con los requisitos de la norma *"NTC 3870 Plásticos. Tubos de fibra de vidrio (resina termoestable reforzada con fibra de vidrio) para uso en sistemas de alcantarillado"*.

Las juntas de tubos de poliéster reforzado con fibra de vidrio con sellos elastoméricos deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma *"NTC 3877 Plásticos. Especificaciones para juntas de tubos de fibra de vidrio (resina termoestable reforzada con fibra de vidrio) usando sellos elastoméricos"*.

Las uniones por laminación deben cumplir con las indicaciones definidas en la norma técnica *"NTC 2888 Plásticos. Laminados de plástico termoestables reforzados (PTR) moldeados por contacto para equipos resistentes a la corrosión"* para el tipo II citado en esta norma técnica. Para el desarrollo de las labores de laminación se deben tener en cuenta las recomendaciones especiales del fabricante de la tubería.

Los accesorios para las tuberías de GRP deben cumplir con los requisitos de las normas técnicas "NTC 3870 Plásticos. Tubos de fibra de vidrio (resina termoestable reforzada con fibra de vidrio) para uso en sistemas de alcantarillado" y "NTC 2888 Plásticos. Laminados de plástico termoestables reforzados (PTR) moldeados por contacto para equipos resistentes a la corrosión".

El Acueducto de Bogotá acepta rigideces de tubería mínimas de PS 18 psi medidas según la norma "ASTM D2412 Standard test method for determination of external loading characteristics of plastic pipe by parallel-plate loading".

6.2.8 Tubería metálica corrugada con revestimiento interno en concreto para alcantarillado pluvial

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías metálicas corrugadas con revestimiento interno en concreto para alcantarillado pluvial para diámetros entre 1200 mm y 3600 mm que cumplan con los requisitos dimensionales de la norma, "NTC 4831 Tuberías de acero corrugado recubrimiento metálico para drenajes y alcantarillas", "ASTM A761 Standard Specification for Corrugated Steel Structural Plate, Zinc-Coated, for Field-Bolted Pipe, Pipe-Arches, and Arches". AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALES. Standard specification for highway bridges, 16 ed. Washington : AASHTO, 1996 y ASTM A760 Standard Specification for Corrugated Steel Pipe, Metallic-Coated for Sewer and Drains.

6.2.9 Tubería de polietileno de alta densidad con pared estructural corrugada

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías de polietileno de alta densidad con pared estructural corrugada y pared interna lisa en diámetros internos entre 150 mm y 800 mm que cumplan con los requisitos de la norma "ISO 21138-1. Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage- Structured-wall piping systems of unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE)- Part 1: Material specifications and performance criteria for pipes, fittings and system and Part 3: Pipes and fittings with non-smooth external surface, Type B.

6.2.10 Tubería de polietileno de alta densidad de doble pared, exterior corrugada e interior liso.

El Acueducto de Bogotá acepta tuberías de polietileno de alta densidad de doble pared, exterior corrugada e interior lisa, con unión mecánica de tipo campana por espigo con hidrosello de caucho y sus accesorios complementarios para derivaciones domiciliarias, conexiones a cámaras de inspección, piezas especiales de conexión y accesorios para reparación, en diámetros nominales de 4", 6", 8", 10", 12", 15", 18", 24", 30", 36", 40", 42", 48", 54", 60" que cumplan con los requisitos de la norma NTC 5447 " Especificaciones para Tuberías y Accesorios de Polietileno PE de 300 mm a 1500 mm (12"-60") con pared de Perfil Anular Corrugado para Aplicaciones de Alcantarillado.

El sistema de junta deberá ser mecánica y hermética con doble sello de poly isopreno y deberá cumplir con los requisitos exigidos de la norma NTC 2536 (ASTM F477)

6.3 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL MATERIAL DE TUBERÍA

Para el diseño de redes de tuberías, sean de flujo libre o que trabajen a presión, deben definirse los siguientes parámetros que inciden en la selección de material de tubería:

- Caudal a transportar
- Calidad de agua que va a transportar la tubería.
- Perdidas de carga por fricción
- Cargas externas que actúan sobre la tubería y la profundidad de cimentación de la tubería.
- Características del suelo
- Presencia y calidad de aguas subterráneas
- Riesgo de daños indirectos
- Condiciones de instalación
- Facilidades para rehabilitación y reparación
- Facilidades de suministro de accesorios
- Condiciones topográficas del terreno
- Contemplar peso de la tubería en suelos inclinados.

6.4 SELECCIÓN DE MATERIAL DE TUBERÍA PARA REDES DE TUBERÍAS A FLUJO LIBRE

Teniendo en cuenta los numerales anteriores de análisis de tipo de tuberías y sus respectivos parámetros, a continuación, se presenta los criterios de selección del tipo de tubería para Alcantarillado.

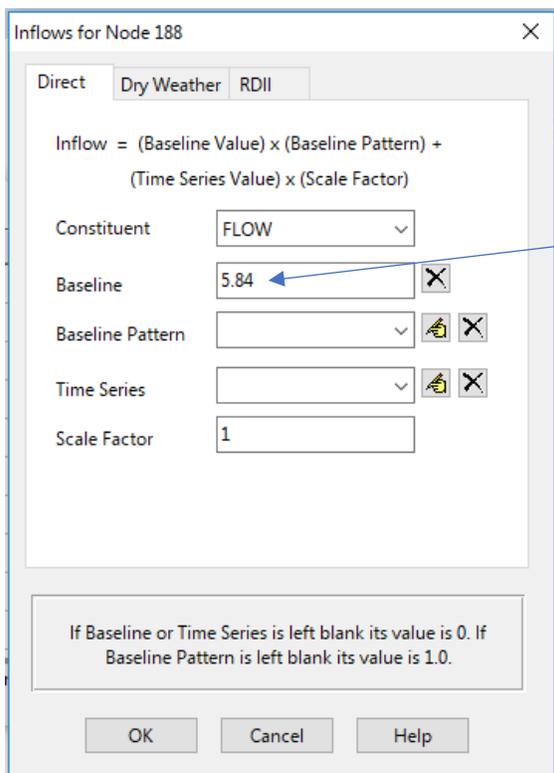
- Caudal que va a transportar la tubería y la capacidad de tuberías de diferentes materiales para caudal determinado en función del coeficiente de rugosidad del material preseleccionado.
- Diámetros disponibles en el mercado para cada material y velocidades máximas permisibles para cada tipo de material, de acuerdo a la Norma NP-027 Tuberías para alcantarillado.
- Calidad de agua que se va a transportar para determinar si puede haber la afectación en área no mojada.
- Tipo y magnitud de las cargas que actúan sobre la tubería y la profundidad de cimentación de la tubería.
- Condiciones topográficas del terreno.
- Condiciones de instalación
- Facilidades de reparación y rehabilitación de tuberías
- Facilidades de suministro de accesorios

Teniendo en cuenta los análisis, parámetros y criterios anteriormente mencionados, para las redes de alcantarillado se seleccionan las tuberías de PVC y GRP teniendo en cuenta las condiciones hidráulicas del proyecto y las facilidades de condiciones de instalación, reparación, rehabilitación y de suministro de accesorios, así como su eficiencia y capacidad en el transporte de aguas en terrenos con baja pendiente, y mejoras en la velocidad.

6.5 MODELACIÓN DE CAUDALES CON FLUJO GRADUALMENTE VARIADO

Con el fin de simular el funcionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario se procedió a construir un modelo en el Software SWMM que sirve para hacer simulaciones de redes. Este proceso se realizó para cada una de las alternativas, con el fin de tener un panorama claro del comportamiento del flujo en las condiciones gradualmente variado. Las consideraciones a tener en cuenta en los modelos fueron las siguientes:

- Topología del modelo; se refiere a las características físicas de la red alcantarillado como son, longitudes, diámetros, pendientes, cotas rasantes, bateas y profundidad de los pozos.
- Aportes sanitarios: se dividen en caudal en tiempo seco y caudales directos, los caudales en tiempo seco corresponden al caudal máximo horario de agua residual que es compuesto por los caudales residenciales, comerciales, institucionales, etc, y los caudales directos corresponden a caudales de infiltración y de conexiones erradas.



Inflows for Node 188

Direct Dry Weather RDII

Inflow = (Baseline Value) x (Baseline Pattern) +
(Time Series Value) x (Scale Factor)

Constituent: FLOW

Baseline: 5.84

Baseline Pattern: [blank]

Time Series: [blank]

Scale Factor: 1

If Baseline or Time Series is left blank its value is 0. If Baseline Pattern is left blank its value is 1.0.

OK Cancel Help

Aporte de caudal en directo corresponde a Caudales de conexiones erradas e infiltración

Inflows for Node 188

Direct **Dry Weather** RDII

Inflow = (Average Value) x (Pattern 1) x
(Pattern 2) x (Pattern 3) x (Pattern 4)

Constituent: FLOW

Average Value (LPS): 8.63

Time Patterns: CURVA_PATRON

If Average Value is left blank its value is 0. Any Time Pattern left blank defaults to a constant value of 1.0.

OK Cancel Help

Aporte de caudal en tiempo seco Qmd

Time Pattern Editor

Name: PATRON_CONSUMO Type: HOURLY

Description: UnificadoHMV-WSP

Multipliers	
12 AM	0.542
1 AM	0.542
2 AM	0.479
3 AM	0.462
4 AM	0.483
5 AM	0.616
6 AM	0.783
7 AM	0.881

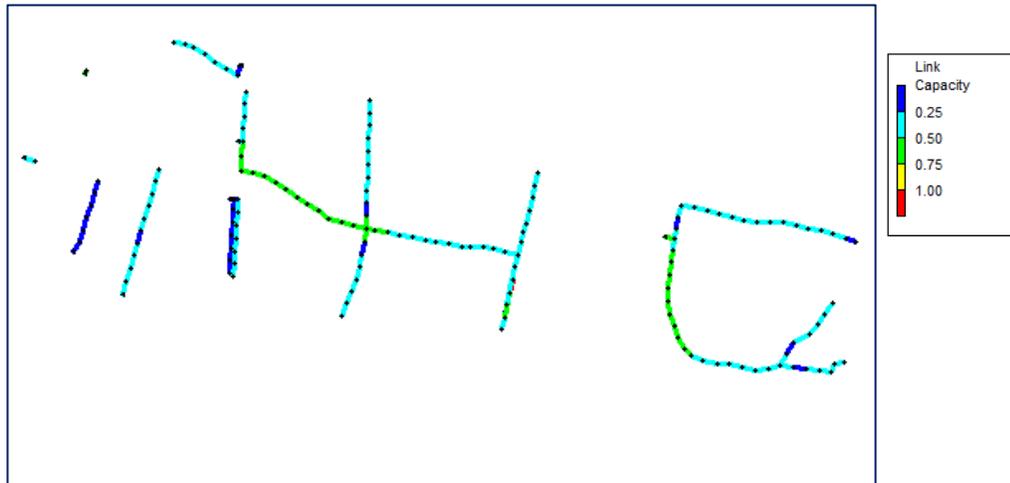
OK Cancel Help

Curva de consumo para determinar los valores de Caudal Horario

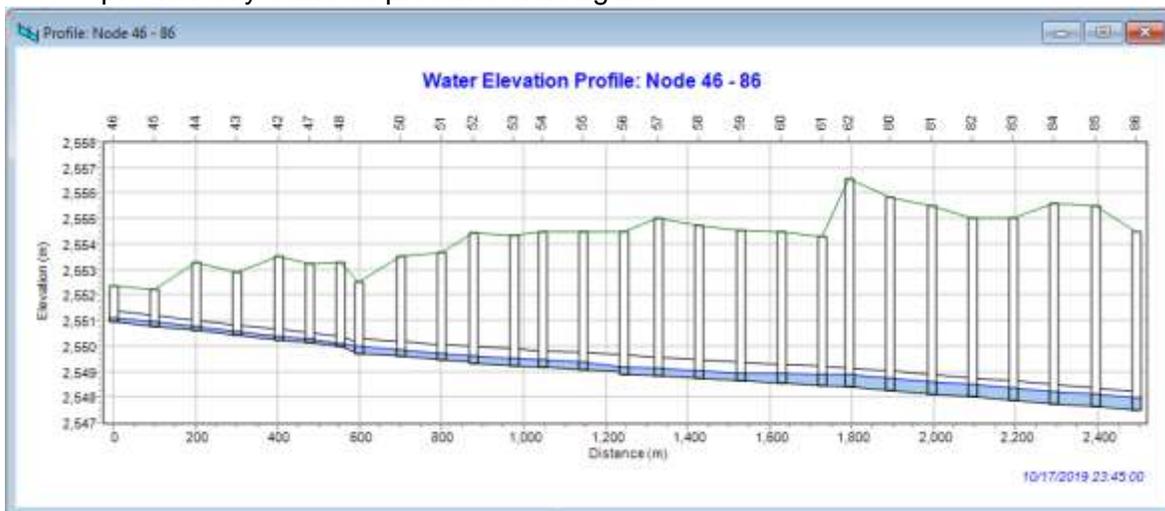
Hora	Patrón de Consumo	Patrón Unitario
12:00 a.m.	0,975	0,542
01:00 a.m.	0,975	0,542
02:00 a.m.	0,862	0,479
03:00 a.m.	0,832	0,462
04:00 a.m.	0,869	0,483
05:00 a.m.	1,109	0,616
06:00 a.m.	1,41	0,783
07:00 a.m.	1,585	0,881
08:00 a.m.	1,687	0,937
09:00 a.m.	1,775	0,986
10:00 a.m.	1,8	1,000
11:00 a.m.	1,776	0,987
12:00 p.m.	1,737	0,965
01:00 p.m.	1,666	0,926
02:00 p.m.	1,613	0,896
03:00 p.m.	1,564	0,869
04:00 p.m.	1,505	0,836
05:00 p.m.	1,435	0,797
06:00 p.m.	1,363	0,757
07:00 p.m.	1,322	0,734
08:00 p.m.	1,295	0,719
09:00 p.m.	1,251	0,695
10:00 p.m.	1,182	0,657
11:00 p.m.	1,081	0,601

- Factor de mayoración: para establecer el factor F se tuvo en cuenta el procedimiento realizado en la norma NS- 085 cuya ecuación es $F=5.43Q_{md}^{(-0.174)}$.
- Caudal máximo horario: para obtener el QMH se utilizó el factor F de la norma NS-085 para el caso del dimensionamiento de las tuberías, y para el caso de la modelación en flujo no permanente se procedió a utilizar la curva de consumo suministrada y obtenida a partir de las mediciones realizadas por al EAB-ESP, afectando el QMH con el factor de consumo, sin embargo, cabe señalar que para no afectar el caudal medio diario por el factor de mayoración y por el patrón de consumo simultáneamente, lo que redundaría en una sobreestimación del caudal, se realizó el ajuste del patrón de consumo estableciendo el punto de mayor descarga a las 10.00 a.m. como el factor unitario y a partir de allí se ajustaron los demás valores, de esta forma en la red se tendrá el caudal de diseño de descarga para la hora de mayor influencia.
- Simulación en periodo extendido: se efectúa la modelación a 24 horas para observar el comportamiento hidráulico de las redes a nivel horario durante un día, verificando que se cumplan las condiciones de capacidad, velocidad y demás parámetros en todo momento y a lo largo del día.

- Capacidad hidráulica: con el fin de garantizar el funcionamiento hidráulico de las redes que transportan los caudales de aguas residuales determinados a priori, se evaluó el criterio Y/D para las tuberías. En todos los casos se cumple el criterio Y/D menor a 70% para diámetros menores a 500mm de 80% para diámetros entre 500 y 1000mm y de 85% para diámetros mayores a un metro.



- Velocidades para todos los tramos de las tuberías se verificó vía simulación que se cumpliera las velocidades máximas permitidas durante todo el periodo de simulación.
- Perfiles hidráulicos: Se analizaron los perfiles de las redes diseñadas se verificó que ninguno de estos presentará problemas de reboses en los pozos o tuberías a presión tal y como se presenta en la figura.



Una vez obtenidos los resultados de la modelación, se procedió a la verificación de las condiciones hidráulicas planteadas para cada tramo, y la confirmación de los diámetros, pendientes, y materiales propuestos para la solución en el trasporte de las aguas residuales. Los modelos se incluyen en Anexo A, del presente documento, los cuales se pueden cargar y correr en el software SWMM 5.1 y de esta manera verificar todas las condiciones de flujo.

6.6 CRUCE DE TUBERÍAS POR QUEBRADAS Y CANALES

Dentro de la evaluación de alternativas se tiene en cuenta el cruce de tuberías de alcantarillado sanitario a través de las quebradas y canales los cuales son objeto de reconformación, esto para garantizar que los cruces no tengan interferencia con los cuerpos de agua, de esta manera y realizando el cruce de la información de reconformación con los colectores planteados. Se presenta a continuación el cuadro resumen de interferencias, los cuales también se señalan tanto en los planos de planta como en los perfiles sanitarios para cada una de las alternativas. De esta manera se garantiza el distanciamiento mínimo entre la lámina de agua para el período de retorno de 100 años, con el cual se ha diseñado la reconformación con las cotas bateas de las tuberías de alcantarillado y dando cumplimiento a lo exigido Artículo 1385 de la Resolución 330 de 2017 del RAS, el cual exige una distancia mínima de 0.5 m:

Cruce Canal Guaymaral 1			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Abscisa Canal	K4+495	K4+495	K4+495
Cota Tr=100 años	2546.90	2546.90	2546.90
Tramo Alc. Sanitario	135-136	135-136	135-136
Cota Clave en cruce	2548.99	2548.99	2548.99
Cota Batea en cruce	2548.63	2548.63	2548.63
Diámetro del tubo (pulg)	14	14	14
Dist. Cota Inun-Cota Batea	1.73	1.73	1.73

Cruce Canal Guaymaral 2			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Abscisa Canal	K3+255	K3+255	K3+255
Cota Tr=100 años	2546.90	2546.90	2546.90
Tramo Alc. Sanitario	205-206	225-183	211-168
Cota Clave en cruce	2549.42	2542.55	2549.42
Cota Batea en cruce	2548.96	2542.14	2548.96
Diámetro del tubo (pulg)	18	16	18
Dist. Cota Inun-Cota Batea	2.06	-4.76	2.06

Cruce Las Pilas			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Abscisa Canal	K0+115	K0+115	K0+115
Cota Tr=100 años	2550.26	2550.26	2550.26
Tramo Alc. Sanitario	199-200	199-200	199-200
Cota Clave en cruce	2551.15	2547.15	2551.15
Cota Batea en cruce	2550.79	2546.79	2550.79
Diámetro del tubo (pulg)	14	14	14
Dist. Cota Inun-Cota Batea	0.53	-3.47	0.53

Cruce La Cañiza			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Abscisa Canal	K0+210	K0+210	K0+210
Cota Tr=100 años	2549.00	2549.00	2549.00
Tramo Alc. Sanitario	207-208	207-208	207-208
Cota Clave en cruce	2549.92	2545.92	2549.92
Cota Batea en cruce	2549.51	2545.51	2549.51
Diámetro del tubo (pulg)	16	16	16
Dist. Cota Inun-Cota Batea	0.51	-3.49	0.51

Cruce La Floresta			
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Abscisa Canal	K0+330	K0+330	K0+330
Cota Tr=100 años	2548.96	2548.96	2548.96
Tramo Alc. Sanitario	205-206	205-206	205-206
Cota Clave en cruce	2550.23	2546.27	2550.23
Cota Batea en cruce	2549.82	2545.86	2549.82
Diámetro del tubo (pulg)	16	16	16
Dist. Cota Inun-Cota Batea	0.86	-3.10	0.86

7 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En términos generales las tres alternativas presentadas tienen algunos condicionantes generales a tener en cuenta en el planteamiento de soluciones, los cuales se listan a continuación:

- Topografía relativamente plana del terreno, principalmente en el costado occidental.
- Ausencia de redes troncales en la zona. Solo se tiene construido el Interceptor Río Bogotá (con profundidades entre 4 y 7m).
- Cotas rasantes de terreno bajas, especialmente en el costado norte del proyecto.
- Cruces con cuerpos de agua y canales.

Las tres alternativas difieren de las conexiones a los colectores principales que a su vez se conectan al Interceptor Río Bogotá y todos requieren el bombeo de las aguas residuales provenientes de los planes parciales del costado norte de la Av. Guaymaral y al costado oriental de la Avenida Boyacá, que se encuentran en una cota rasante muy baja con respecto al nivel de las redes propuestas; así las cosas, en la primera alternativa se fortalece el sistema troncal por las avenidas carreras principales, es decir, las que van en sentido norte-sur; la segunda alternativa se fundamenta en los colectores por las avenidas calles, es decir, las que van en sentido oriente-occidente, éstas permiten tener un control desde el punto de vista de tiempos de ejecución y frentes de avance de desarrollo urbanístico, es decir, sobre las vías que se desarrollen en las primeras etapas, juntas alternativas se basan también en el eje Avenida Boyacá como receptor principal de las redes para luego ser conducidas hasta el IRB; para la tercera alternativa se contempla la no intervención del corredor vial proyectado de la Avenida Boyacá desde la Av. El Jardín hacia el norte, con lo cual se hace necesario el bombeo de las aguas residuales de los planes parciales localizados en el costado norte del proyecto y su conexión a las redes del alcantarillado sanitario del costado oriental.

Es de tener en cuenta que el Interceptor del Río Bogotá está previsto para recolectar y conducir las aguas residuales provenientes del borde norte de la ciudad, donde también se incluyen las correspondientes a Lagos de Torca. Este Interceptor desemboca en el canal de acceso a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de El Salitre, la cual, en su fase de tratamiento Primario, tiene una capacidad de 4.0 m³/s. La capacidad de la Ptar El Salitre está siendo objeto de ampliación para recibir un caudal máximo de 7.0 m³/s, con mejora en el proceso de tratamiento hasta uno de tipo Secundario, antes de la entrega del caudal al Río Bogotá.

7.1 ANÁLISIS ECONÓMICO.

Para efectos del estudio de alternativas, en cada una de ellas se consideraron los costos asociados a los colectores, las excavaciones, pozos y cámaras y demás actividades inherentes al desarrollo de la obra, además, se deben prever los costos asociados al sistema de bombeo de acuerdo con las especificaciones del equipo y punto de descarga, éste resulta un componente importante en la formulación de la propuesta final, si bien, los costos asociados son similares para las tres alternativas, se deben articular con los cronogramas finales de obra y los procesos constructivos integrados a los temas de urbanismo y diseño geométrico vial. En el anexo C se incluyen los costos aproximados para cada alternativa, sin tener en cuenta los equipos y obras civiles no consideradas en estos presupuestos.

7.2 MATRIZ MULTICRITERIO.

Para la evaluación y selección de alternativas se sigue la metodología multicriterio en la cual se implementa un proceso de jerarquía analítica (AHP) y el proceso de red analítica (ANP).

7.2.1 Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM)

La metodología de los Métodos Multicriterio consiste en determinar criterios y subcriterios de evaluación, asignar los pesos respectivos a cada criterio y subcriterio, los cuales se analizan a través de comparaciones pareadas para medir la relación entre criterios y su importancia. Posteriormente, expertos evalúan las alternativas por cada criterio, asignando una calificación y así obtener la alternativa óptima para el problema de acuerdo con el criterio profesional de los expertos.

La Tabla 6 muestra la clasificación de los métodos multicriterio existentes de acuerdo con su enfoque.

Tabla 6 Clasificación de los métodos multicriterio.

Clasificación	Abreviatura	Método
Métodos Basados en la teoría del Valor	AHP	Proceso Analítico Jerárquico.
	ANP	Proceso de Red Analítica.

Fuente: WSP; 2020

7.2.2 Métodos Basados en la Teoría del Valor

En la aplicación de estos métodos se requiere que cada criterio tenga una escala de evaluación ya sea de valor numérico o un intervalo. Para la definición de criterios asociados, así como los datos necesarios para la definición de las alternativas en estos criterios, puede implicar alguna arbitrariedad, incertidumbre o en algunos casos indeterminación.

7.2.2.1 Método Jerárquico Analítico (AHP)

El AHP está basado en una estructura jerárquica de elementos involucrados en un problema de decisión. La jerarquía incorpora el conocimiento, la experiencia y la intuición del tomador de decisiones para el problema específico. Las alternativas son clasificadas utilizando diferentes criterios cualitativos y cuantitativos, dependiendo de cómo contribuye cada uno a la obtención del resultado global. (Anagnostopoulos & Vavatsikos, 2006).

La idea básica del AHP típico está basada en las matrices de comparación por pares. Cada elemento de la matriz expresa la preferencia personal que tiene un tomador de decisiones de una alternativa respecto a otra, lo cual se expresa generalmente de forma verbal. La descripción verbal puede ser transformada en números en una escala (generalmente de 1 a 9), escalas directas de (1-5-9) y/o decimales entre 0 y 1. Se realiza un chequeo de consistencia por medio de la Razón de Consistencia (CI). (Topcu, 2004).

7.2.2.2 Proceso Analítico de Redes (ANP)

El ANP es la forma general del AHP, tiene el poder de tratar con decisiones complejas y relaciones entre los criterios. Los métodos de toma de decisiones asumen que los factores son independientes entre sí, mientras que el ANP considera la interdependencia entre los factores, formando bucles de realimentación de las relaciones causa-efecto. (El-Abbasy, Zayed, Ahmed, Alzraiee, & Abouhamad, 2013)

7.2.3 Métodos de Selección de Criterios y Asignación de Porcentajes

Para escoger los criterios más importantes para la selección de la mejor alternativa en la ejecución del proyecto, se deben asignar los pesos que determinan la importancia relativa de cada criterio respecto al total, y por lo tanto permiten realizar una ponderación de acuerdo con el método empleado. Si bien algunas de las metodologías podrían no requerir ponderación de criterios, en la mayoría de los casos es necesario hacerlo y se convierte en un proceso de gran importancia, pues independientemente del método de selección de alternativas, la ponderación de los criterios indiscutiblemente puede llegar a cambiar la escogencia, por su influencia directa sobre el resultado final.

En últimas, lo que se busca al emplear un método para definir la importancia relativa de los criterios es disminuir la subjetividad que implícitamente está en las apreciaciones humanas, para construir una distribución objetiva y consistente.

La Tabla 7 se presenta algunos de los métodos empleados para asignación de pesos en selección de contratistas en proyectos de construcción o infraestructura.

Tabla 7 Métodos de Selección de Criterios y Asignación de Porcentajes.

Categoría	Método	Referencias
Subjetivo	AHP	(Anagnostopoulos & Vavatsikos, 2006; Chou, Anh-Duc, et al., 2013; Jaskowski, Biruk, & Bucon, 2010; Liu & Yan, 2007; Nassar & Hosny, 2013; Park & chul, 2012; Ramon San Cristobal, 2012; Topcu, 2004; Trivedi, 2011; W.-C. Wang et al., 2013; Y. Wang et al., 2014)
	ANP	(El-Abbasy et al., 2013)
	Asignación por Expertos / Tomadores de Decisiones	(Alhumaidi, 2015; Awad & Fayek, 2012; Bendana, del Cano, & de la Cruz, 2008; Darvish, Yasaei, & Saeedi, 2009; Horta, Camanho, & Lima, 2013; Li, Nie, & Chen, 2007; Nieto-Morote & Ruz-Vila, 2012; Plebankiewicz, 2009, 2012, 2014; Singh & Tiong, 2005; Vahdani, Mousavi, Hashemi,

Categoría	Método	Referencias
		Mousakhani, & Tavakkoli-Moghaddam, 2013; Wei et al., 2011)

Fuente: WSP; 2020

Los métodos de selección y ponderación de criterios se clasifican en dos categorías: los métodos subjetivos y los objetivos. Se puede observar que los métodos más populares en proyectos de ingeniería son los AHP, ANP y asignación por expertos que hacen parte de la categoría subjetiva. Los porcentajes de los criterios determinados por los métodos de ponderación subjetivas dependen sólo de la preferencia de todos los actores involucrados en la realización, revisión y aprobación de los diseños y no de los datos cuantitativos medidos en los proyectos de ingeniería.

7.2.4 Selección de Componentes

Una vez definida la metodología a desarrollar, se procede a determinar nueve (9) componentes por considerar en cada una de las alternativas. A continuación, se presenta la descripción de cada componente con el fin de aclarar y alinear los conceptos de evaluación técnica que fueron empelados por el consultor.

7.2.4.1 Predial

El proceso de crecimiento urbano ha generado innumerables retos para las ciudades en términos de planificación, gestión y financiación de proyectos. Un componente esencial de todos estos desafíos se encuentra en la gestión predial, supuesto esencial para el desarrollo de cualquier obra de infraestructura urbana.

La gestión predial no consiste únicamente en comprar suelo sino en desarrollar todo un conjunto de acciones orientadas a garantizar su disposición y orientar su uso al mayor beneficio colectivo.

Al componente predial se le asignó un 10% de ponderación por componente en la matriz multicriterio, esta calificación se otorga de acuerdo con el impacto que tienen las alternativas con cada uno de los componentes seleccionados.

7.2.4.2 Gestión de Trámites

El componente de gestión de trámites se puede definir como un conjunto de requisitos, pasos, o acciones regulados por el Estado, dentro de un procedimiento administrativo, que deben efectuar los usuarios ante una institución de la administración pública o particular que ejerce funciones administrativas, para adquirir un derecho o cumplir con una obligación prevista o autorizada por la Ley y cuyo resultado es un producto o un servicio.

Este componente tiene en cuenta los trámites y/o permisos que se deben efectuar ante las distintas entidades públicas del Distrito, así como los permisos por la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR). Lo anterior teniendo en cuenta la proyección

de redes de alcantarillado sobre el corredor vial de la futura Av. Boyacá que cruza la Reserva Thomas Van Der Hammen.

Al componente de gestión de tramites se le asignó un 10% de ponderación por componente en la matriz multicriterio, esta calificación se otorga de acuerdo con el impacto que tienen las alternativas con cada uno de los componentes seleccionados.

7.2.4.3 Social

El término componente social se refiere a toda la estructura que construye a una población en una región determinada. En líneas generales, un componente social es una estructura compuesta por todos los factores de la sociedad que influyen en ella, es decir, que el término engloba todo lo que la compone como los grupos sociales, grupos políticos, movimientos ambientalistas y demás factores que involucran el desarrollo de una sociedad en general.

Dado lo anterior, este componente tiene en cuenta la percepción de grupos sociales y/o ambientales de las alternativas del sistema de alcantarillado del proyecto Lagos de Torca. De igual forma considera el impacto y/o afectación que tendrían las alternativas de acueducto respecto al acceso vial y a la infraestructura vial existente.

Al componente social se le asignó un 10% de ponderación por componente en la matriz multicriterio, esta calificación se otorga de acuerdo con el impacto que tienen las alternativas con cada uno de los componentes seleccionados.

7.2.4.4 Ambiental

Este componente se centra en los elementos de la biodiversidad como ecosistemas, especies, Etc. Tiene en cuenta el impacto y/o afectación de las alternativas proyectadas del sistema de alcantarillado del proyecto Lagos de Torca, con los tratamientos silviculturales, zonas verdes y cuerpos de agua como Humedales, Quebradas y Canales que se encuentran dentro del proyecto. Para la evaluación de este componente se armonizó la información con los especialistas ambientales y forestales del proyecto y se anexa como soporte un shape con la información de los tratamientos silviculturales y de zonas verdes del proyecto. Lo cual permite evaluar y diferenciar la afectación de las alternativas proyectadas.

Al componente ambiental se le asignó un 15% de ponderación por componente en la matriz multicriterio, esta calificación se otorga de acuerdo con el impacto que tienen las alternativas con cada uno de los componentes seleccionados.

7.2.4.5 Componente Técnico

Teniendo en cuenta las evaluaciones técnicas de las alternativas proyectadas del sistema de alcantarillado del proyecto Lagos de Torca que son presentadas en el numeral 4.5 del presente informe, este componente técnico hace referencia principalmente a la complejidad constructiva de cada alternativa, así como a la interacción con redes de acueducto del costado oriental y las interferencias con cajas de puntos de conexión red matriz, cámaras, box culvert, EBAR, Cerchas) del proyecto Lagos de Torca.

Al componente técnico se le asignó un 15% de ponderación por componente en la matriz multicriterio, esta calificación se otorga de acuerdo con el impacto que tienen las alternativas con cada uno de los componentes seleccionados.

7.2.4.6 Armonización con Unidades Funcionales del Fideicomiso Lagos de Torca

Este componente se desarrolla acorde a las unidades funcionales del Fideicomiso Lagos de Torca. El objetivo es evaluar la concordancia de cada una de las alternativas proyectadas del sistema de alcantarillado con las unidades funcionales estipuladas en el fideicomiso. Es importante resaltar que a la fecha de elaboración de este informe se presentan dos (2) unidades funcionales para el costado occidental. El análisis y evaluación de esta información se presenta de manera detallada en el numeral 9. *Desarrollo Unidades funcionales y/o Etapas de Desarrollo”*

Al componente de armonización con unidades funcionales del fideicomiso Lagos de Torca se le asignó un 15% de ponderación por componente en la matriz multicriterio, esta calificación se otorga de acuerdo con el impacto que tienen las alternativas con cada uno de los componentes seleccionados.

7.2.4.7 Operación y Mantenimiento

Los planes de mantenimiento se encuentran establecidos para llevar a cabo la normal prestación del servicio y la rápida atención de las reclamaciones, para lo cual es importante disponer de procesos relacionados con la disponibilidad de los recursos físicos y de personal a tiempo. Estos procesos complementarios están básicamente relacionados con la contratación de las obras de mantenimiento y optimización operacional, interventoría de las obras mencionadas, suministro de materiales, elementos, equipos y herramientas para el personal de la empresa que directamente efectúa labores asociadas al mantenimiento de los sistemas.

La EAAB ha establecido procesos de mantenimiento correctivo y preventivo con una periodicidad específica que permite mejorar las condiciones de prestación de los servicios. Este componente se centra adicionalmente en el funcionamiento del sistema de alcantarillado en el proyecto Lagos de Torca.

Al componente de operación y mantenimiento se le asignó un 10% de ponderación por componente en la matriz multicriterio, esta calificación se otorga de acuerdo con el impacto que tienen las alternativas con cada uno de los componentes seleccionados.

7.2.4.8 Análisis de Riesgo

Considerando la definición de riesgo, como el daño, destrucción o pérdida esperada, obtenido de relacionar la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales peligros o amenazas, el riesgo se puede expresar en términos de pérdidas económicas directas. Este componente tiene un análisis global de las vulnerabilidades identificadas en el sistema de alcantarillado.

Al componente de análisis de riesgo se le asignó un 5% de ponderación por componente en la matriz multicriterio, esta calificación se otorga de acuerdo con el impacto que tienen las alternativas con cada uno de los componentes seleccionados.

7.2.4.9 Económico

Este componente tiene como objetivo lograr un análisis técnico, con énfasis en los aspectos económicos, de manera tal que permita contribuir notoriamente en la toma de decisiones y selección de la alternativa más viable. El aspecto económico (CAPEX) es netamente cuantitativo en términos de costos de implementación de la alternativa, es decir, sobre el presupuesto de cada una de las alternativas.

De igual forma, este componente tiene en cuenta una cuantificación estimada del costo de operación y mantenimiento (OPEX) de las alternativas del sistema de alcantarillado del proyecto Lagos de Torca. Todos los costos en los que se incurre para operar, mantener, inventariar y manejar el producto durante toda su vida anticipada. Estos pueden incluir costos de adaptación periódica y costos promedio si el sistema requiere efectuar reparaciones importantes en servicio, con base en experiencias de costos para otros sistemas ya desarrollados.

Al componente de económico se le asignó un 10% de ponderación por componente en la matriz multicriterio, esta calificación se otorga de acuerdo con el impacto que tienen las alternativas con cada uno de los componentes seleccionados.

7.2.5 Selección de Criterios de Evaluación

Una vez definidos los componentes a evaluar para cada alternativa, se procede a seleccionar los criterios de evaluación de cada componente junto con el porcentaje de la ponderación por criterios.

7.2.5.1 Predial

Los criterios de evaluación para el componente Predial son los siguientes:

- Número de predios afectados – 50%
- Número de predios especiales (Rondas, Clubes, Cementerios, Instituciones) – 50%

Se otorga una calificación numérica de acuerdo con el impacto que tiene la alternativa en cada uno de los componentes antes descritos. El porcentaje de ponderación de criterios para el número de predios afectados y número de predios especiales es del 50% para cada uno. Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente predial corresponde al 10%.

7.2.5.2 Gestión de Tramites

El criterio de evaluación para el componente de gestión de tramites es el siguiente:

- Trámites ante entidades públicas– 100%

Se otorga una calificación numérica de acuerdo con el impacto que tiene la alternativa en cada uno de los componentes antes descritos. El porcentaje de ponderación de criterios

para el trámite ante entidades públicas es del 100%. Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente de gestión de tramites corresponde al 10%.

7.2.5.3 Social

Los criterios de evaluación para el componente social son los siguientes:

- Percepción de grupos sociales – 60%
- Acceso Vial (Movilidad y afectación a infraestructura vial existente) – 40%

De esta manera se evalúa el impacto que tiene la alternativa en la percepción de grupos sociales y las afectaciones a infraestructura vial existente de la zona. El porcentaje de ponderación de criterios para la percepción de grupos sociales es del 60%, mientras que para el criterio relacionado con el acceso vial (Movilidad y afectación a infraestructura vial existente) es del 40%. Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente social corresponde al 10%.

7.2.5.4 Ambiental

Los criterios de evaluación para el componente Ambiental son los siguientes:

- Tratamientos silviculturales – 40%
- Afectación a zonas verdes – 20%
- Afectación a cuerpos de agua (Humedales, Quebradas, Canales) – 40%

Este componente resulta uno de los más importantes en la evaluación de alternativas, por su incidencia en la toma de decisión, por lo tanto, se le otorga un 15% de peso en el análisis global, evaluando el impacto en la implementación de la alternativa en el componente biótico (flora, fauna y cuerpos de agua). Para la evaluación de este componente se armonizó la información con los especialistas ambientales y forestales del proyecto y se anexa como soporte información en formato shape de los tratamientos silviculturales y de zonas verdes del proyecto. Lo cual permite evaluar y diferenciar la afectación de las alternativas proyectadas.

El ejercicio que permite evaluar los criterios de este componente, se basa en la superposición de las tres (3) alternativas de alcantarillado con la información detallada del componente biótico (Flora, Fauna, Cuerpos de Agua, entre otros). Lo anterior para determinar la afectación que tiene cada tramo de las redes proyectadas respecto a los criterios del componente. Para dar mayor claridad, se presenta a manera de ejemplo la Figura 11 en donde se observa la superposición descrita anteriormente. Cabe resaltar que la imagen corresponde a la alternativa sugerida del sistema de alcantarillado, sin embargo, este ejercicio se realizó para todas las alternativas. De igual forma se incluye en el Anexo 4 “Cobertura LDT” la información correspondiente en formato shape para verificación de la información. Debido a la gran cantidad de coberturas que se presentan en la delimitación del Plan Zonal Lagos de Torca, se incluye también en el anexo, las convenciones de las coberturas que se presentan en la Figura 11.

Figura 11. Cobertura Componente Ambiental Vs Alternativa 1 Alcantarillado Sanitario.



Fuente: WSP, 2020.

7.2.5.5 Componente Técnico

Los criterios de evaluación para el componente Técnico son los siguientes:

- Complejidad Constructiva – 40%
- Interacción con redes del costado oriental – 30%
- Interferencias con (cajas de puntos de conexión red matriz, Cámaras, Box Culvert, EBAR, Cerchas) – 30%

Este componente tiene un peso del 15% sobre la totalidad evaluada y permite calificar el desarrollo de la alternativa desde el punto netamente técnico hidráulico en la implementación, de esta manera se tienen en cuenta aspectos como la complejidad constructiva (40%), Interacción con redes del costado oriental (30%) e Interferencias con cajas de puntos de conexión red matriz, cámaras, Box Culvert, EBAR, Cerchas (30%). Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente técnico corresponde al 15%.

7.2.5.6 Armonización con Unidades Funcionales del fideicomiso Lagos de Torca

El criterio de evaluación para el componente de armonización con unidades funcionales del fideicomiso Lagos de Torca es el siguiente:

- Concordancia con desarrollo de unidades funcionales– 100%

Se otorga una calificación numérica de acuerdo con el impacto que tiene la alternativa en cada uno de los componentes antes descritos. El porcentaje de ponderación de criterio de concordancia con desarrollo de unidades funcionales es del 100%. Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente de armonización con unidades funcionales del fideicomiso Lagos de Torca corresponde al 15%.

7.2.5.7 Operación y Mantenimiento

Los criterios de evaluación para el componente de operación y mantenimiento son los siguientes:

- Operación y mantenimiento de estructuras y cuerpos de agua– 60%
- Funcionamiento del sistema de Alcantarillado– 40%

Este componente tiene un peso del 10% sobre la totalidad evaluada y permite calificar el desarrollo de la alternativa desde el punto netamente de operación y mantenimiento, de esta manera se tienen en cuenta aspectos como operación y mantenimiento de estructuras y cuerpos de agua (60%), Funcionamiento del sistema de Alcantarillado" (40%). Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente de operación y mantenimiento corresponde al 10%.

7.2.5.8 Análisis de Riesgo

El criterio de evaluación para el componente de análisis de riesgo es el siguiente:

- Vulnerabilidad del sistema de Alcantarillado– 100%

Se otorga una calificación numérica de acuerdo con el impacto que tiene la alternativa en cada uno de los componentes antes descritos. El porcentaje de ponderación de criterio de vulnerabilidad del sistema de Alcantarillado es del 100%. Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente de análisis de riesgo corresponde al 5%.

7.2.5.9 Económico

Los criterios de evaluación para el componente económico son los siguientes:

- CAPEX – 70%
- OPEX – 30%

De esta manera se evalúa el impacto que tiene la alternativa en el componente económico. El porcentaje de ponderación de criterios el CAPEX es del 70%, mientras que para el criterio OPEX es del 30%. Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente económico corresponde al 10%.

7.2.5.10 Determinación y Asignación de Porcentajes

Con una estructura jerárquica de componentes, cada criterio está asociado con un porcentaje local (Ponderación por criterio). y un porcentaje global (Ponderación por componente).

El porcentaje local de un criterio se refiere al peso en relación con otros criterios en el mismo grupo y nivel, lo que se evaluará mediante el proceso de comparación por pares (*A1, A2, A3*). El porcentaje global de un componente hace referencia a la importancia relativa de todos los demás componentes para el objetivo global de selección de alternativas.

Para calcular el porcentaje local de cada criterio, se proporcionó un juicio técnico comparativo sobre la importancia relativa de un criterio sobre otro, pertenecientes ambos al mismo nivel y el grupo en la estructura jerárquica.

Los componentes utilizados pueden ser cualitativos o cuantitativos, y la jerarquía de cada uno se calcula teniendo en cuenta la contribución de cada componente y criterio, esto definirá el resultado final.

El proceso de jerarquización se basa en comparaciones por pares: Se debe comparar las alternativas (*A1, A2, A3A*) con respecto a un componente y se asigna un valor numérico para darles un peso o porcentaje relativo. La comparación se basa en una escala fundamental que puede variar, por lo cual se puede seleccionar entre alguna escala utilizada previamente o definir una nueva. Para este caso se definió una escala discreta, se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8 Definición Escala Definida de Importancia Relativa.

Valor Numérico	Descripción
1	Baja
5	Media
9	Alta

Fuente: WSP; 2020

Por lo tanto, la alternativa que mayor valor adquiera será la más viable técnica y económicamente.

A continuación, se presenta la matriz multicriterio con una evaluación asumida por el consultor.

En la Tabla 9 se presenta la evaluación de la Matriz Multicriterio para las alternativas de drenaje sanitario.

Tabla 9 Evaluación Matriz Multicriterio

ID	Componente a considerar	No.	Criterios de evaluación	Unidad	Ponderación por Componente	Ponderación por Criterio	Escala de comparación			Vector de prioridad		
							Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
1	Predial	1	Número de predios afectados	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)	10%	50%	5	1	9	0,5	0,1	0,9
		2	Número de predios especiales (Rondas, Clubes, Cementerios, Instituciones)	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)		50%	5	1	9			
2	Gestión de Trámites	1	Trámites ante entidades públicas	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)	10%	100%	1	5	9	0,1	0,5	0,9
3	Social	1	Percepción de grupos sociales	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)	10%	60%	9	5	1	0,9	0,5	0,1

ID	Componente a considerar	No.	Criterios de evaluación	Unidad	Ponderación por Componente	Ponderación por Criterio	Escala de comparación			Vector de prioridad		
							Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
		2	Acceso Vial (Movilidad y afectación a infraestructura vial existente)	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)		40%	9	5	1			
4	Ambiental	1	Tratamientos silviculturales	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)	15%	40%	1	5	9	0,15	0,75	1,35
		2	Afectación a zonas verdes	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)		20%	1	5	9			
		3	Afectación a cuerpos de agua (Humedales, Quebradas, Canales)	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)		40%	1	5	9			

ID	Componente a considerar	No.	Criterios de evaluación	Unidad	Ponderación por Componente	Ponderación por Criterio	Escala de comparación			Vector de prioridad		
							Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
5	Componente Técnico	1	Complejidad Constructiva	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)	15%	40%	9	5	1	0,99	0,75	0,51
		2	Interacción con redes del costado oriental	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)		30%	9	5	1			
		3	Interferencias con (cajas de puntos de conexión red matriz, Cámaras, Box Culvert, EBAR, Cerchas)	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)		30%	1	5	9			
6	Armonización con unidades funcionales del Fideicomiso Lagos de Torca	1	Concordancia con desarrollo de unidades funcionales	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)	15%	100%	9	5	1	1,35	0,75	0,15

ID	Componente a considerar	No.	Criterios de evaluación	Unidad	Ponderación por Componente	Ponderación por Criterio	Escala de comparación			Vector de prioridad		
							Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
7	Operación y mantenimiento	1	Operación y mantenimiento de estructuras y cuerpos de agua.	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)	10%	60%	9	5	1	0,9	0,5	0,1
		2	Funcionamiento del sistema de alcantarillado	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)		40%	9	5	1			
8	Análisis de Riesgo	1	Vulnerabilidad del sistema de Alcantarillado	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)	5%	100%	9	5	1	0,45	0,25	0,05
9	Económico	1	CAPEX	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)	10%	70%	5	1	9	0,62	0,22	0,66

ID	Componente a considerar	No.	Criterios de evaluación	Unidad	Ponderación por Componente	Ponderación por Criterio	Escala de comparación			Vector de prioridad		
							Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
		2	OPEX	Escala Discreta (1- Menos Favorable , 5 Favorable y 9 Mas Favorable)		30%	9	5	1			
					100%				5,56	4,72	4,72	
									La Alt 1 es la más viable técnica y económicamente			

Fuente: WSP; 2020



Luego de la evaluación de alternativas mediante la matriz multicriterio se obtuvo que la alternativa 1 es la más viable desde el punto de vista técnico y económico. Debe Tenerse en cuenta que con la implementación de esta alternativa se consigue conducir el caudal generado por el costado nor-occidental del proyecto lagos de Torca hacia la Estación de Bombeo de Aguas Residuales (EBAR), para descargar finalmente al Interceptor Río Bogotá (IRB). Lo que genera un funcionamiento hidráulico óptimo del sistema de alcantarillado sanitario, teniendo así una mayor concordancia con el desarrollo de las unidades funcionales del proyecto y una complejidad constructiva más favorable que las demás alternativas El valor total otorgado de evaluación corresponde a 5,56 para la alternativa sugerida. De igual forma la alternativa 2 y 3 logran la segunda y tercera evaluación ambas con un valor de 4,72.

8 ALTERNATIVA SUGERIDA UNIFICADA

Después de hacer la descripción detallada de las diferentes alternativas planteadas y de hacer la evaluación técnica y económica presentada en los numerales anteriores, se seleccionó sobre el sector oriental la alternativa 3A y sobre el sector occidental la alternativa 1, lo anterior se presenta de manera unificada en la Figura 12.

Figura 12. Alternativa Sugerida – Alcantarillado Sanitario



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2019.

8.1 SISTEMA DE COLECTORES COSTADO ORIENTAL

La alternativa sugerida se proyecta con el propósito de facilitar la conexión de los planes parciales localizados al oriente de la Avenida 9ª con el interceptor proyectado por la Avenida Santa Bárbara, y de esta manera proporcionar solución para la entrada en funcionamiento del sistema para los planes parciales 15 (Mazda) y 16 en la operación 1 según las cargas generales estipuladas en el Decreto No. 425 de 2018.

Finalmente, la alternativa fue modificada planteando un drenaje independiente para el plan parcial 14 – Las Flores por la Av. Polo hasta conectar con el interceptor de la Av. Santa Bárbara, en el pozo 56. Esta alternativa generó un nuevo cruce sobre la vía férrea y por consiguiente con la red matriz Tibitoc – Usaqué. El interceptor proyectado por la Av. Polo se propone de 8" en PVC y finaliza en 12", transportando únicamente las aguas residuales del PP 14. A causa de esto el interceptor proyectado por la Av. Santa Bárbara reduce el diámetro de 36" a 33" con respecto a la alternativa 3.

También se proyecta drenar el 100% de las aguas residuales del plan Parcial No.10 (El Rosario) a los interceptores existentes Torca Izquierdo y Torca Derecho, con la finalidad que puedan entrar en ejecución con la operación 1 de las cargas generales.

Los interceptores que se proponen en el costado oriental de la Autopista Norte y que drenan hacia la avenida El Polo, son:

- Interceptores de la Avenida 9ª en sentido Sur – Norte (Entre la Calle 192 y la Avenida El Polo).
- Interceptor de la Avenida 9ª en sentido Norte – Sur (Entre la Calle 245 y el empalme con la Avenida Santa Bárbara).
- Interceptor de la Avenida Santa Bárbara en sentido Norte – Sur (Entre la Avenida El Jardín y la Avenida El Polo).
- Interceptor de la Avenida Jorge Uribe en sentido Sur – Norte (Entre el canal Tibabita y la Avenida El Polo).
- Interceptor de la Avenida 9ª (Entre la Quebrada San Juan y la Avenida El Jardín) y la Avenida El Jardín (Entre la Avenida Laureano Gómez y la Avenida Santa Bárbara).
- Interceptor de la Avenida 9ª (Entre la Quebrada San Juan y la Avenida Guaymaral Norte) y la Avenida Guaymaral Norte (Entre la Avenida Laureano Gómez y la Avenida Santa Bárbara).
- Interceptor de la Avenida 9ª y Av. Polo (Para drenaje del PP 14).

8.2 SISTEMA DE COLECTORES COSTADO OCCIDENTAL

Esta alternativa contempla la conexión de colectores principales proyectados por la Av. Boyacá y Av. Villas al norte de la Av. El Polo que a su vez recogen tuberías secundarias previstas por las avenidas proyectadas en el sentido oriente-occidente, es decir, la Av. Guaymaral, Arrayanes, El Polo. Los aspectos más relevantes de esta propuesta son los siguientes:

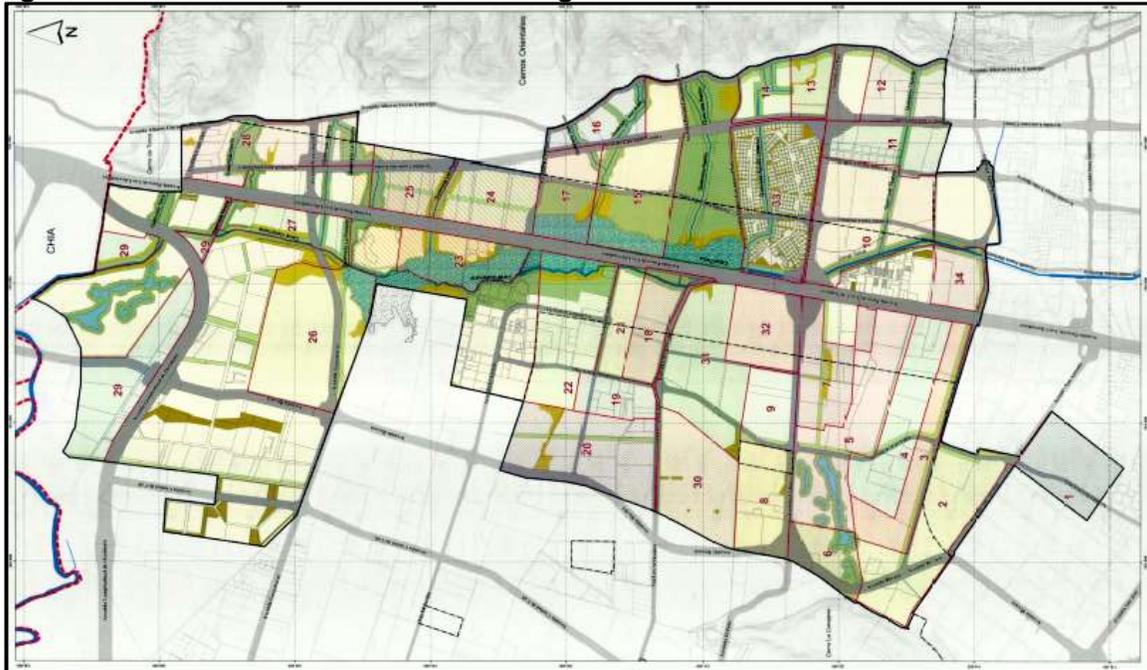
- Drenaje por gravedad a través del colector principal localizado en Av. Boyacá, sentido norte – sur con colectores transversales en las Av. Guaymaral, El Jardín y Los Arrayanes conectados a las Av. Boyacá y Las Villas (Colectores de 0,35 a 0,91m).
- Drenaje de la totalidad del costado oriental de la Autonorte a través de los Interceptores Torca Izquierdo y Derecho empatados al IRB.
- Para el costado norte se requiere bombeo de las áreas con planes parciales 29, 27 y 26, así como la red existente conjunto San Simón.
- Punto crítico → Cruce sobre Canal Guaymaral.
Cota Corona 2547,15
Cota Fondo 2541,77
- Conexión de los planes parciales 1, 2, 3 y parte de los planes 4 y 5, a la red del interceptor Boyacá Oriental de 36" que recoge en el sentido oriente-occidente sobre la Calle 183 hasta la Autopista Norte, donde toma al norte hasta la Av. El Polo descargando al interceptor Río Bogotá.

9 DESARROLLO UNIDADES FUNCIONALES Y/O ETAPAS DE DESARROLLO

Teniendo en cuenta la información suministrada por el fideicomiso en el cual se presentan los desarrollos de los Planes Parciales a futuro inmediato, mediano plazo y largo plazo, para el sistema de acueducto se proponen las siguientes Fases.

Cabe aclarar que el análisis y/o evaluación hidráulica de las redes que irán entrando en funcionamiento según el cronograma y desarrollo urbanístico del proyecto Lagos de Torca, se presentará en el producto 14.

Figura 13 Desarrollo Planes Parciales Lagos de Torca

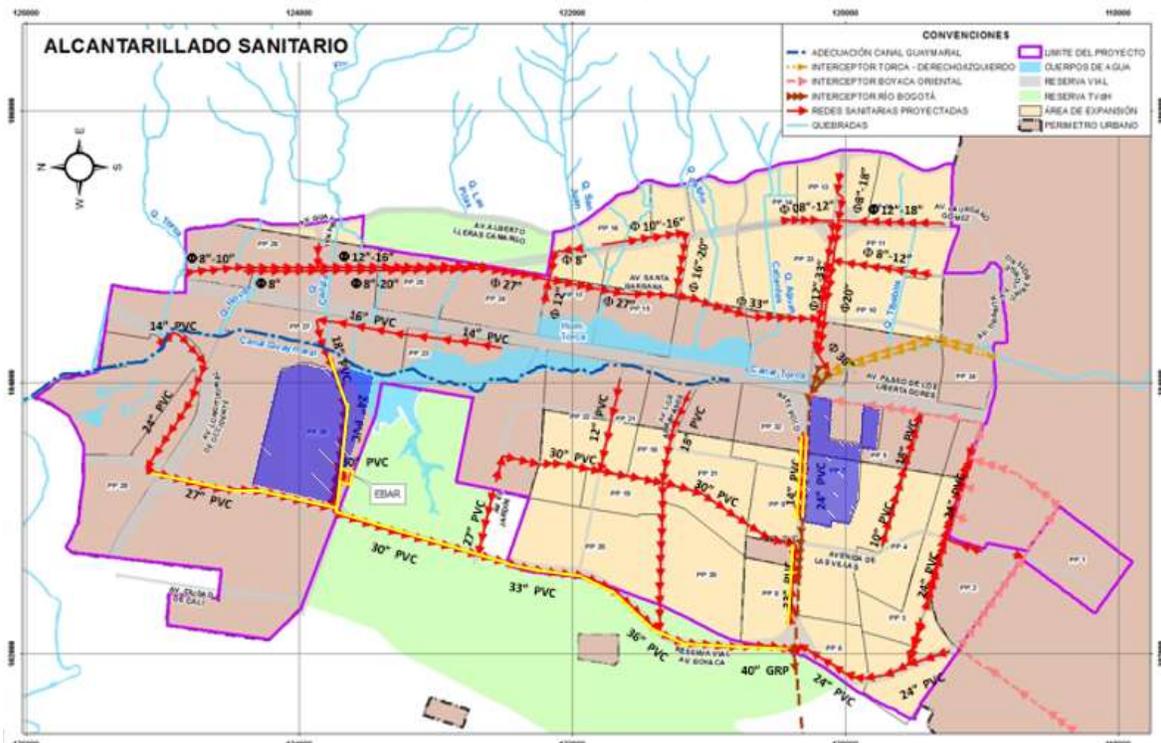


Fuente: Planos Decreto 088-2017, Anexo 13.

9.1 DESARROLLO UNIDAD FUNCIONAL 2 O ETAPA DE DESARROLLO INMEDIATA

Los Planes Parciales No. 7 “El Otoño” y No. 26 “El Bosque” hacen parte de la unidad Funcional 2 del proyecto, por lo anterior para el drenaje de alcantarillado sanitario de estos Planes Parciales se deberán realizar las siguientes obras.

Figura 14 Desarrollo Unidad Funcional 2 o Etapas de desarrollo inmediata.



Fuente: WSP; 2020

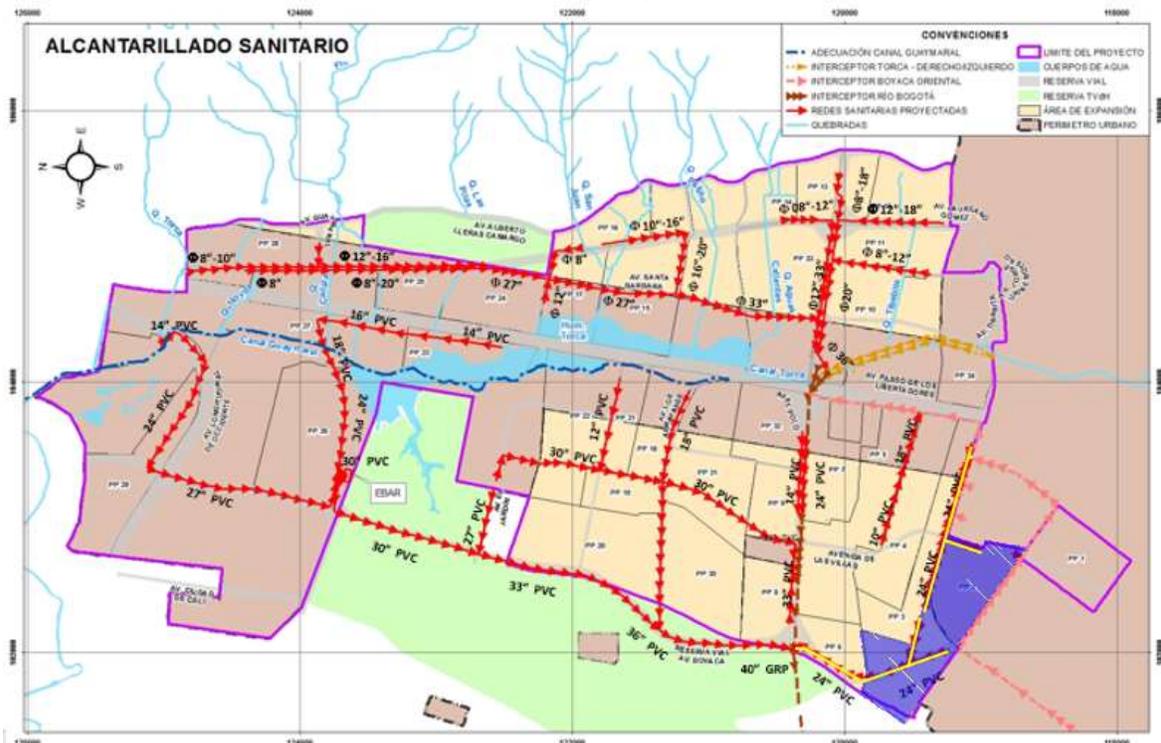
Plan Parcial No. 7 “El Otoño” y No. 26 “El Bosque”: Para el drenaje sanitario de la unidad funcional 2, se hace necesario la construcción de la EBAR con el fin de poder recibir todas las áreas de drenaje de aguas residuales. Para el sector norte se deberá construir las redes proyectadas de $\varnothing 18''$ a $\varnothing 30''$ en PVC sobre la Av. Guaymaral hasta entregar a la EBAR. De igual forma se debe construir las redes de $\varnothing 24''$, $\varnothing 27''$, $\varnothing 30''$, $\varnothing 33''$, $\varnothing 36''$ y $\varnothing 40''$ en PVC proyectadas sobre el corredor vial de la Av. Boyacá desde la ALO (Avenida Longitudinal de Occidente) hasta la AC 201 (Av. El Polo).

Para el drenaje de las aguas sanitarias del Plan Parcial No. 7 “El Otoño”, se deberá construir todas las redes proyectadas sobre la AC 201 (Av. El Polo) entre la AK 72 (Av. Boyacá) y la AK 45 (Autopista Norte), entregando así al Interceptor Río Bogotá IRB.

9.2 DESARROLLO UNIDAD FUNCIONAL 3 O ETAPA DE DESARROLLO INMEDIATA

El Plan Parcial No. 2 “El Carmen” hace parte de la unidad Funcional 3 del proyecto, por lo anterior para el suministro de Agua potable de este Plan Parcial se deberán realizar las siguientes obras.

Figura 15 Desarrollo Unidad Funcional 3 o Etapas de desarrollo inmediato.



Fuente: WSP; 2020

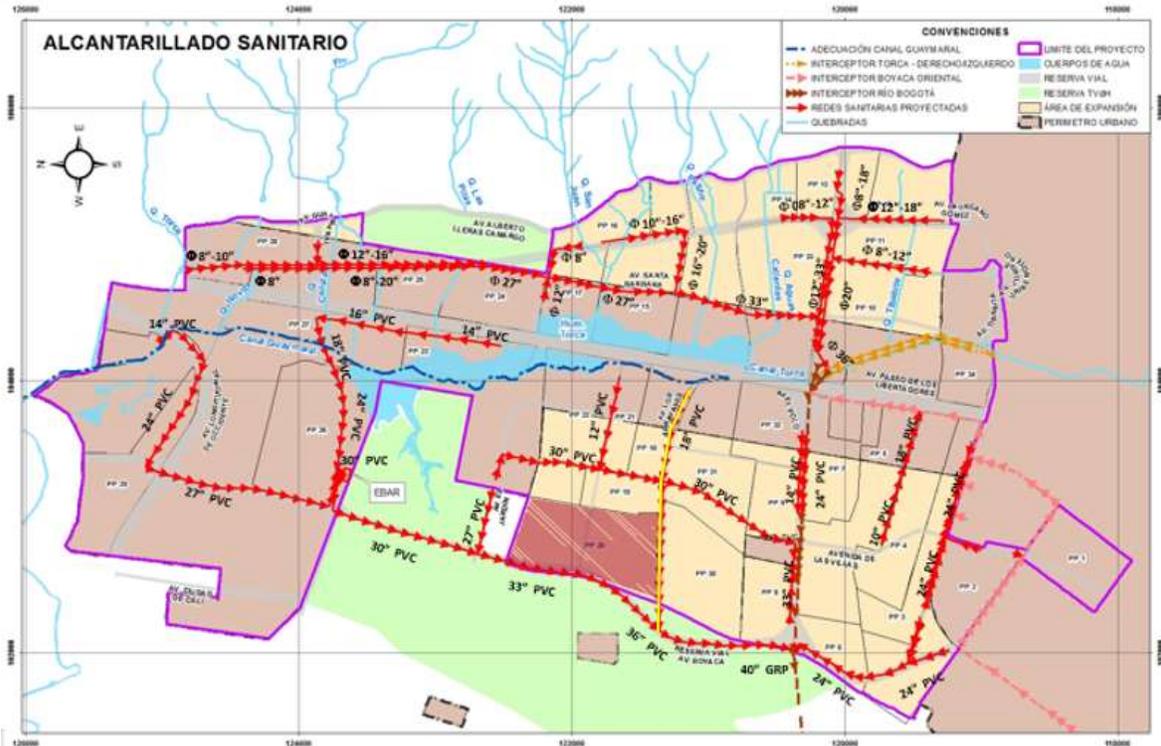
Plan Parcial No. 2 “El Carmen”: Para el drenaje sanitario de la unidad funcional 3, se hace necesario la construcción de las redes proyectadas de Ø24” en PVC sobre la Calle 191 (Av. Tibabita) entre la AK 72 (Av. Boyacá) y la AK 45 (Autopista Norte).

De igual forma se debe construir las redes de Ø24” en PVC proyectadas sobre el corredor vial de la Av. Boyacá desde la Av. Calle 183 hasta la AC 201 (Av. El Polo), entregando así al Interceptor Río Bogotá IRB.

9.3 DESARROLLO DE ETAPAS A MEDIANO PLAZO

El Plan Parcial No. 20 “El Coral” hace parte del Desarrollo a Mediano Plazo del proyecto, por lo anterior para el suministro de Agua potable de este Plan Parcial se deberán realizar las siguientes obras.

Figura 16 Desarrollo de etapas a mediano plazo Plan Parcial No. 20 “El Coral”.

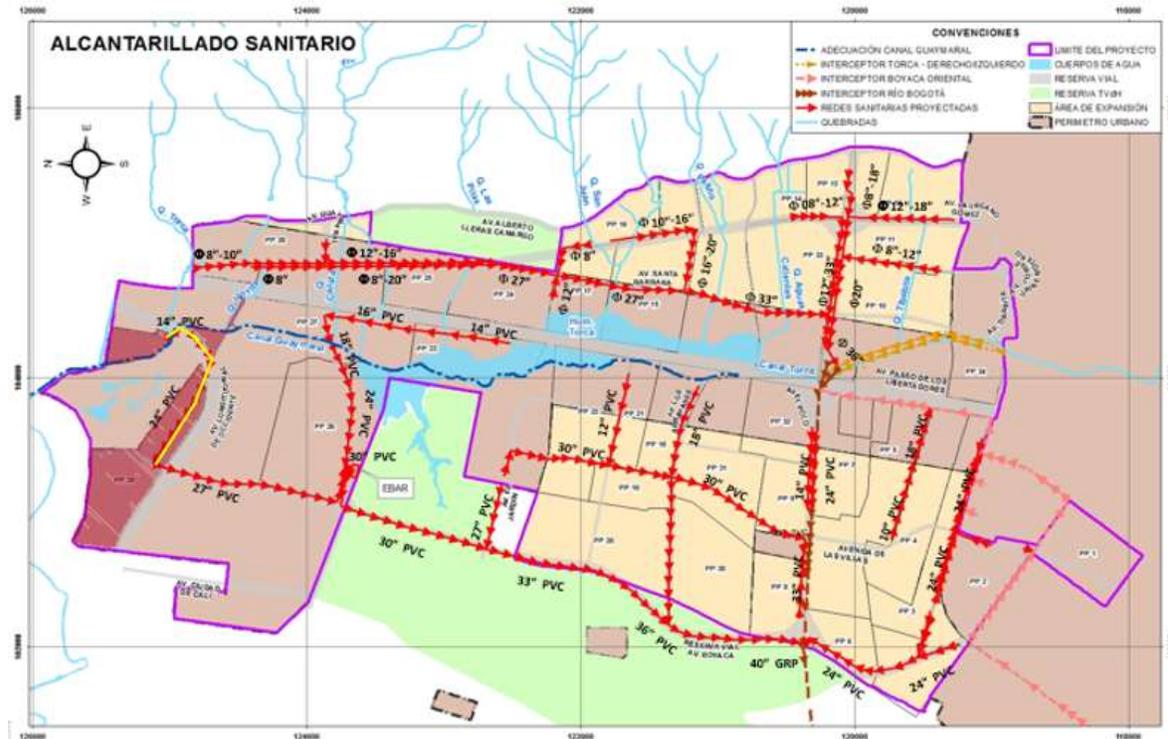


Fuente: WSP; 2020

Plan Parcial No. 20 “El Coral”: Para el drenaje sanitario del Plan Parcial 20, se hace necesario la construcción de las redes proyectadas de Ø8” y Ø18” en PVC sobre la Av. Arrayanes desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Av. Boyacá).

El Plan Parcial No. 29 “Múdela del Río” hace parte del Desarrollo a Mediano Plazo del proyecto, por lo anterior para el suministro de Agua potable de este Plan Parcial se deberán realizar las siguientes obras.

Figura 17 Desarrollo de etapas a mediano plazo Plan Parcial No. 29 “Múdela del Rio”.



Fuente: WSP; 2020

Plan Parcial No. 29 “Múdela Del Rio”: Teniendo en cuenta las redes a construir por la Unidad Funcional 2, El Plan Parcial 29 debe construir las redes proyectadas de Ø14” a Ø24” en PVC sobre la vía local del Plan Parcial No. 29 paralela a la ALO (Avenida Longitudinal de Occidente) desde la AK 72 (Avenida Boyacá) hasta cubrir el frente de sus predios.

Los demás Planes Parciales que hacen parte del **Desarrollo a Largo Plazo** del proyecto, deberán realizar el restante de las obras correspondientes a la alternativa sugerida, para el drenaje de alcantarillado sanitario.

10 CONCLUSIONES

Las tres alternativas presentadas se diseñan para la totalidad del caudal de aporte de los planes parciales en su descarga sanitaria, así como las zonas urbanizadas contiguas, como el conjunto San Simón, y que deben ser conectadas al sistema a diseñar.

En las tres alternativas se planea un sistema de bombeo requerido para la evacuación de aguas residuales de la zona baja del desarrollo del borde norte de la Ciudad de Bogotá, en especial para los planes parciales que se encuentran al norte de la Av. Guaymaral, que por su cota de terreno, no pueden ser conectados al sistema por gravedad.

Para la elección de la alternativa se deben tener en cuenta, además del aspecto técnico hidráulico, la incorporación de elementos como el diseño geométrico vial, el urbanismo, y sobre todo el cronograma de construcción general, para así tener la integralidad de elementos que permitan la ejecución de las obras en los términos de tiempo requeridos para el desarrollo urbanístico.

Para las alternativas dos y tres se requiere la coordinación con las redes del costado norte del proyecto Lagos de Torca, definiendo así caudales de aporte y cotas de entrega del costado oriental al occidental y viceversa, de acuerdo con la solución planteada.

De acuerdo con los costos presentados, dado que son similares, es poca la incidencia en la decisión de la alternativa a implementar, sin embargo, se deben tener en cuenta los costos operativos, y sobre todo a quien esté a cargo de la estación propuesta, además de requerir los tramites y permisos para la construcción y puesta en marcha de la estación de bombeo de aguas residuales.

Las cotas de instalación presentadas corresponden a las cotas de terreno actuales, sin embargo, se deben ajustar a las cotas rasantes definitivas, una vez se tengan los diseños viales con perfiles y secciones para la verificación de alturas mínimas.

Teniendo en cuenta las condiciones topográficas con bajas pendientes, las profundidades de instalación y las características constructivas en la zona, se recomienda el uso de tuberías de PVC pared estructural para diámetros de hasta 30" y tuberías en fibra de vidrio GRP para diámetros superiores.

Teniendo en cuenta la evaluación de la matriz multicriterio, se determina que la alternativa número uno (1) es la más viable técnica y económicamente, por lo que se recomienda la selección de dicha alternativa. (Ver numeral 7 del presente informe.)



Anexo 1 Memorias de cálculo hidráulico y Modelos Hidráulicos



Anexo 2 Comunicación con definición de población por planes parciales



Anexo 3 Presupuesto aproximado



Anexo 4 Cobertura LDT



Anexo 5 Planos