

# ESTUDIO PLAN MAESTRO SISTEMA RED MATRIZ DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ Y EL MUNICIPIO DE SOACHA

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 2-02-25400-0810-2010

## RESUMEN EJECUTIVO

### Plan de Expansión Sistema Red Matriz de Acueducto



## Tabla de Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	JUSTIFICACIÓN.....	2
3.	CONTENIDO.....	5
4.	PRODUCTOS DE LA CONSULTORÍA.....	7
5.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA .....	10
5.1	Descripción del Sistema Existente y Actualización de Inventario de Infraestructura ..	10
5.2	Servicio a los Municipios .....	11
5.3	Desarrollo de Demandas Existentes.....	12
5.4	Desarrollo de Demandas Futuras .....	13
5.4.1	Estudio de Proyección de Demandas.....	13
5.4.2	Proyección de la Demanda en Soacha .....	14
5.5	Proyección de la Demanda para el Plan Maestro.....	14
6.	ACTUALIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO.....	19
7.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA ESTABLECER MEJORAS AL SISTEMA DE RED MATRIZ.....	22
7.1	Escenarios de Evaluación del Sistema de Red Matriz.....	23
7.2	Evaluación de Optimización de Operación.....	25
8.	PLAN DE INVERSIONES.....	37
9.	OBRAS EN ETAPA DE FACTIBILIDAD O ESTUDIO DURANTE EL DESARROLLO DEL PLAN MAESTRO DEL 2.011 .....	51
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ADICIONALES .....	52
10.1	Sectores Hidráulicos.....	52
10.2	Mediciones de Presión Adicionales .....	53
10.3	Mediciones de Caudal Adicionales .....	53
10.4	Comparación Datos de Micromedición y Macromedición.....	54
10.5	Presión Disponible en las PCH.....	54

## Lista de Figuras

Figura 1- 1 Objetivos del estudio .....	1
Figura 4- 1 Alcance del trabajo de la consultoría.....	7
Figura 6- 1 Componentes de la actualización del modelo hidráulico.....	19
Figura 7-1 Sector 106 .....	32
Figura 7-2 Sector 210.....	33
Figura 7-3 Sector 415 .....	34
Figura 7-4 Sector 420.....	35
Figura 7-5 Sector 502 .....	36

## Lista de Tablas

Tabla 5- 1 Municipios con servicio de agua potable de la EAAB-E.S.P.....	11
Tabla 5- 2 Proyección de la demanda total regional a ser servida por la EAAB-E.S.P... ..	15
Tabla 5- 3 Resumen ajustes proyección de demanda a partir del estudio de Cubillos (2.010).....	16
Tabla 5- 4 Resumen de demanda adicional por ubicación.....	18
Tabla 6- 1 Infraestructura simulada en el Modelo Hidráulico Inventario Actualizado.....	20
Tabla 7- 1 Evaluación de Velocidad en las Entregas.....	28
Tabla 8- 1 Plan de inversiones – Obras Inmediatas (Años 2.012-2.014).....	38
Tabla 8- 2 Plan de inversiones – Obras 2.015.....	39
Tabla 8- 3 Plan de inversiones – Obras 2.017-2.020.....	44
Tabla 8- 4 Plan de inversiones – Obras 2.025.....	46
Tabla 8- 5 Plan de inversiones – Obras 2.030.....	47
Tabla 8- 6 Resumen de Costo de Obras Nuevas por Año.....	48

# PLAN MAESTRO DE LA RED MATRIZ DE BOGOTÁ Y SOACHA – RESUMEN EJECUTIVO

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las condiciones de la Invitación No. ICSM-0802-2.010, la Empresas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. (EAAB-E.S.P.) contrató a Camp Dresser & McKee Inc. (CDM) para realizar el Estudio Plan Maestro Sistema Red Matriz de Acueducto de la Ciudad de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha. El estudio incluyó las actividades para actualizar el modelo de simulación hidráulica de la Red Matriz y con base en el modelo actualizado, la definición y formulación de los planes quinquenales de inversión en infraestructura de expansión para el horizonte de planeación de 2011-2030. Se constituyó el Contrato de Consultoría No. 2-02-25400-0810-2.010, cuyos objetivos generales y específicos fueron:

**Figura 1- 1 Objetivos del estudio**

**Objetivo General:** Realizar el estudio de Plan Maestro del Sistema Red Matriz de Acueducto de la ciudad de Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha.

**Objetivo Específico:** Actualizar los estudios del Plan Maestro del Sistema Red Matriz de Acueducto de la ciudad de Bogotá y el Municipio de Soacha, que comprende la actualización del modelo de simulación hidráulica de la red y con base en éste, la definición y formulación del Plan de Inversiones en la Infraestructura de expansión requerida.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La EAAB-E.S.P. decidió actualizar el Plan Maestro principalmente por las siguientes razones.

El anterior estudio de Plan Maestro del sistema Red Matriz de acueducto fue realizado en el año 2004. Éste comprendió la expansión, rehabilitación, optimización y reducción de la vulnerabilidad de la Red Matriz<sup>1</sup> con base en los estudios de proyección de población y demanda de agua realizados con anterioridad al censo poblacional del 2005. Desde entonces se han construido un 30% de los proyectos propuestos en el Plan Maestro 2004, se han recibido nuevas demandas de servicio y gracias a los avances tecnológicos de la empresa, se ha generado información técnico-operativa valiosa que justifica la evaluación de la Red Matriz y la formulación del plan de inversiones de expansión de la infraestructura de dicho sistema para cubrir la demanda actual y futura. Mantener el Plan Maestro actualizado está de acuerdo con los altos estándares de calidad de la EAAB-E.S.P. y asegura que le empresa pueda mantener sus altos estándares de cubrimiento y servicio.

Es inminente la construcción de nuevos proyectos de vivienda en Bogotá D.C. y los municipios vecinos atendidos por la EAAB-E.S.P., con los cuales se incorporarán nuevas áreas de desarrollo urbano para vivienda de interés social y altos estratos socio-económicos. Entre estos desarrollos se destacan: el borde norte de Bogotá, que en el 2011 no cuenta con autorización del Distrito Capital para construir; sin embargo, las redes matrices de acueducto y alcantarillado están diseñadas a nivel de factibilidad. Adicionalmente, en el Municipio de Soacha los macro-proyectos de vivienda de interés social<sup>2</sup> incrementarían la demanda considerablemente en un mediano y largo plazo. Por el incremento esperado en las demandas, urge definir si el sistema de Red Matriz tiene capacidad suficiente para prestar el servicio. Para tal efecto, se deben establecer los requerimientos hidráulicos y definir los proyectos para un suministro oportuno y suficiente del servicio de acueducto a la ciudad de Bogotá y al Municipio de Soacha.

La EAAB-E.S.P. contaba con un modelo de simulación hidráulica de la Red Matriz de acueducto del año 2008, el cual requería ser complementado con las cadenas de bombeo existentes, además de ser actualizado y optimizado. Estos procesos permitieron realizar una programación integral de la expansión de la Red Matriz y su uso rutinario en la planeación, desarrollo, operación, control y mantenimiento, a cargo de la Dirección Red Matriz de Acueducto de la Gerencia Sistema Maestro.

La EAAB-E.S.P. ha actualizado el estudio de proyección global y espacial de la demanda de agua de Bogotá D.C. y sus municipios vecinos<sup>3</sup>. Dicho estudio se empleó en la actualización del modelo de

---

<sup>1</sup> Actualización del Plan Maestro del Sistema Red Matriz de Acueducto y conformación de la programación de obras de los sistemas de rehabilitación, optimización y vulnerabilidad, realizado por la firma Salgado Meléndez Asociados en el año 2.004, Contrato N° 2-02-25400-351-2.004.

<sup>2</sup> Programa del Plan Nacional de Desarrollo para la Prosperidad 2.010 – 2.014

<sup>3</sup> Estudio de consultoría de las proyecciones de demanda de agua de la ciudad de Bogotá y municipios vecinos, consultor Rafael Cubillos mediante contrato N° 2-02-25400-0296-2.009

simulación hidráulica de la Red Matriz de Acueducto y su Plan Maestro de expansión, teniendo en cuenta el caudal actual y proyectado.

En concordancia con lo anterior, en este estudio se establece el programa de ampliación de mediano y largo plazo de la infraestructura de acueducto (tanques, estaciones de bombeo y tubería matriz) de la EAAB-E.S.P. para asegurar la prestación oportuna de los servicios a Bogotá D.C., Municipio de Soacha y los demás municipios vecinos, que actualmente reciben el servicio de agua potable, bajo la modalidad de prestación directa por parte de la EAAB-E.S.P, o de venta de agua en bloque (Sopó, Tocancipá, Cajicá, Chía, La Calera, Funza, Madrid, Mosquera y Cota-Zona Industrial).

Dado el objeto y alcance de esta consultoría, de acuerdo con los términos de referencia, en este estudio se resalta que:

- Se incluyeron aquellos municipios vecinos a Bogotá, D.C. que actualmente reciben el servicio de acueducto de parte de la EAAB-E.S.P y los municipios del Bajo Tequendama.<sup>4</sup>
- El modelo se calibró con la información disponible y se desarrolló de acuerdo con los siguientes esquemas de operación del servicio: condiciones normales de operación, operación de contingencia por el mantenimiento de los túneles del Sistema Chingaza (operando Planta de tratamiento Tibitoc con tanque Alto) y operación de contingencia por el mantenimiento de los túneles del Sistema Chingaza (operando Planta de tratamiento Tibitoc con Tanque Bajo).
- Se evaluó la infraestructura de Red Matriz de Acueducto por etapas, hasta la saturación de Bogotá D.C. y del Municipio de Soacha.
- Los resultados de las evaluaciones desarrolladas se utilizaron en la formulación de las obras nuevas y el plan de inversión correspondiente a infraestructura de expansión de la Red Matriz para Bogotá D.C. y el Municipio de Soacha.
- Para los otros municipios vecinos como Sopó, Tocancipá, Cajicá, Chía, La Calera, Funza, Madrid, Mosquera y Cota (Zona Industrial), se evaluó la Red Matriz de Acueducto complementaria de suministro requerida a partir de la infraestructura de Red Matriz de la EAAB-E.S.P., hasta el punto de entrega del servicio de acueducto e inicio de distribución interna en cada municipio.
- Finalmente, se resalta que dentro de este estudio se desarrolló el componente de Plan Maestro de Expansión de la Infraestructura del Sistema de Red Matriz y las recomendaciones de optimización y reducción de vulnerabilidad, estudios que serán contratados posteriormente por la EAAB-E.S.P.<sup>5</sup> Este estudio no incluyó consideraciones de

<sup>4</sup> Se conoce que la EAAB E.S.P. ha recibido solicitudes para que preste el servicio de acueducto a otros municipios vecinos a Bogotá D.C. que aún no son servidos por la empresa; sin embargo, por el objeto, alcance y presupuesto de esta Consultoría, dichos municipios no serán incluidos. La Empresa ha manifestado que prevé realizar estudios complementarios de Plan Maestro para tal efecto.

<sup>5</sup> La EAAB E.S.P. ha manifestado que el Plan Maestro de Rehabilitación de la Red Matriz será contratado en forma posterior a este estudio de Plan Maestro de expansión de la Red Matriz de acueducto.

rehabilitación ni la realización de diseños detallados para construcción e implementación de los proyectos de expansión.

## 3. CONTENIDO

Este resumen ejecutivo presenta los distintos componentes y la descripción de la elaboración del estudio de Plan Maestro de Expansión de la Red Matriz de Acueducto. Se presenta en las secciones 1 y 2 una introducción y justificación del estudio respectivamente. Esta sección 3 introduce los demás contenidos de este resumen ejecutivo.

En la sección 4 se presenta la descripción general de los componentes de cada uno de los tres productos que se elaboraron como parte de este estudio. El estudio consistió de tres productos principales los cuales incluyeron:

- Recopilación, evaluación y análisis de la información existente relevante para el estudio.
- Actualización del modelo de simulación hidráulica de la red matriz.
- Elaboración del plan de expansión del sistema matriz de acueducto.

En la sección 5 del resumen ejecutivo se presenta la metodología de evaluación utilizada para analizar el sistema existente y sus demandas actuales. También se presenta el análisis de las demandas futuras. El primer paso incluyó conocer las capacidades actuales del sistema existente y sus posibles limitaciones. Para realizar este objetivo, se realizaron visitas de reconocimiento de la infraestructura existente y se hizo la actualización del inventario de infraestructura para asegurarse que la información más acertada se encuentre dentro del modelo actualizado. Se analizó detalladamente el servicio existente que se está prestando en los distintos sectores de la ciudad de Bogotá y también a los municipios adyacentes, debido a que tienen un impacto directo en la planificación de infraestructura futura para la red matriz. Luego de determinar la demanda de agua existente para Bogotá y los municipios, se realizó el análisis para determinar las demandas futuras del sistema. Este análisis, se realizó utilizando como referencia principal los resultados de la “Consultoría para la Actualización del Estudio de Proyecciones de la Demanda de Agua para la ciudad de Bogotá D.C. y municipios vecinos”, realizada por el consultor Rafael Cubillos en 2010. Esta información fue complementada con otros estudios y planes de ordenamiento territorial existentes para algunos de los municipios. Las proyecciones realizadas se compararon con información adicional de micro-medición, macro-medición y de proyecciones de expansión de diferentes municipios con el fin de validar los estimados y en algunos casos modificarlos.

La sección 6 del resumen ejecutivo presenta la metodología utilizada para la actualización del modelo hidráulico del sistema de red matriz. Como punto de partida, se utilizó el modelo desarrollado por la universidad de los Andes en el 2008. Se incorporaron cambios al modelo para asegurarse que los tanques, bombas, válvulas y estaciones de control se encuentren ubicados de acuerdo con los datos actualizados de estas estructuras existentes. Se agregaron las líneas matrices construidas en los últimos 5 años, las líneas que representan las cadenas de bombeo y las líneas que conectan la Red Matriz con los sistemas de distribución de los municipios. Se hicieron también varias modificaciones dentro de la estructura del modelo para garantizar su eficiencia. Estos cambios incluyeron: revisión de las fronteras entre los diferentes sectores hidráulicos, corrección de inconsistencias topológicas, verificación de conexión entre elementos

nuevos, y eliminación de segmentos menores a 5 metros de longitud que causaban tiempos de computación muy largos. Asimismo se actualizó la topografía y la nomenclatura de las tuberías en el modelo utilizando la información del SAP.

La sección 7 presenta la descripción del proceso de análisis que se utilizó para establecer el tipo de mejoras requeridas en el sistema evaluando cuatro factores claves para el desempeño del servicio: capacidad de almacenamiento, capacidad de las estaciones de bombeo, capacidad hidráulica de las estaciones de control de presión y caudal, y capacidad de las líneas de red matriz. Estos cuatro criterios se evaluaron a través de diferentes condiciones de operación, condiciones normales, condiciones especiales las cuales se encuentran descritas en detalle en la más adelante en este resumen ejecutivo. Asimismo, se realizó la evaluación de optimización de la operación. Esta evaluación incluyó realizó una comparación de las velocidades promedio y máximas en las líneas que entregan a los sectores hidráulicos, para determinar la homogenización del servicio, es decir, que las entregas estén siendo utilizadas en forma equitativa, en cada sector (o zona). Los resultados de estas evaluaciones del sistema se convirtieron en información de sustento para la elaboración del plan de inversiones.

Luego de identificar las áreas específicas que se deben mejorar en el sistema de red matriz, se comenzó a estructurar el plan de inversiones para incorporar estas mejoras de la forma más eficiente y beneficiosa para el sistema. Ese proceso incluyó una priorización de las obras basada en múltiples factores tales como: necesidad de la obra por aumento de capacidad o para dar más flexibilidad al sistema de red matriz, categoría de infraestructura, población afectada, necesidad inmediata, y su necesidad o no para construir otras obras. También para determinar el periodo óptimo de construcción de las obras y si se deberían construir por etapas o no, se realizaron evaluaciones de costo mínimo. Los resultados de esta evaluación determinaron el orden de ejecución de las obras y por lo tanto el Plan de Inversiones, el cual se presenta en la sección 8 de este documento.

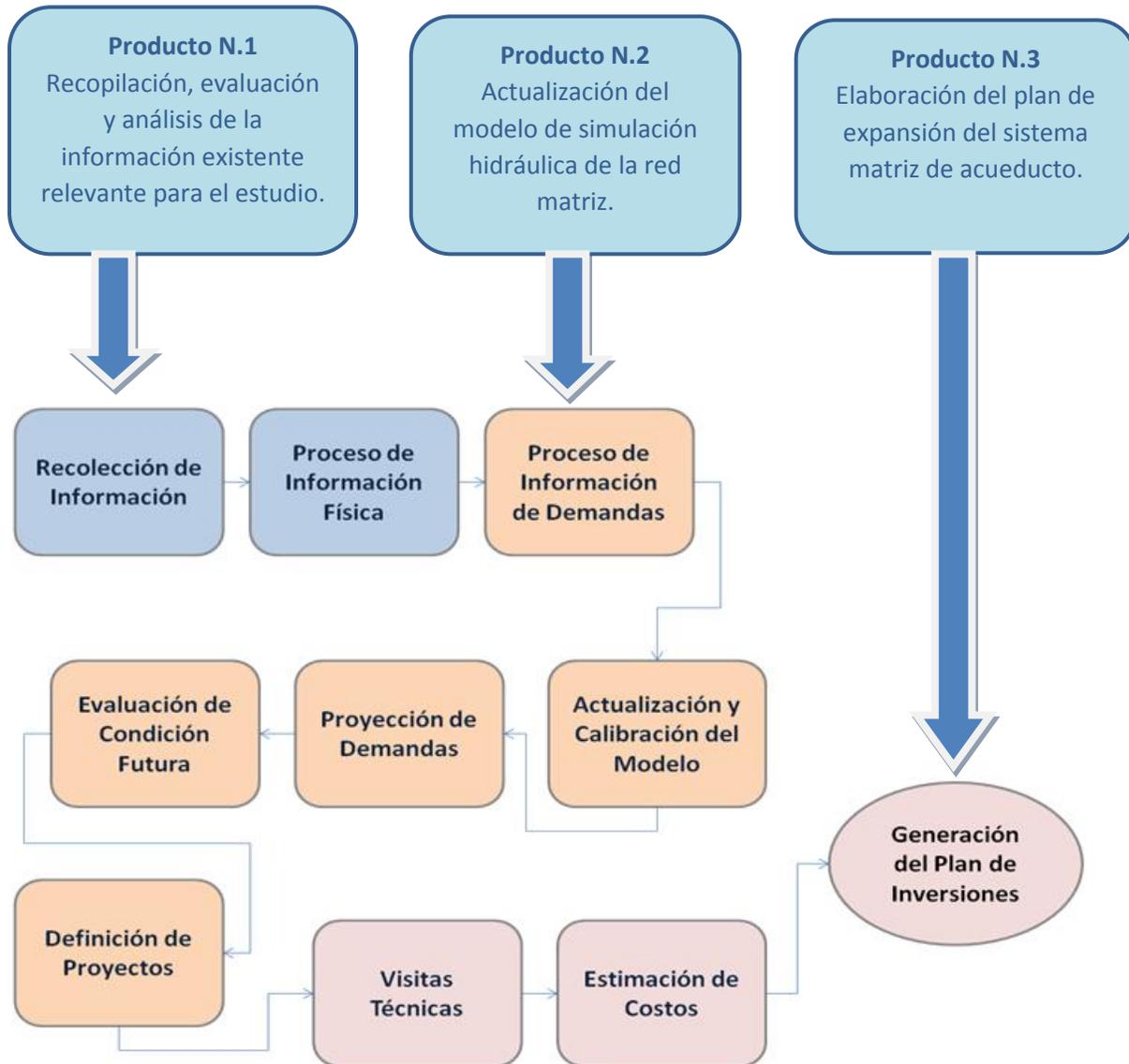
Debido a que el mantenimiento de la red matriz se encuentra en evolución constante, CDM evaluó los proyectos que habían sido recomendados anteriormente para verificar que todavía son aplicables para el funcionamiento adecuado del sistema y que complementan bien las obras que se recomiendan en el plan de inversiones. La sección 9, presenta esas obras que ya se encuentran en proceso de estudio o factibilidad durante el desarrollo de las recomendaciones del plan maestro del 2011 y las cuales complementan bien el sistema de red matriz. Estas obras han sido incluidas en el desarrollo de los análisis y la actualización del modelo hidráulico.

Finalmente, en la sección 10 se presentan las conclusiones y recomendaciones adicionales para continuar la optimización continua del sistema de Red Matriz.

## 4. PRODUCTOS DE LA CONSULTORÍA

El estudio comprendió los siguientes productos y actividades ilustrados en la Figura 1-2.

Figura 4- 1 Alcance del trabajo de la consultoría



En el Informe del Producto 1, se describe el sistema existente de Red Matriz. Como parte de las actividades para el desarrollo de este producto, se actualizó el inventario de su infraestructura, incluyendo las obras y diseños en ejecución y programados por la Dirección de Red Matriz; también se realizó un análisis de los estudios previos relevantes para este plan maestro y la

información recopilada sobre los municipios vecinos abastecidos por la EAAB E.S.P. Para el municipio de Soacha se profundizó en su expansión urbana y las condiciones del servicio. Se analizaron los siguientes estudios:

- “Actualización Plan Maestro Sistema Red Matriz de Acueducto y Conformación de Obras de los Sistemas de Rehabilitación, Vulnerabilidad y Optimización”, Salgado Meléndez y Asociados, 2004.
- Proyecciones de Demanda de Agua, de la Ciudad de Bogotá y Municipios Vecinos, Rafael Cubillos, 2009.
- “Planeamiento del Sistema de Distribución y Almacenamiento de Agua para el Municipio de Soacha”, HIDROTEC Ltda, 1989.
- “Estudio para el Desarrollo de la Infraestructura de Acueducto y Alcantarillado Sanitario y Sistema de Drenaje Pluvial del Borde Norte de la Ciudad de Bogotá”.
- Estudios y diseños para la rehabilitación de la línea Red Matriz de 78” Tibitoc – Casablanca, Consorcio Tibitoc, 2006.
- “Estudio de la Bio-película en el Sistema Red Matriz de Acueducto”, Universidad de los Andes, 2008.
- “Plan de Expansión del Sistema de Abastecimiento de Agua”, INGETEC, 2005.

En el Informe del Producto 2 (Tomos 1 y 2), se describe la metodología utilizada para la actualización y la calibración del modelo hidráulico de la Red Matriz, la evaluación y análisis de la demanda de agua, la cual se hace a partir del estudio de proyección de demanda de agua de la ciudad de Bogotá y los municipios vecinos realizado, en el año 2009 por el consultor Rafael Cubillos. Además se utilizaron otras fuentes disponibles, al igual que la metodología y resultados de los análisis de capacidad y optimización del sistema de red matriz para condiciones existentes y proyectadas. Estos resultados conforman la base del desarrollo de las recomendaciones de infraestructura complementaria que constituyen el plan de inversiones recomendado.

En el último informe, el Producto 3, luego de recopilar y analizar los resultados de los Productos 1 y 2, se desarrollan en detalle los proyectos propuestos y el plan de inversiones recomendado para el periodo comprendido entre el 2011 al 2030. Este producto incluye:

- Metodología de la estimación de costos.
- Evaluaciones de costo mínimo, para determinar el periodo óptimo de construcción de las obras.
- Priorización de las obras basada en múltiples factores.
- Informes de visitas de campo a los sitios de ubicación de las obras, incluyendo estaciones de bombeo, tanques y trazados de líneas.
- Localización de las obras.

- Planos generales y específicos de ubicación de las obras propuestas.
- Conclusiones y recomendaciones finales del Plan Maestro del 2.011.

## 5. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

El presente estudio de Plan Maestro de Expansión de la Red Matriz de Acueducto tuvo dentro de sus objetivos principales evaluar la capacidad del sistema matriz bajo las condiciones de operación actual y futura, a partir de la cual se formuló el Plan de Inversiones de la Infraestructura de expansión del sistema de acueducto.

Para lograr este objetivo, se actualizó el modelo de simulación hidráulica, lo que permitió analizar de forma integral el comportamiento del sistema matriz representando adecuadamente sus condiciones reales de operación.

La metodología de evaluación del sistema de red matriz que se siguió durante el presente plan maestro se describe a continuación.

### 5.1 Descripción del Sistema Existente y Actualización de Inventario de Infraestructura

La información recopilada de la infraestructura y operación del sistema de Red Matriz de acueducto de la EAAB-E.S.P permite la descripción hidráulica del sistema de infraestructura. El sistema de la Red Matriz comprende tuberías con diámetros mayores a 12", tiene una longitud de alrededor de 571 km, 54 tanques de almacenamiento, 7 cárcamos de succión, 29 estaciones de bombeo, 15 estructuras de control y 6 estaciones reductoras de presión. Suministra un caudal medio de 15,1 m<sup>3</sup>/s (promedio anual medido en el 2010), con los que abastece un poco más de ocho millones de habitantes de Bogotá D.C., Soacha y Gachancipá (mediante prestación directa) y a otros nueve municipios vecinos a Bogotá (mediante venta de agua en bloque)<sup>6</sup>.

La mayor parte del servicio de acueducto se suministra por gravedad (un 90%). Los sectores a los cuales sólo se tiene que suministrar por medio de bombeo se ubican en la zona oriental de la ciudad, sobre los cerros que la circundan. De acuerdo con la información histórica de la División Centro de Control de la EAAB-E.S.P., del caudal total suministrado (15,1 m<sup>3</sup>/s), el caudal medio por bombeo es alrededor de 1,5 m<sup>3</sup>/s.

Sobre la Red Matriz de acueducto se ubican 6 estaciones reductoras de presión, con válvulas entre 6 y 16 pulgadas de diámetro, con las cuales se regula la presión de las redes matrices, atendiendo las demandas diurnas y nocturnas. Se cuenta con 15 estructuras de control de regulación de caudal y presión. Éstas se operan de manera remota desde el Centro de Control de la EAAB-E.S.P., y están compuestas por uno, dos o tres ramales, cada uno de éstos con una válvula de control de caudal de chorro múltiple o de paso anular.

<sup>6</sup> Municipios de Tocancipá, Sopó, Cajicá, Chía, La Calera, Funza, Madrid, Mosquera y Cota (Zona Industrial).

La Red Matriz cuenta con un total de 571.000 m<sup>3</sup> en capacidad de almacenamiento, distribuidos en 54 tanques, 29 estaciones de bombeo que suplen las zonas hidráulicas altas. La información hidráulica de los tanques y estaciones de bombeo del sistema de la Red Matriz se presenta en el **Anexo 2 del Informe del Producto 1**.

## 5.2 Servicio a los Municipios

El caudal medio suministrado los municipios en el 2010 fue de 1.272 l/s<sup>7</sup>. En la Tabla 5- 1 se presenta el caudal medio suministrado a cada municipio durante el 2010, así como la relación de las líneas de suministro a través de las cuales se atiende.

**Tabla 5- 1 Municipios con servicio de agua potable de la EAAB-E.S.P.**

Servicio	Fuente Agua Potable	Línea de Suministro	Caudal medio (l/s)
Sopó	Tibitoc	Línea de 16" de Tibitoc, derivación de 8"	32
Tocancipá	Tibitoc	Línea de 16" de Tibitoc, derivación de 12"	38
Gachancipá	Tibitoc	Línea de 16" de Tibitoc, derivación de 12" y 8"	9
Cajicá	Tibitoc	Salida de 78" Tibitoc-Casablanca en 18"	101
Chía	Tibitoc	Salida de 78" Tibitoc-Casablanca en 12"	271
Funza	Mezcla Tibitoc-Wiesner	Línea de 36", derivación en 20"	62
Madrid	Mezcla Tibitoc-Wiesner	Línea de 36" de ZBN, derivación en 20"	40
Mosquera	Mezcla Tibitoc-Wiesner	Línea de 36" de ZBN, derivación en 12"	105
Cota (Zona Industrial)	Mezcla Tibitoc-Wiesner	Línea de 36" de ZBN, derivación en 12"	18
La Calera	Wiesner	Línea de 10" que sale de Wiesner	16
Soacha	Wiesner	Línea de 24" y 36" AutoSur	582
Total suministrado a municipios			1.272

Fuente: Informes de Macro-medicación EAAB-E.S.P., 2009

<sup>7</sup> Informes de macro-medicación de la EAAB E.S.P, de noviembre de 2010.

Del suministro total a los municipios, 589 l/s se entregan por medio de prestación directa del servicio y 685 l/s a través de venta de agua en bloque. El caudal medio entregado a los municipios y a otras organizaciones suma 1.303 l/s (el 9% del caudal total suministrado por la Red Matriz).

Los municipios de Tocancipá, Sopó, Funza y Madrid no dependen en su totalidad del agua vendida por la EAAB-E.S.P., debido a que poseen fuentes alternas de agua cruda. Sin embargo, estas fuentes no son suficientes para el suministro total del respectivo municipio.

Las empresas de acueducto de los municipios han realizado inversiones para tener alternativas de abastecimiento, con las cuales ellos esperan eliminar eventualmente la necesidad de adquirir agua de la EAAB-E.S.P., o bien tenerla como una opción para situaciones de contingencia. Dichas soluciones, puede que no sean sostenibles en el tiempo o podrían ser vulnerables, conllevando finalmente a depender del suministro por parte de la EAAB-E.S.P. Por esta razón, para efectos del Plan Maestro del 2012 se va a suponer que, en el largo plazo, el servicio a los municipios que actualmente la EAAB-E.S.P. les presta el servicio, se les continuará prestando el servicio principalmente por parte de la EAAB-E.S.P.

### 5.3 Desarrollo de Demandas Existentes

Utilizando la información recibida de macro-medición correspondiente al año 2010, se establecieron las demandas promedio anuales para cada sector. Esta demanda promedio es el punto de partida para el ajuste y calibración del modelo hidráulico. Esta información se recibió para el área de servicio de la ciudad de Bogotá y de los municipios de Soacha, Cajicá, Cazucá, Chía, Funza, Madrid, Mosquera, Tibitoc y Tocancipá. Para determinar las curvas de consumo de cada sector hidráulico, se analizó la demanda histórica desde el año 2004 al 2010. La evaluación de las curvas se realizó por separado para los días laborales (lunes a viernes), sábados y domingos.

Para la calibración y verificación del modelo hidráulico se procesó la información recibida para comparar la demanda en cada sector hidráulico bajo tres esquemas de operación seleccionados. Estos tres esquemas de operación se describen en más detalle en la Sección 5 del Informe de Producto 2 Tomo 1. Los periodos seleccionados fueron:

*Periodo 1: Operación Normal del 7 al 17 de noviembre de 2010*

*Periodo 2: Mantenimiento Túneles de Chingaza operando Tibitoc con Tanque Bajo del 11 al 30 de abril de 2010*

*Periodo 3: Mantenimiento Túneles de Chingaza operando con Tanque Alto en Tibitoc del 1 al 20 de septiembre de 2010*

Los cambios en la forma de alimentación del sistema o cambios en el esquema de operación, se ven reflejados en la forma como se alimentan algunos sectores hidráulicos. Éstos causan cambios de dirección de flujo en algunas de las líneas matrices e inducen un cambio en la superficie de presiones de las zonas de distribución. El modelo se calibró y verificó utilizando análisis dinámico, se calibró para un periodo de 10 días y se verificó para un periodo de 5 días.

## 5.4 Desarrollo de Demandas Futuras

La Sección 6 del Producto 2 Tomo 1 presenta la información detallada y relevante de las proyecciones de demanda para Bogotá D.C. y los municipios aledaños que actualmente cuentan con abastecimiento por parte de la EAAB-E.S.P.: Soacha, Chía, Cajicá, Sopó, Tocancipá, Gachancipá, La Calera, Funza, Madrid y Mosquera. Adicionalmente, se muestran las proyecciones para municipios a los que se tienen planes para su abastecimiento futuro por parte de la empresa: Bojacá, La Mesa y Anapoima. Las proyecciones mostradas fueron utilizadas dentro del modelo como parte de los escenarios de consumo futuro en el período 2015-2030. Se estima que la ciudad de Bogotá habrá alcanzado su condición de saturación el año 2030.

Según lo establecido en los términos de referencia de esta consultoría, las proyecciones fueron tomadas principalmente de la “Consultoría para la Actualización del Estudio de Proyecciones de la Demanda de Agua para la ciudad de Bogotá D.C. y municipios vecinos”, realizada por el consultor Rafael Cubillos en 2010. Esta información fue complementada con:

- Proyecciones del estudio “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 D.C.” desarrollado por el Consorcio Borde Norte Bogotá D.C. en el año 2010
- Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Soacha, de la empresa prestadora del servicio de acueducto de Mosquera (Caudales de Colombia - Hydros Mosquera)
- El estudio “Consultoría para estudios y asesorías hidráulicas y sanitarias – Acueducto regional del Bajo Tequendama – Línea de conducción de agua potable Madrid – La Mesa – Anapoima”, realizada por el consultor Fabio Castrillón en el 2006
- El Plan de Ordenamiento Zonal de Usme

### 5.4.1 Estudio de Proyección de Demandas

En el estudio de Rafael Cubillos se presentan 18 escenarios diferentes de demanda futura para Bogotá D.C., los cuales exploran las tres variables con mayor incertidumbre:

El consumo residencial por suscriptor. El estudio contempla dos posibilidades de consumo: “bajo” y “medio”

El PIB. El estudio contempla tres posibilidades para el crecimiento no-residencial a partir del desempeño macro-económico medido a través de este indicador: “medio”, “bajo” y “moderado”

El Índice de Agua No Contabilizada (IANC). El estudio propone tres valores según las disposiciones de la CRA para la reducción de pérdidas: el valor actual de 36,58%, 26,79% y 8,4%.

Es importante anotar que los escenarios de demanda son independientes de los dos escenarios de población. Por esta razón, el estudio de Cubillos aplica los resultados de las dos proyecciones de población a cada uno de los 18 escenarios de demanda. Esto da como resultado que en realidad se tengan 36 posibles escenarios para la proyección de la demanda.

Dos de los escenarios planteados por el estudio de Cubillos se seleccionaron de común acuerdo con la EAAB-E.S.P. para ser evaluados preliminarmente como escenarios de diseño: El 1-3-1 y el 2-2-1. A éstos se les re-denominó escenario “bajo” y escenario “alto”. El escenario 1-3-1, dentro del contexto del estudio de Cubillos, supone un consumo por cuenta “bajo” y un consumo no-residencial “moderado”. El escenario 2-2-1 supone un consumo por cuenta “medio” y un consumo no-residencial “bajo”. Ambos suponen un valor del IANC continuo en el tiempo de 36,58%. Sin embargo, ambos escenarios representan condiciones de saturación residencial en el 2.030.

Para la evaluación del sistema de la Red Matriz, se considera que las características históricas observadas en los últimos años en el consumo no residencial en el área de servicio, se aproximan a las pautas que describen la tasa de crecimiento del escenario de crecimiento bajo (1-3-1). Por esta razón, la capacidad y dimensionamiento de los proyectos futuros será determinada por las demandas proyectadas bajo este escenario.

## 5.4.2 Proyección de la Demanda en Soacha

Soacha es el municipio con la mayor expectativa de crecimiento en los próximos años. Según los proyectos de expansión proyectados, éste duplicaría su población dentro de los próximos quince años. Estos proyectos son principalmente urbanizaciones residenciales. El crecimiento proyectado por el POT de Soacha es un punto de preocupación para la evaluación acertada del sistema futuro. El crecimiento presentado en estos estudios es alto y a corto plazo. Para efectos de planeación y evaluación de la red matriz, diseñar las obras nuevas con estos crecimientos agresivos, cuando históricamente se han visto situaciones similares de estudios que proyectan un crecimiento alto desde el punto de vista de construcción de vivienda, los cuales no se llevan a cabo, plantea un riesgo alto de sobredimensionamiento e inversión equivocada en el crecimiento de la red. Para efectos de planeación maestra, las demandas futuras en el área de Soacha se limitarán a 1.124 l/s para el año 2030, respetando los totales estimados por Cubillos y a 1.300 l/s para condiciones de saturación, siguiendo las condiciones máximas hidráulicas del sistema de red matriz que alimenta Soacha desde Tibitoc o Wiesner. La proyección recomendada es también consistente con el crecimiento esperado en el POT, en el escenario de crecimiento bajo.

## 5.5 Proyección de la Demanda para el Plan Maestro

El estudio del Plan Maestro del Sistema Red Matriz de Acueducto pretendió converger a los datos y resultados globales del estudio de proyección de la demanda de agua realizado por la EAAB para la ciudad de Bogotá y municipios vecinos en el año 2009, ajustando dicha proyección con base en los resultados de los datos de macromedición de la sectorización hidráulica del año 2010, con base en la información reciente de los POT que se tiene actualmente en los municipios

vecinos, y con base las políticas establecidas recientemente por el gobierno nacional de incentivar macroproyectos de vivienda de interés social e interés prioritario, como es el caso de los municipios de Soacha y Mosquera.

Una vez se unifica la información del estudio de Cubillos, la información del estudio del Borde Norte y los datos de macro-medición para el 2010, es posible realizar la proyección final para la ciudad de Bogotá D.C. La Tabla 5- 2 muestra las proyecciones de demanda obtenidas al aplicar los porcentajes de crecimiento que desarrollo Cubillos, a los valores utilizados en el modelo hidráulico para el 2010. Estos valores fueron calculados a partir del análisis de macro-medición y por lo tanto incluyen el agua no contabilizada.

La demanda esperada para el año 2030 según el estudio de crecimiento de población y demanda es 19.2 m<sup>3</sup>/s. Teniendo en cuenta la información adicional reciente y las expectativas de saturación de los municipios, la demanda promedio total de saturación se estima en 20.9 m<sup>3</sup>/s; esta demanda total promedio se utiliza en este plan maestro para la evaluación del sistema de red matriz y la determinación de obras futuras, cumpliendo en el objetivo de horizonte de planeación equivalente a saturación. Desde el punto de vista de abastecimiento, se considera que para el año 2030 la red matriz requerirá 19.2 m<sup>3</sup>/s y requerirá 1.7 m<sup>3</sup>/s adicionales cuando alcance condiciones saturadas en los municipios, si estos requieren un cubrimiento total del servicio por parte de la EAAB-E.S.P.

**Tabla 5- 2 Proyección de la demanda total regional a ser servida por la EAAB-E.S.P.**

Municipio	Macro-medición 2010 (l/s)	Demanda escenario bajo (l/s)			
		2015	2020	2025	2030
Bogotá D.C.	13588	13456	14530	15192	15809
Soacha	586	1124	1124	1124	1124
Chía	270	384	469	679	724
Cajicá	101	130	151	167	215
Sopó	32	51	64	75	106
Tocancipá	38	72	97	115	172
Gachancipá	9	17	22	26	39
La Calera	16	13	23	30	52
Funza	62	90	95	100	108
Mosquera	105	280	342	421	500
Madrid	40	149	183	197	220
Bojacá	0	13	15	15	16
La Mesa	0	63	76	84	96
Anapoima	0	28	34	37	43
Total	14847	15868	17223	18263	19224

La Tabla 5- 3 muestra un resumen de los ajustes realizados a las proyecciones del estudio de Cubillos. Las primeras columnas muestran las proyecciones del escenario bajo para el 2.010, el

2.030. Estas proyecciones incluyen el agua no contabilizada. El porcentaje de crecimiento entre el 2.010 y el 2.030 fue calculado utilizando la demanda neta por sector hidráulico. Posteriormente, se muestra el valor de macro-medición del 2010 y la demanda proyectada para el 2.030 aplicando el mismo porcentaje de crecimiento de las proyecciones del estudio de Cubillos. La demanda adicional abarca la información de los demás estudios utilizados y se adiciona para obtener la proyección de demanda final.

**Tabla 5- 3 Resumen ajustes proyección de demanda a partir del estudio de Cubillos (2.010)**

Sector	Proyección Cubillos Escenario bajo			Ajuste Plan Maestro 2.011			
	Demanda 2.010 (l/s)	Demanda 2.030 (l/s)	Crecimiento	Macro- medición 2.010 (l/s)	Demanda 2.030 (l/s)	Demanda adicional (l/s)	Demanda Total Saturación (l/s)
S0105	983	1001	6%	916	949	0	949
S0106	415	849	112%	528	849	0	849
S0107	755	801	10%	740	798	0	798
S0108	323	346	11%	341	372	0	372
S0109	410	347	-12%	346	298	0	298
S0118	128	165	33%	108	142	0	142
S0131	162	188	21%	128	152	0	152
S0132	8	289	3469%	0	289	162	451
S0134	8	200	2366%	5	200	107	307
S0135	152	390	167%	141	390	0	390
S0204	1276	1358	10%	1154	1358	0	1358
S0210	234	225	0%	268	262	0	262
S0214	117	129	14%	122	137	0	137
S0216	133	145	13%	154	171	0	171
S0217	785	804	6%	762	794	0	794
S0218	156	186	23%	88	106	0	106
S0219	84	106	30%	139	177	0	177
S0233	43	52	25%	35	42	0	42
S0303	575	683	23%	496	569	0	569
S0311	1105	1158	9%	1220	1301	0	1301
S0312	380	504	38%	361	488	0	488
S0315	59	65	14%	122	137	0	137
S0316	289	298	7%	293	307	0	307
S0319	399	446	16%	472	536	0	536
S0321	26	26	3%	28	29	0	29
S0325	7	7	3%	49	46	0	46
S0413	322	324	4%	433	415	0	415
S0415	466	560	25%	529	607	0	607

Sector	Proyección Cubillos Escenario bajo			Ajuste Plan Maestro 2.011			
	Demanda 2.010 (l/s)	Demanda 2.030 (l/s)	Crecimiento	Macro- medición 2.010 (l/s)	Demanda 2.030 (l/s)	Demanda adicional (l/s)	Demanda Total Saturación (l/s)
S0420	74	77	8%	107	106	0	106
S0422	70	75	11%	126	129	0	129
S0423	86	89	7%	87	85	0	85
S0424	48	49	6%	51	50	0	50
S0426	336	480	48%	367	480	307	787
S0427	58	65	16%	107	113	0	113
S0428	44	53	24%	73	83	0	83
S0429	122	138	18%	206	223	0	223
S0436	265	332	30%	247	296	0	296
S0437	325	342	9%	373	375	0	375
S0501	820	973	23%	736	834	0	834
S0502	1161	1194	7%	1129	1109	0	1109
Soacha	662	1223	92%	586	1124	176	1,300
Chía	570	1100	100%	270	724	376	1100
Cajicá	186	325	81%	101	215	0	215
Sopó	87	160	91%	32	106	0	106
Tocancipá	81	172	119%	38	172	330	413
Gachancipá	18	39	123%	9	39	56	76
La Calera	37	52	43%	0	52	0	52
Funza	99	164	71%	62	108	0	108
Mosquera	165	335	110%	105	500	224	724
Madrid	102	171	74%	40	220	0	220
Bojacá	0	0	0%	0	0	16	16
La Mesa	0	0	0%	0	0	96	96
Anapoima	0	0	0%	0	0	43	43
<b>Total Bogotá</b>	<b>13209</b>	<b>15519</b>	<b>17%</b>	<b>13588</b>	<b>15804</b>	<b>576</b>	<b>16380</b>
<b>Total municipios</b>	<b>2007</b>	<b>3741</b>	<b>86%</b>	<b>1243</b>	<b>3260</b>	<b>1317</b>	<b>4469</b>
<b>Total</b>	<b>15216</b>	<b>19260</b>	<b>27%</b>	<b>14831</b>	<b>19063</b>	<b>1893</b>	<b>20849</b>

La Tabla 5- 4 muestra un resumen de la información recientemente actualizada para algunos sectores y municipios que resultan en un consumo de saturación más alto al estimado en el Estudio de Población y Demanda de Cubillos finalizado en el 2.009, y de los otros aspectos tenidos en cuenta para la asignación de la demanda adicional

Tabla 5- 4 Resumen de demanda adicional por ubicación

Ubicación	Descripción
Borde Norte	Proyecciones de demanda del estudio del Consorcio Borde Norte Bogotá DC, las cuales implican un aumento de la demanda para el 2030 en 640 l/s en los sectores 132 y 134
Soacha	Los proyectos de expansión en Soacha implican una adición de 771 l/s en el sector 530. El crecimiento de saturación para planeación maestra se considera limitado por el sistema de transmisión hasta el tanque de Cazucá, el cual tiene una capacidad máxima de 1.300 l/s.
Usme	Los planes parciales (actualmente en etapa de factibilidad o aprobados) estiman la demanda de saturación en 787 l/s, un consumo mayor al estimado por Cubillos en el estudio del 2009
Municipios	Se supuso un porcentaje de abastecimiento del 100% a los municipios aledaños, agregando 688 l/s de demanda para el 2030 en total
Bajo Tequendama	Conexión de los municipios del Bajo Tequendama (Bojacá, La Mesa y Anapoima) a la Red Matriz de la EAAB-ESP con una demanda adicional de 155 l/s para el 2.030
Mosquera	Desarrollos propuestos en el norte de Mosquera aumentan la demanda proyectada en 200 lt/s en condiciones de saturación.
Zonas industriales	Proyecciones de demanda adicionales para abastecer zonas industriales en Tocancipá y Gachancipá, aumentando la demanda en 300 l/s en Tocancipá y en 50 l/s en Gachancipá para el 2.030

En el caso específico del Borde Norte y Usme se recomienda el seguimiento al comportamiento de llenado del suelo y de las presiones de servicio para evaluar continuamente las condiciones del servicio y la necesidad de obras locales que aumenten las presiones. Los requerimientos de servicio en la zona del Borde Norte dependerá de la disponibilidad local de los servicios de alcantarillado y las vías construidas, lo que depende de los mecanismos de financiación y del mercado de vivienda. En el caso de Usme, el crecimiento en la densidad poblacional depende de los permisos otorgados por la autoridad ambiental.

En el caso de los municipios de occidente: Mosquera, Madrid, Funza, Anapoima, La Mesa, y Bojacá, se recomienda la observación cercana del crecimiento y la observación continua de las presiones de servicio y de la condición de la línea actual, para establecer la rapidez real del crecimiento de la demanda y por consiguiente de las necesidades de aumento en la capacidad del servicio.

## 6. ACTUALIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO

Para la actualización del modelo hidráulico, la EAAB-E.S.P. eligió continuar con el programa Inc. WaterGems, desarrollado por Bentley Systems, el cual es completo y exhaustivo para modelar la distribución de agua en sistemas complejos, que utiliza EPANET como motor de cálculos. WaterGEMS puede trabajar en ArcGIS, AutoCAD y MicroStation o como una aplicación independiente. En este programa se pueden realizar modelaciones complejas como análisis de caudal de incendios, simulaciones de calidad del agua, análisis de los costos de energía, etc. El modelo se actualizó utilizando la versión 8i.

Figura 6- 1 Componentes de la actualización del modelo hidráulico



El proceso de actualización utilizó el modelo desarrollado por la universidad de los Andes en el 2.008 como punto de partida. Utilizando éste modelo, se siguieron los siguientes pasos para garantizar la inclusión de todos los elementos del sistema de la Red Matriz en el 2.010:

- Desarrollo de archivos de ArcGIS (.shp) que representan la localización de los tanques, bombas, válvulas y estaciones de control. Estos archivos se compararon con los inventarios tabulares recolectados como parte del Producto 1 de este estudio, con el fin de emplear los datos actualizados, los cuales se emplearon en la actualización del modelo, junto con la información tabular, la elevación y diámetros correspondientes.
- Se agregaron las líneas matrices construidas en los últimos 5 años, las líneas que representan las cadenas de bombeo y las líneas que conectan la Red Matriz con los sistemas de distribución de los municipios
- Se revisaron las fronteras entre los diferentes sectores hidráulicos, para verificar que el modelo representa estos límites en su condición real (válvula cerrada o abierta)
- Se corrigieron inconsistencias topológicas con base en el comportamiento esperado de las líneas expresas y de transmisión, a partir de la simulación hidráulica
- Se actualizó la topografía, con base en las curvas de nivel entregadas por la EAAB-E.S.P.
- Se actualizó la nomenclatura de todas las tuberías en el modelo con base en la ubicación técnica empleada por el sistema de información SAP de la EAAB-E.S.P.
- Se utilizaron herramientas de otros programas de modelación hidráulica para revisar la topología y verificar la conexión entre elementos nuevos
- Se utilizaron procedimientos de InfoWater para reducir el número de elementos en la red. La red desarrollada en el modelo contenía muchos segmentos menores a 5m que ocasionaban tiempos de computación bastante altos y a su vez generaban archivos computacionales muy grandes debido a un número elevado de elementos, en especial durante la modelación de periodo extendido. Si en el modelo se encontraba un elemento menor a 5m, esta herramienta comparaba el diámetro y rugosidad de la tubería con la siguiente y en el caso de ser equivalentes las convertía en una sola tubería, borrando entre ellas el nodo intermedio.

El inventario de la infraestructura simulada en el modelo hidráulico actualizado está relacionado en la siguiente tabla:

**Tabla 6- 1 Infraestructura simulada en el Modelo Hidráulico Inventario Actualizado**

Descripción	Cantidad	Observaciones
Plantas de Tratamiento	3	Dorado, Tibitoc y Wiesner – modeladas como reservorio El caudal de entrega en el modelo se controla utilizando válvulas controladoras de caudal. Las plantas de tratamiento son consideradas condición de frontera en el modelo
Nodos	3389	En el proceso de depuración del modelo se eliminaron nodos redundantes y se unieron tramos de tubería muy cortos (menores de 5m siempre y cuando no se presentarán cambios de sección o material), reduciendo así el número de nodos

Descripción	Cantidad	Observaciones
Tanques	56	Se incluyeron todos los tanques que hacen parte de la red matriz
Válvulas de compuerta	48	Son válvulas divisorias de servicio entre zonas de distribución
Tuberías	3788	En el proceso de depuración del modelo se eliminaron tuberías que se encontraban duplicadas y redundantes y se unieron tramos de tubería muy cortos (menores de 5m siempre y cuando no se presentara cambios de sección o material)
Equipos de Bombeo	70	Se incluyeron en el todos los equipos de bombeo para cada estación de bombeo
Estaciones de bombeo	29	Se simularon todas las estaciones de bombeo del sistema de acueducto que se encuentran en operación
Válvulas reductoras de presión	11	Se simularon todas las estaciones reductoras de presión. En algunas se simuló la batería de válvula en una sola válvula y en otras estaciones se simularon todas las válvulas
Válvulas controladoras de caudal	33	Se incluyen todas las válvulas de control de las Estaciones de Control de Caudal
Válvulas generales	5	Se incluye la válvula Pratt de Santa Ana, la V2 y V3 de las líneas de Tibitoc, entre otras
Válvula reguladora de nivel	12	Son válvulas puestas a la entrada de los tanques que se alimentan por gravedad, los cuales no tienen válvula de control de caudal como Cerro Norte II y Codito II, entre otros tanques

Después de haber realizado la actualización del modelo hidráulico del sistema de Red Matriz, asignando las demandas actuales, proyectadas y ajustado los parámetros hidráulicos para obtener una calibración satisfactoria del modelo, éste se utilizó para realizar el análisis de la capacidad de las redes matrices existentes, para la operación con las demandas actuales y proyectadas en intervalos de 5 años hasta el 2030, para el sistema de red matriz en Bogotá, Soacha y los otros municipios. El año 2030 corresponde a la saturación residencial en Bogotá, proyectada por el estudio de “Actualización del estudio de proyecciones de la demanda de agua para la ciudad de Bogotá D.C. y municipios vecinos”, realizado en el 2009 por el Ing. Cubillos. Las evaluaciones de capacidad se realizaron para condiciones de consumo diario máximo y de consumo horario máximo.

## 7. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA ESTABLECER MEJORAS AL SISTEMA DE RED MATRIZ

Para determinar las necesidades de capacidad adicional en el sistema de red matriz, la capacidad existente y el comportamiento hidráulico de los diferentes elementos de la red se compararon con los límites que señalan los criterios hidráulicos descritos en detalle en la Sección 9 del tomo 1 del Producto 2, para parámetros como las ecuaciones usadas para determinar las pérdidas por fricción en las tuberías, criterios de velocidad en las tuberías, criterios de presión, criterios de diámetro, tanques de compensación y estaciones de bombeo. Esta comparación permitió definir las áreas en donde el sistema necesita refuerzo en infraestructura y determinar los diámetros o dimensiones de las obras requeridas. La evaluación de capacidad se dividió en cuatro partes:

- Evaluación de capacidad de almacenamiento. Para los escenarios de crecimiento de la demanda, se estimó la capacidad requerida para cada tanque según su zona aferente, teniendo en cuenta los criterios hidráulicos que regulan el tamaño requerido. Esta capacidad requerida se comparó con la capacidad existente en cada zona de aferencia y cada sector hidráulico para determinar la capacidad de almacenamiento adicional requerido y el quinquenio en el cual se requiere su entrada en servicio.
- Evaluación de capacidad de las estaciones de bombeo. Según la demanda servida y la cabeza hidráulica necesaria para servir los tanques existentes o propuestos, se determinará la capacidad necesaria y el número de unidades requeridas en cada estación. Esta capacidad necesaria se comparó con la capacidad existente construida, en cada zona de aferencia y cada sector hidráulico para determinar la capacidad de bombeo adicional requerido y al quinquenio en el cual se necesita su entrada en servicio
- Evaluación de la capacidad hidráulica de las estaciones de control de presión y de caudal. Según la demanda servida y las condiciones de servicio requeridas para servir los tanques, se determinará la capacidad y el número de unidades en cada estación. Esta capacidad requerida se comparó con la capacidad existente construida para determinar si la estación de control requiere de reemplazo o aumento en la capacidad y el quinquenio en el cual se necesita su entrada en servicio.
- Evaluación de capacidad de las líneas de red matriz. Se utilizó el modelo hidráulico para evaluar las condiciones de consumo máximo diario y horario. Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con los límites máximos establecidos en los criterios hidráulicos presentados en el tomo 1 del informe del Producto 2. Los resultados del modelo hidráulico se utilizan para determinar las zonas en las cuales la presión disminuye por el aumento en caudales. Siguiendo la configuración existente y los corredores disponibles, se utilizó el modelo para evaluar el aumento en presión causado por tuberías de mayor tamaño. El modelo se utilizó para evaluar diferentes alternativas de diámetro o configuración en el servicio. El modelo también se utilizó para comparar alternativas y

para evaluar en general el cumplimiento de los criterios hidráulicos una vez las alternativas estén en servicio.

Para los municipios vecinos alimentados a través de la red matriz, se realizaron análisis hidráulicos de la infraestructura complementaria que se requerirá para atender condiciones existentes y futuras, complementando la información suministrada en la “Actualización del estudio de proyecciones de la demanda de agua para la ciudad de Bogotá D.C. y municipios vecinos”, realizado en el 2.009 por el Ing. Cubillos con información de crecimiento esperado actualizada disponible. Para los municipios, la evaluación de la infraestructura se realizó entre la red matriz y el punto inicial de la distribución de redes internas.

## 7.1 Escenarios de Evaluación del Sistema de Red Matriz

La modelación hidráulica del sistema existente incluyó los siguientes escenarios:

Evaluación bajo condiciones **normales** de operación.

- *Día máximo, hora máxima.* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en este estudio. Evaluación de los planos de presión en cada sector hidráulico.
- *Día máximo, condición promedio.* Las velocidades y presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en este estudio.
- *Tanques.* Se calculó la capacidad necesaria para cada tanque según su zona aferente y la demanda estimada servida, según los criterios hidráulicos que regulan el tamaño requerido. Se valoró los niveles de operación para plantear recomendaciones para su optimización.
- *Evaluación de Estaciones de Bombeo.* Según la demanda servida y la cabeza hidráulica requerida para servir los tanques, se determinó la capacidad requerida y el número de unidades requerido en cada estación.
- Evaluación del Cloro Residual en el Sistema de red matriz.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en Soacha.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en Gachancipá.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en los otros municipios servidos por la EAAB-E.S.P.
- Estas evaluaciones permitirán obtener conclusiones y recomendar proyectos nuevos que garanticen la condición óptima de operación en el sistema.

Evaluación bajo condiciones **Especiales** de operación:

- *Mantenimiento de los Túneles de Chingaza:* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas con base en los criterios hidráulicos presentados en este estudio. Determinación de áreas afectadas.
- *Disminución del suministro de la planta Tibitoc, debido a trabajos de rehabilitación y mantenimiento en las líneas con diámetros de 60" y 72":* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos discutidos en este estudio. Determinación de áreas afectadas.
- *Salida de Operación de la Planta el Dorado:* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en la Sección 9. Determinación de áreas afectadas.
- *Salida permanente y total de la Planta Tibitoc:* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos discutidos en este estudio. Determinación de áreas afectadas.
- *Salida permanente y total del Sistema Dorado/Laguna:* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos. Determinación de áreas afectadas.
- *Rehabilitación de los tramos N.1 y N.3 de la línea Tibitoc – Casablanca en 78":* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos discutidos en este estudio. Determinación de áreas afectadas.
- *Salida de Operación del Tanque de Cazuca:* Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en la Sección 9. Determinación de áreas afectadas.

La evaluación del sistema futuro incluyó los siguientes escenarios:

Evaluación bajo condiciones *normales* de operación:

- Día máximo, hora máxima. Las velocidades y las presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en la sección 9 de este estudio. Evaluación de los planos de presión en cada sector hidráulico
- Día máximo – condición promedio. Las velocidades y presiones del sistema se compararon con las presiones mínimas y máximas determinadas en los criterios hidráulicos presentados en este informe.
- Evaluación de Tanques. Se calculará la capacidad requerida para cada tanque según su zona aferente y la demanda estimada servida, según los criterios hidráulicos que regulan el tamaño requerido. Se evaluarán los niveles de operación para plantear recomendaciones para su optimización.

- Evaluación de Estaciones de Bombeo. Según la demanda servida y la cabeza hidráulica requerida para servir los tanques, se determinará la capacidad requerida y el número de unidades requerido en cada estación.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en Soacha.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en Gachancipá.
- Evaluación del sistema de suministro y compensación en los otros municipios servidos por la EAAB-E.S.P.

## 7.2 Evaluación de Optimización de Operación

Como parte de la evaluación del sistema existente, se realizó una comparación de las velocidades promedio y máximas en las líneas que entregan a los sectores hidráulicos, para determinar la homogenización del servicio, es decir, que las entregas estén siendo utilizadas en forma equitativa, en cada sector (o zona). Los resultados de la evaluación se presentan en la Tabla 7- 1. La velocidad máxima durante hora pico, no debe ser mayor a 2.5 m/s en una línea de transmisión; el límite máximo para líneas de impulsión es 3 m/s. Las Figura 7- 1, Figura 7- 2, Figura 7- 3, Figura 7- 4 y Figura 7- 5 muestran los sectores hidráulicos en donde se recomienda una redistribución de las cargas existentes de demanda a las líneas de red matriz o donde se recomienda una observación cercana de las velocidades existentes cuando se incremente la carga existente. En estas figuras se muestra en rojo las líneas en las cuales la velocidad máxima está muy cerca o superando los límites máximos permitidos, en condiciones de demanda actuales.

Los sectores hidráulicos en donde se recomienda la revisión en la distribución de las cargas son:

- S0106
- S0210
- S0415
- S0420
- S0502

A continuación se discuten los resultados y las recomendaciones para cada uno de estos sectores hidráulicos para los cuales se recomienda una evaluación más detallada:

- 1) S0106: en este sector se observan velocidades bajas en dos entregas: Autopista norte con Calle 134 y Autopista norte con Calle 164. Se observa velocidad alta en la entrega de la Colina Campestre. En el caso de presentarse problemas de baja presión en el servicio, se recomienda la redistribución de las demandas cargadas a la entrega de la Colina Campestre. Los resultados del modelo hidráulico no indican problemas de presión en el sistema de red matriz. La localización de los macromedidores en que señalan las entregas de este sector se presentan en la Figura 7- 1.

- 2) S0210: aunque las velocidades en las entregas de este sector están dentro de los límites aceptables, no son homogéneas, es decir algunas entregas tienen velocidades más altas que otras. El modelo hidráulico no muestra presiones por debajo de los límites aceptables en esta zona para condiciones existentes o proyectadas siguiendo el estudio de Cubillos, 2009. En el caso de presentarse problemas de baja presión en el futuro o en el caso de presentarse un aumento en la demanda diferente al proyectado en el estudio de Cubillos, 2009, se recomienda que estas nuevas demandas se carguen a la entrega que sale de la Avenida Boyacá con Calle 66A este, y que se revise la configuración de los subsectores para asegurar el flujo libre dentro del sector, que permita el balance hidráulico de las entregas. La localización de los macromedidores en que señalan las entregas de este sector se presentan en la Figura 7- 2.
- 3) S0415: las entregas en este sector muestran velocidades altas, llegando al límite de las velocidades máximas aceptables. En este sector se recomienda el monitoreo de las presiones en la red matriz y la red menor. En el caso de presentarse problemas de baja presión en el futuro, este sector requerirá de obras adicionales (reemplazo de tuberías existentes por conducción de mayor diámetro o implementación de nuevas redes matrices) que deberán ser evaluadas independientemente si se presenta la necesidad. Los resultados del modelo hidráulico no indican problemas de baja presión en el sistema de red matriz en este sector bajo condiciones existentes o siguiendo las proyecciones del estudio de crecimiento de la población y demanda de Cubillos, 2009. La localización de los macromedidores en que señalan las entregas de este sector se presentan en la Figura 7- 3.
- 4) S0420: las entregas en este sector muestran velocidades altas, llegando al límite de las velocidades máximas aceptables. En este sector se recomienda el monitoreo de las presiones en la red matriz y la red menor. En el caso de presentarse problemas de baja presión en el futuro, este sector requerirá de obras adicionales (reemplazo de tuberías existentes por conducción de mayor diámetro o implementación de nuevas redes matrices) que deberán ser evaluadas independientemente si se presenta la necesidad. Los resultados del modelo hidráulico no indican problemas de baja presión en el sistema de red matriz en este sector bajo condiciones existentes o siguiendo las proyecciones del estudio de crecimiento de la población y demanda de Cubillos, 2009. La localización de los macromedidores en que señalan las entregas de este sector se presentan en la Figura 7- 4.
- 5) S0502: las entregas en el sector de Castilla/Tintal/Kennedy no presentan velocidades promedio o máximas homogéneas. La entrega en la Av. 1 Mayo con Av. Boyacá (Occ.) presenta velocidades altas que se traducen en altas pérdidas de cabeza disponible. La entrega de la Calle 56 Sur con Carrera 86 también presenta velocidades altas pero con un margen aceptable. Se recomienda la evaluación de una redistribución de las cargas en estas entregas, favoreciendo dentro de lo posible las localizadas en la Transversal 58 con Avenida Boyacá y en la avenida Alsacia. Se resalta la ausencia de conexión a través de redes menores de diámetro de 10 o 12 pulgadas comunicando los subsectores servidos por las entregas mencionadas. La redistribución de las cargas puede presentar retos puesto que la densidad mayor de población se observa en el área suroccidental del sector, opuesta a las entregas con velocidad baja. Los resultados del modelo hidráulico muestran bajas presiones de servicio en la red matriz en este sector. Debido a las bajas presiones

existentes, se recomienda la construcción de redes matrices en lugar de redes menores, aun en cuanto a la falta de red menor de 10-12 pulgadas. También se recomienda la eliminación de válvulas cerradas utilizadas para separar los subsectores, para permitir el aprovechamiento de las líneas de red menor existentes. La localización de los macromedidores en que señalan las entregas de este sector se presentan en la Figura 7- 5.

Tabla 7- 1 Evaluación de Velocidad en las Entregas

Sector	Entrega	Identificado en Modelo	Velocidad Promedio m/s	Velocidad Máxima m/s	Diámetro	Entrada o Salida
105	TANQUE NUEVO DE SUBA	RZBN-RFSB-3465	1.18	1.80	36"	entrada
	SUBA BOMBEO TANQUE MEDIO	RZBN-SBSC-5394	0.78	0.84	24"	entrada
	SUBA BOMBEO TANQUE ALTO	RZBN-ISBA-6091	1.07	1.21	12"	entrada
106	Autonorte x Cl 170 (Bypass-Cost WN)	RZBN-TCB2-3355	0.57	0.85	24"	entrada
	Autonorte x Cl 164 (Separador)	D826	0.33	0.50	12"	entrada
	Autonorte x Cl 134 ( Occidente)	D830	0.23	0.35	12"	entrada
	Autonorte x Cl 164 (SW Alternativa S.)	D828	0.16	0.24	12"	entrada
	Av. SUBA x 129 (Covadonga)	D836	0.73	1.11	12"	entrada
	Cr 52 x Cl 129 B (Colina Campestre)	D832	1.33	2.04	12"	entrada
107	Av 9 x Cl 170 (Av. FFCC x 172 La Salle)	RZBN-TBUQ-3992	0.81	0.92	60"	entrada
	Cl 151 x Tv 35 (Interconexión-Parque)	RZBN-X150-5346	0.56	0.79	60"	entrada
	Aut. N. X Cl 190 (Mazurén-Separador AN)	RZBN-AUN2-1134	0.79	0.56	24"	entrada
	Cl 110 x Cra 11 (Usaquén Z.B.S.)	V46	-	-	-	salida
108	Cl 110 x Cra 11 (Usaquén Z.B.S.)	4797	1.34	1.68	60"	entrada
	Cl 80 x Av. Quito - (Esc. Militar, Brazo W)	RZBS-USL1-1004	0.76	1.02	42"	salida
	Av. Quito x Cl 79 (Rana. Brazo E)	RZBS-USL1-4948	1.69	2.00	36"	salida
109	Aut. N x Cl 128B (Separador Calz. N-S)	RZBN-XC92-2576	0.17	0.26	60"	entrada
	Av Boyacá x Cl 125A (Av. 127 - Ciclorruta)	RZBN-C125-1688	0.11	0.20	24"	entrada
118	Cl 110 x Cra 11 (Usaquén Z.I.)	RZI_D	0.23	0.32	42"	entrada
	Cl 87 x Cra 7	RZIN-UCH2-1919	0.10	0.14	42"	salida
131	Medidor Línea Nororientales	RSTA-NORO-4308	0.62	1.72	20"	entrada
	Salida 12" de caja 4	4636	-	-	12"	salida
135	Aut. N. X Cl 183 (Separador Autonorte)	M813	0.33	0.50	24"	entrada
	Av 9 x Cl 180 (Av. FFCC x Cl 180, ws)	143 (J)			12"	entrada
204	Av. Boyacá x Cl 82 (Makro)	RZBN-RYRQ-3787	0.96	1.51	24"	entrada

Sector	Entrega	Identificado en Modelo	Velocidad Promedio m/s	Velocidad Máxima m/s	Diámetro	Entrada o Salida
	Av. Boyaca x Cl 80 (Occidente)	RZBN-CL80-3337	1.03	1.62	24"	entrada
	Av. Boyacá x Av. Cl 68 (Occidente)	RZBN-CL68-3466	0.82	1.33	16"	entrada
	Av Boyacá x Cl 66 (Occidente)	RZBN-66A-1122	1.00	1.60	30"	entrada
	Cl 26 (Av.El Dorado) x Av. BOY (Occ.)	RZBN-DOR-4770	0.67	1.04	24"	entrada
	Zona Industrial de Cota	RZBN-COLS-2970	0.19	0.29	24"	salida
210	Av. Boyacá x Cl 68 (Este)	RZBN-CL68-4567	1.04	1.72	16"	entrada
	Av Boyacá x Cl 66A (Este)	RZBN-66A-1135	0.43	0.72	24"	entrada
214	Estructura de Control Chicó	D738	0.62	1.02	20"	entrada
216	Contr. Sta. Fe -E (Cl. 24 No. 21-36) Este	RCSF-XCSF-2582	0.45	0.73	30"	entrada
	Kr 21 No. 22C-38	RCSF-XCSF-1979	0.10	0.15	30"	salida
217	Cl 80 x Av. Quito - (Esc. Militar, Brazo W)	RZBS-USL1-1004	0.76	1.02	42"	salida
	Av. Quito x Cl 79 (Rana. Brazo E)	RZBS-USL1-4948	1.69	2.00	36"	salida
	Kr 36 x Cl 24 - (Takay )	RZBS-USL2-3824	1.12	1.22	36"	salida
	Tv 48 x Cll 42 - (Policía Nacional)	RZBS-EMPA-1561	0.62	0.78	42"	salida
218	Cl 87 x Cra 7	RZIN-UCH2-1919	0.10	0.14	42"	salida
219	Cll 26 x Kr 4 (San Diego, Cost. N.)**	RCSL-SDH1-3849	0.47	0.64	24"	entrada
233	Bombeo Paraiso I	RCSL-SCPA-6007	2.59	2.60	12"	entrada
303	Av. Boyacá x Dg 22 (Occidente)	RZBN-FFW-1863	0.66	1.07	42"	entrada
	Av Boyacá x Cl 13 (Occidental)	2561	0.77	1.25	16"	entrada
	Municipios (Funza, Madrid, Mosquera)	RZBN-FOM1-1655	0.32	0.48	36"	salida
311	Kr 36 x Cl 24 - (Takay )	RZBS-USL2-3824	1.12	1.22	36"	salida
	Estructura de Control Santa Lucia	RCSF-TQSL-3919	0.51	0.51	-	entrada
	Tv 48 x Cll 42 - (Policía Nacional)	RZBS-EMPA-1561	0.62	0.78	42"	salida
312	Av. Boyacá x Av. Américas (Este)	RZBN-AME1-1377	0.60	0.86	24"	entrada
	Av. Boyacá x Dg. 22 (Este)	RZBN-FFW-1003	0.18	0.25	42"	entrada
	Av Boyacá x Cl 13 (Este)	RZBN-C13-5331	0.35	0.50	16"	entrada

Sector	Entrega	Identificado en Modelo	Velocidad Promedio m/s	Velocidad Máxima m/s	Diámetro	Entrada o Salida
315	Tv 5 Este x CII 1 (Altos de Cartagena)	RVIT-VSDG-3624	0.40	0.42	24"	entrada
316	Contr. Sta. Fe -W (Cl. 24 No. 22-83) Occ.	RCSF-XCSF-3201	0.44	0.53	30"	entrada
	Estructura de Control Santa Lucia	RCSF-TQSL-3919	0.51	0.51	-	entrada
	Kr 21 No. 22C-38	RCSF-XCSF-1979	0.10	0.15	30"	salida
319	CII 26 x Kr 4 (San Diego, Cost S)	RCSL-SDS-5259	0.52	0.83	42"	entrada
321	Distribución El Consuelo	RVIT-DCNS-6006	0.23	0.44	16"	entrada
325	Bombeo Vitelma - San Dionisio	RVIT-DSDS-6004	0.37	0.57	12"	entrada
413	Av Boyacá x Cl 43 s. (FFCC del Sur)	RZBN-TUNA-4612	1.05	1.11	24"	entrada
	Av Boyacá x Tv. 58 s. (Skoda)	M453	0.35	0.50	16"	entrada
	Cra 19C x Cl 55 Sur (Tunal)	RZBN-TUSF-4885	0.21	1.03	24"	entrada
415	Circunvalar x Cl 17 sur (Vitelma 42")	RVIT-VTSB-3423	1.45	2.56	42"	entrada
	Bombeo Columnas - San Vicente	RVIT-ICSV-5762	0.81	2.64	24"	salida
	Refuerzo San Vicente - D. Turbay	4331	1.20	2.12	24"	entrada
	Llegada a Castillo	RVIT-ICVL-2728	2.94	2.99	-	salida
	Llegada a Jalisco	TANK166	0.17	0.20	-	salida
420	Bombeo Columnas - San Vicente	RVIT-ICSV-5762	0.81	2.64	24"	salida
	Bombeo San Vicente - Alpes	RVIT-ISVA-5926	0.59	2.30	24"	salida
	Refuerzo San Vicente - D. Turbay	4331	1.20	2.12	24"	entrada
422	Bombeo San Vicente - Alpes	RVIT-ISVA-5926	0.59	2.30	24"	salida
	Bombeo Alpes - Quindío	RVIT-IALQ-5937	1.65	2.26	24"	salida
423	Bombeo Alpes - Quindío	RVIT-IALQ-5937	1.65	2.26	24"	salida
	Bombeo Quindío - Juan Rey	EB394	0.57	0.89	16"	salida
424	Bombeo Quindío - Juan Rey	EB394	0.57	0.89	16"	salida
426	El Dorado	RDOR-CTDP-3197	0.11	0.14	-	entrada
	Distribución La Laguna (Salida 18")	RLAG-LGUV-5902	0.38	0.99	18"	salida
427	Llegada a Jalisco	TANK166	0.17	0.20	-	salida

Sector	Entrega	Identificado en Modelo	Velocidad Promedio m/s	Velocidad Máxima m/s	Diámetro	Entrada o Salida
428	Llegada a Castillo	RVIT-ICVL-2728	2.94	2.99	-	salida
	Bombeo Quindío - Juan Rey	EB394	0.57	0.89	16"	salida
429	Bombeo Quindío - Juan Rey	EB394	0.57	0.89	16"	salida
436	Bombeo Sierra Morena I	RZBN-ISM1-5282	0.84	1.24	30"	entrada
	Línea 16" Quintanares - Julio Rincón	RCCZ-ISTL-5851	0.11	0.16	16"	salida
437	Aut. Sur x Av Vill/cio (Glaxo, Costado SW)	RZBN-AUTS-4843	0.16	0.23	24"	entrada
	Aut. Sur x Av Vill/cio (Pfizer, Costado SE)	RZBN-AUTS-3687	0.38	0.56	6"	entrada
	Cl 63 sur x Av. Villavicencio (Separador)	M134	0.34	0.48	8"	entrada
	Refuerzo Tunal - San Francisco	RZBN-TUSF-3180	0.63	1.62	12"	entrada
	Cra 19C x Cl 55 Sur (Tunal)	RZBN-TUSF-4885	0.21	1.03	24"	entrada
	Salida 12" - Casablanca	M864	0.13	0.19	12"	entrada
	FFCC Sur x Kr 54 (Dg. 44, Chucua)	RZBN-C56S-2227	0.57	0.91	8"	entrada
501	Cl 56 Sur x Kr 86 (No. 86-43)	M043	1.10	1.74	24"	entrada
	Cra 86 x Cl 57F Sur (No. 57F-55)	RZBN-AGM1-4702	0.89	1.39	24"	salida
	Aut. Sur x Av. V/cencio (Cocacola)	RZBN-RFAS-2373	0.94	1.48	24"	entrada
	Av FFCC Sur x Kra 64 (Villa del Río)	M601023	0.33	0.52	12"	entrada
502	Cl 56 Sur x Kr 86 (No. 86-43)	M043	1.10	1.74	24"	entrada
	Cra 86 x Cl 57F Sur (No. 57F-55)	RZBN-AGM1-4702	0.89	1.39	24"	salida
	Tv 58 x Av. Boy. (Cl 39 Sur)	M040	0.54	0.85	16"	entrada
	Av. 1 Mayo x Av. Boyacá (Occ.)	RZBN-TCB3-1229	1.67	2.63	30"	entrada
	Av. Boyacá x Av. Américas (Occ.+w)	RZBN-AME2-1883	0.42	0.63	16"	entrada
	Av. Boyacá x Av. Américas (Occ.+E)	RZBN-AME2-4525	1.08	1.74	24"	entrada
	Av. Alsacia x Av. Boyacá	RZBN-ALSA-3845	0.49	0.77	12"	entrada
530	Distribución Cazuca	RCCZ-CZS-5162	0.58	0.90	42"	entrada
	Línea 16" Quintanares - Julio Rincón	RCCZ-ISTL-5851	0.11	0.16	16"	salida

Figura 7- 1 Sector 106

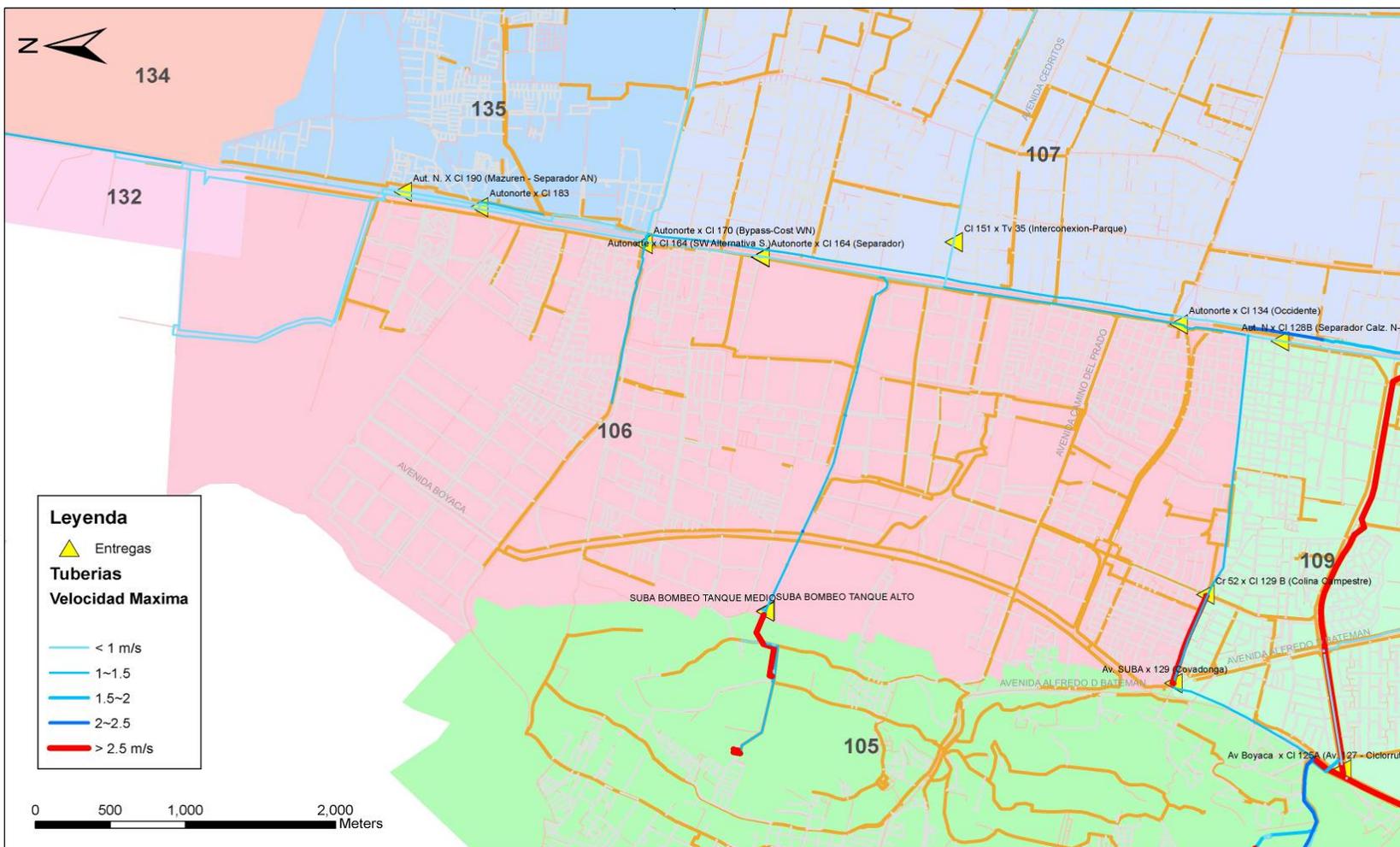


Figura 7- 2 Sector 210

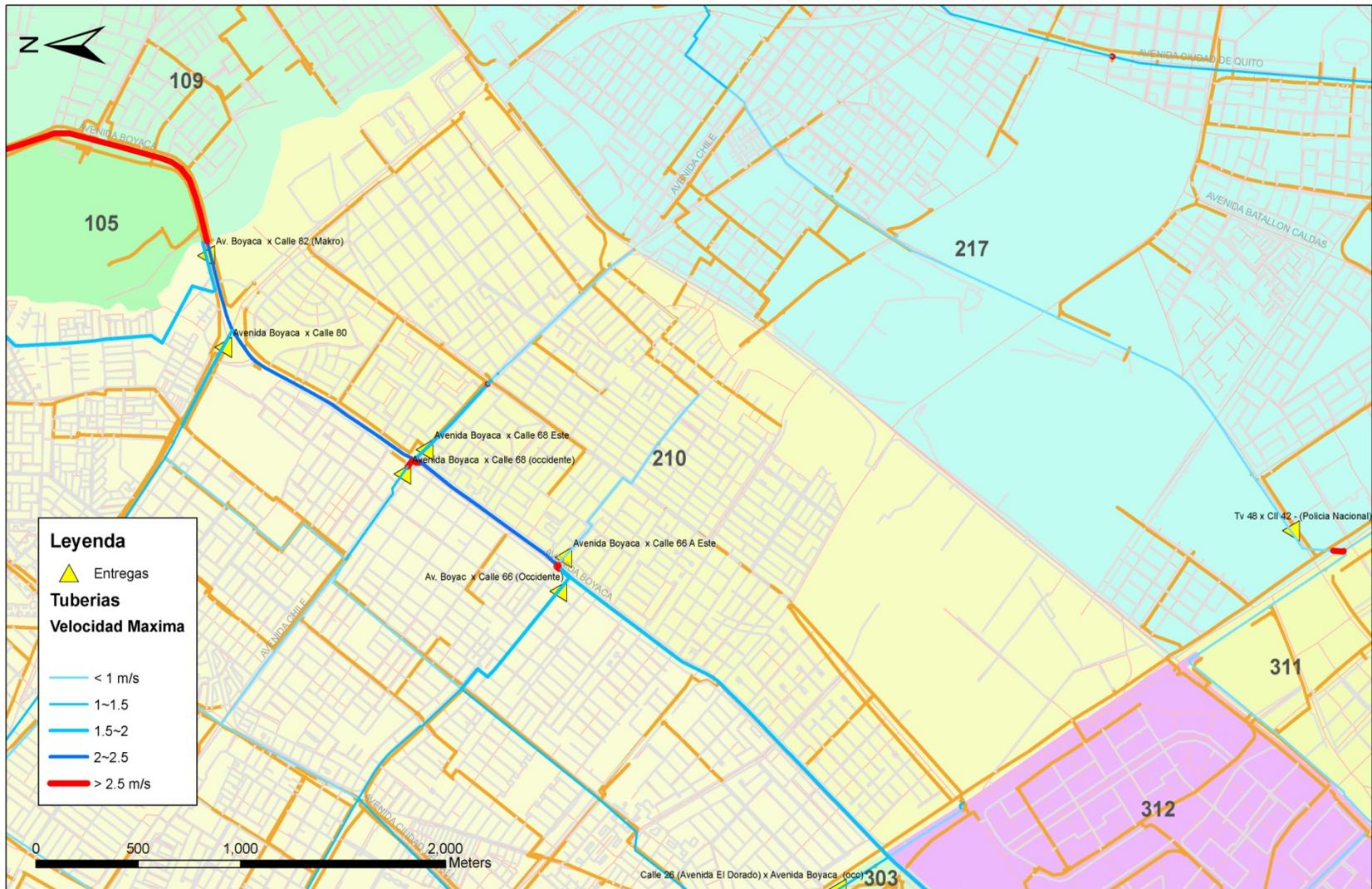


Figura 7- 3 Sector 415

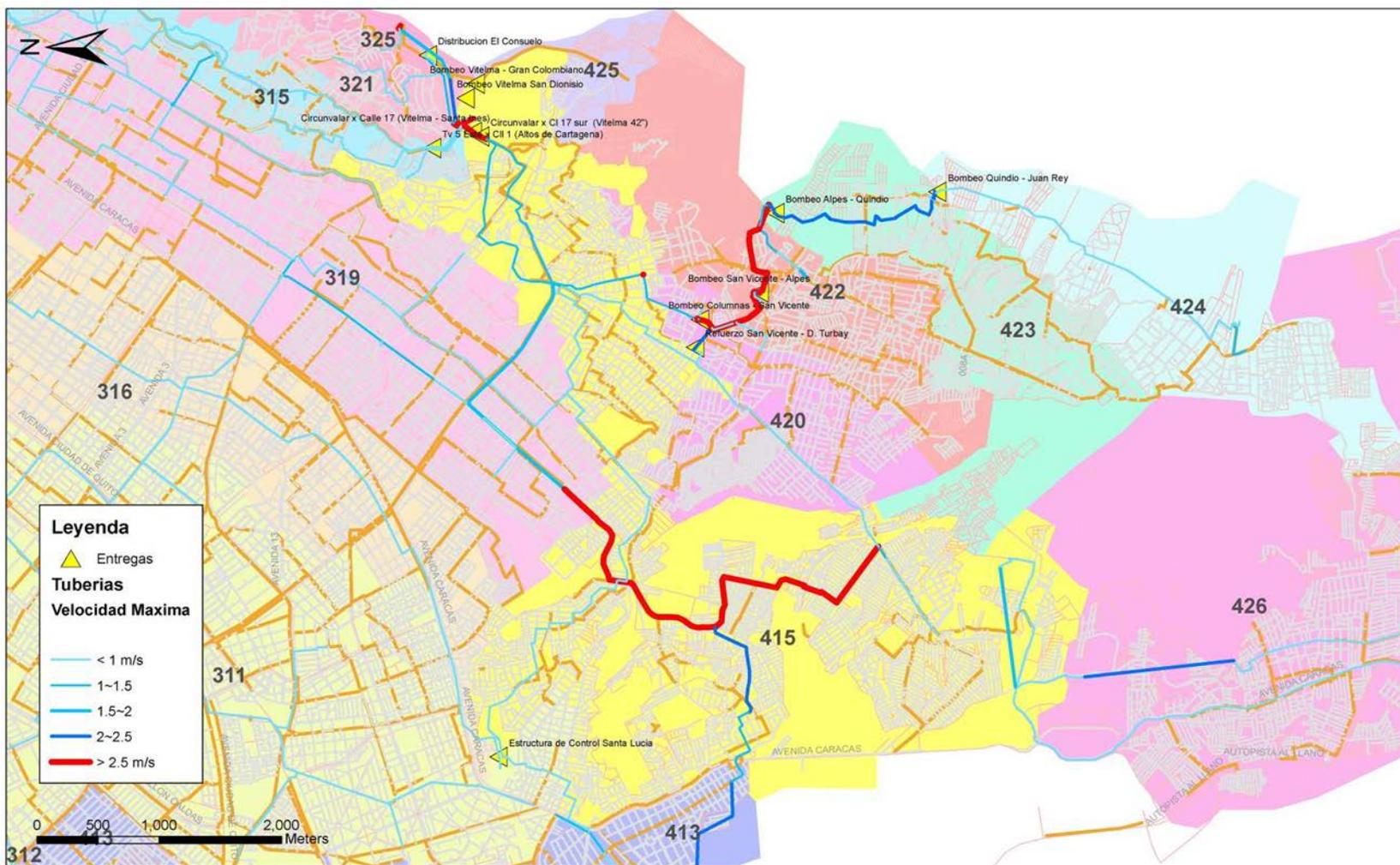


Figura 7- 4 Sector 420

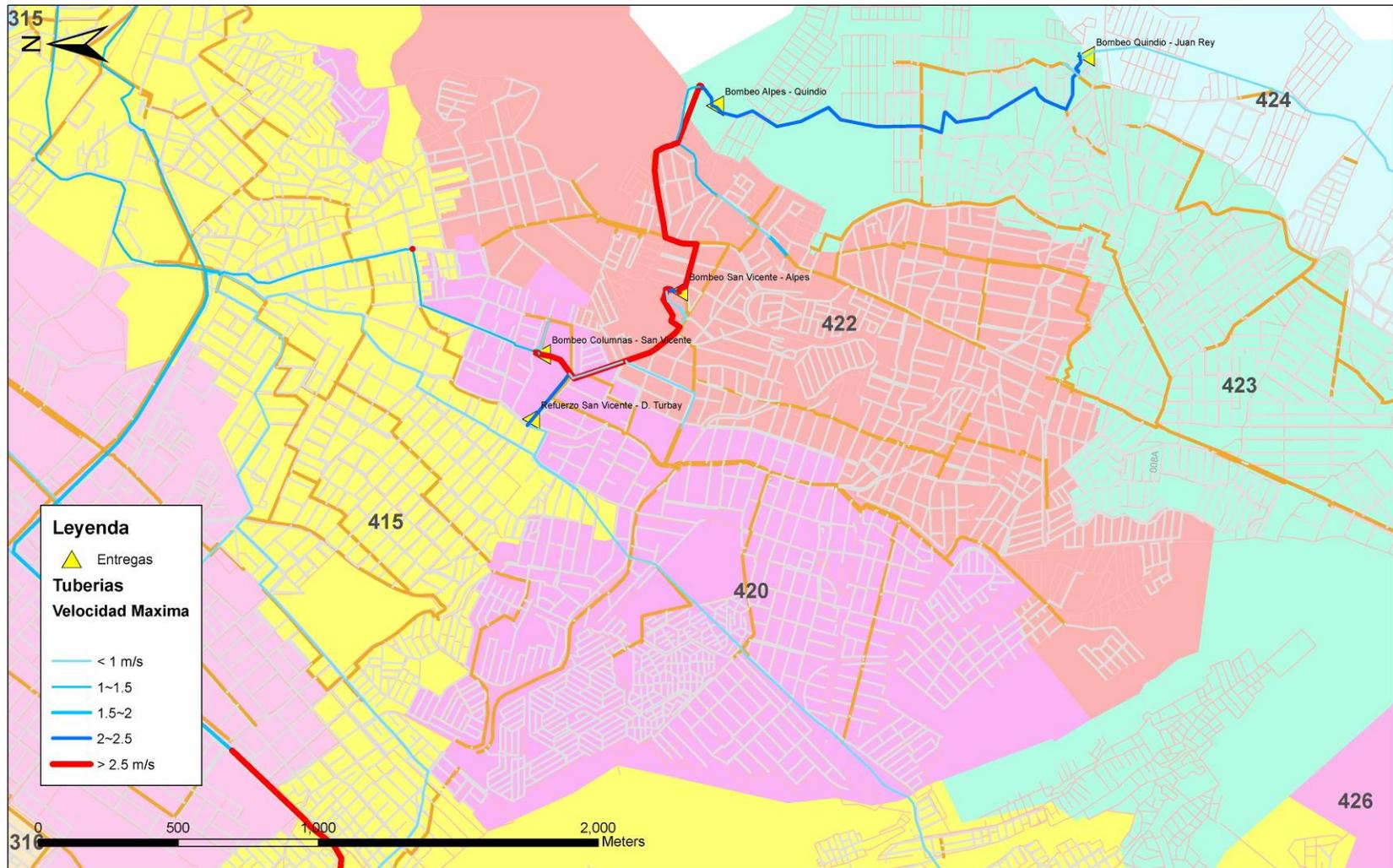
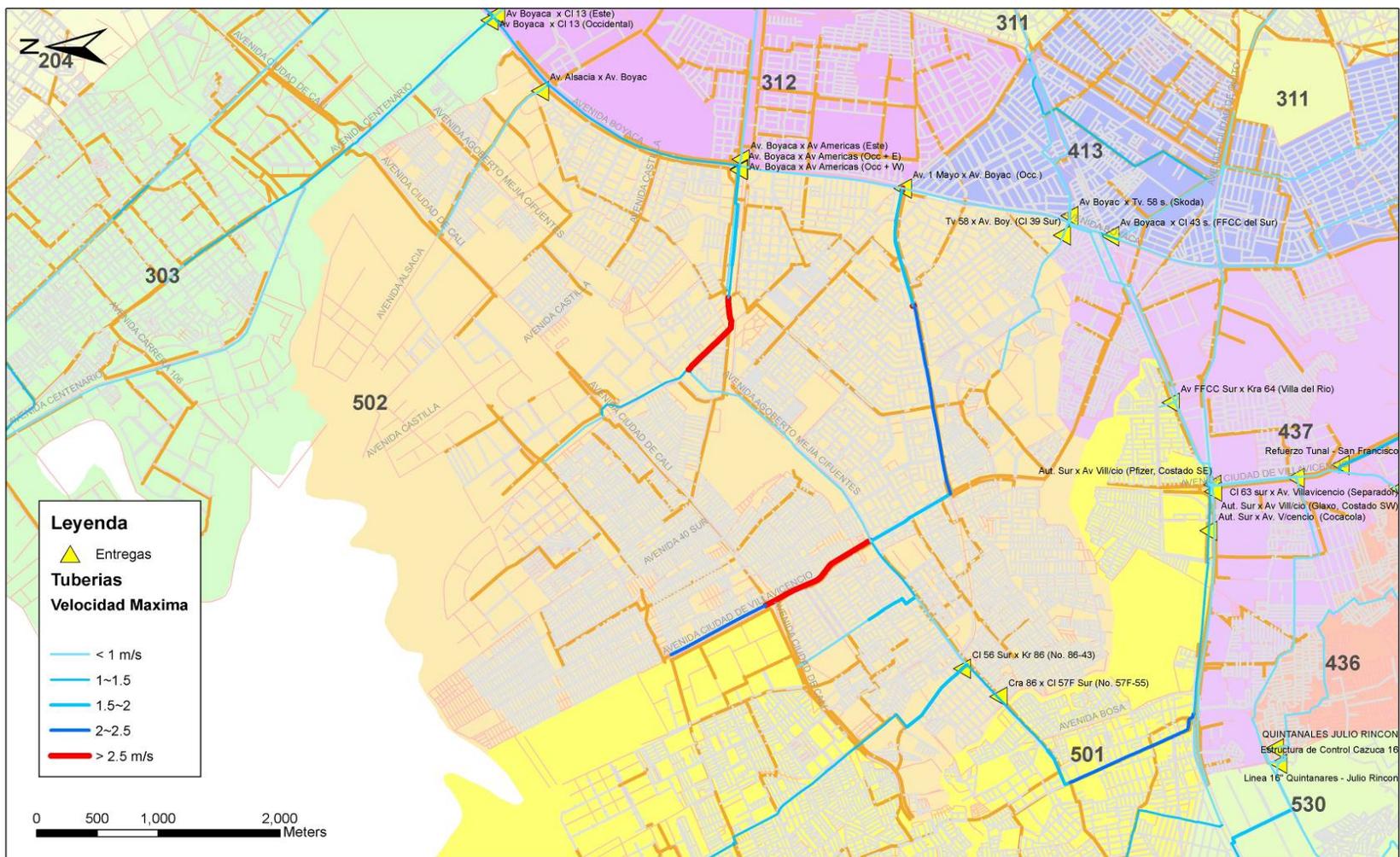


Figura 7- 5 Sector 502



## 8. Plan de Inversiones

Las obras propuestas fueron desarrolladas con base a la actualización del modelo hidráulico, el desarrollo de demandas en dicho modelo basadas en la información histórica de consumo disponible en la macro medición y micro medición de la EAAB-E.S.P, y la evaluación de proyección de demandas con base en el estudio de crecimiento de población y demandas de Cubillos, del 2009, y la información adicional de los Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Soacha y Gachancipá y los otros municipios.

El plan recomendado incluye la construcción de 3 tanques nuevos y la ampliación de 8 tanques existentes, la construcción de 4 estaciones de bombeo nuevas, el reemplazo de la línea de impulsión en 1 estación existente, y la construcción de 25 líneas nuevas o refuerzos (en Soacha son 2 tanques nuevos y la ampliación de 1 tanque existente, 3 estaciones de bombeo nuevas y 9 líneas).

Estas obras suman una inversión total de \$664.407 millones de pesos, en obras propuestas para ser construidas desde el 2012 al 2030. De esta inversión total, el 24% (\$161.275 millones) corresponde a proyectos en el sistema de Bogotá, 11% (\$74.846 millones) a proyectos para expandir el sistema de Soacha, 36% (\$239.492 millones) a proyectos requeridos en los municipios del norte y 28% (\$188.794) a infraestructura requerida para mejorar el servicio a los municipios de occidente. En términos de porcentaje de inversión en los diferentes años para los cuales se estableció la necesidad de obras, el 29% (\$196.981 millones) corresponde a proyectos para ser desarrollados en el 2012, 11% (\$70.565 millones) para el 2013, 3% (\$22.467 millones) para el 2014, 24% (\$158.642 millones) para el 2015, 28% (\$185.838 millones) para el 2017, 3% (\$20.909) para el 2020, 1% (\$7.805) para el 2025, y 0.2% (\$1.200) para el 2030.

La Sección 5 del Informe del Producto 3 presenta en detalle la metodología utilizada para calcular los costos de las diferentes obras que se presentan en el plan de inversiones. Para este proceso se utilizaron como referencia los precios del Sistema de Avalúo de Infraestructura (SAI) de la EAAB E.S.P. y los costos de proyectos desarrollados recientemente por la EAAB E.S.P. de características similares a los propuestos, los cuales sirvieron como base para los análisis realizados. Igualmente se usó información disponible del mercado en industrias pertinentes. Esta sección también presenta la metodología seguida para el análisis de estimación de costos de construcción de los tanques, líneas y estaciones de bombeo. Así mismo, se explica la metodología utilizada para estimar los costos de las labores de consultoría de los proyectos. Todos los precios presentados en este plan maestro están en pesos 2011.

La sección 5 del informe del Producto 3 también presenta las conclusiones de las evaluaciones de costo mínimo, cuyos resultados fueron aplicados en la formulación del plan de inversiones formulado en la sección 4 del informe del producto 3.

Los cuadros presentados a continuación incluyen el listado de las obras propuestas en el plan de inversiones por año e incluye una descripción corta de la obra y la población beneficiada por la misma.

Tabla 8- 1 Plan de inversiones – Obras Inmediatas (Años 2.012-2.014)

Año - Plan de Inversión	Proyecto	Nombre de la Obra	Descripción	Zona Beneficiada	Proyección Población Beneficiada (Año 2.030)
2012	L07B	LINEA MUNICIPIOS DE OCCIDENTE	Línea de 48" de diámetro en acero, con una longitud de 15.000 m. El objetivo de esta línea es aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir con el incremento en la demanda en estos municipios.	Municipios de Occidente y Bajo Tequendama	915.000
2012	L30	LINEA MADRID MOSQUERA	Línea de 36" de diámetro en CCP, con una longitud de 4.700 m. El objetivo de esta línea es aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir con el incremento en la demanda de la zona.	Madrid Mosquera	301.900
<p>Para la definición de este proyecto se elaboró una evaluación detallada de alternativas. La alternativa seleccionada fue la Alternativa 3 planteada. Una descripción de todas las alternativas evaluadas se presenta a continuación.</p> <p>Alternativa 1: Esta alternativa plantea una línea paralela a la línea existente, en diámetro de 48", iniciando en la Avenida Boyacá con Calle 22 (Avenida Ferrocarril), hasta la Carrera 116, tomando al sur hasta la calle 17 y siguiendo al occidente por la Avenida Centenario, cruzando el río Bogotá y hasta la bifurcación a Funza. Esta alternativa busca minimizar las pérdidas hidráulicas entre la línea de 78" en la Avenida Boyacá, la cual viene del sistema de Suba Nuevo-Casablanca, aumentando el diámetro de transmisión. Esta línea busca aprovechar al máximo la cabeza disponible en la línea mencionada. Esta alternativa busca disminuir la velocidad hasta niveles mínimos permitidos, manteniendo el esquema operativo existente.</p> <p>Alternativa 2: Esta alternativa incluye la construcción de una nueva estación de bombeo, la Estación de Bombeo Madrid Mosquera. Esta alternativa incluye además tanques nuevos de compensación para los municipios y la línea L30, la cual es necesaria para completar la línea de impulsión. Esta alternativa busca maximizar la utilización de la línea existente de 36", la cual opera en velocidades más bajas de las máximas permitidas. Mediante la operación de una estación de bombeo se aumentaría la cabeza en la línea de transmisión. Esta alternativa tiene la ventaja de no necesitar de líneas adicionales en infraestructura, pero requiere de la construcción de tanques en la entrega a los municipios. Esta alternativa permite la instalación de las unidades de bombeo en etapas de acuerdo al crecimiento observado, hasta una capacidad máxima en condiciones de saturación de 2000 hp de capacidad de bombeo instalada.</p> <p>Alternativa 3: Esta alternativa denominada Línea Municipios de Occidente ALO - 48" se plantea para aprovechar la cabeza Wiesner, saliendo aguas arriba de la estructura de control del tanque de Suba, hasta la Carrera 129 con Avenida Centenario, y entregando a la línea existente expresa de 36". Esta alternativa busca aumentar la cabeza de servicio en los municipios de occidente aprovechando la cabeza de Wiesner/Santa Ana, conectando este sistema antes de la estructura de control del tanque Suba Nuevo a través de una estructura reguladora de presión que permita la operación del sistema de municipios de occidente con una cabeza más alta, a la vez que se aprovecha la capacidad hidráulica de la línea expresa existente de 36".</p> <p>Alternativa 4: Línea Municipios de Occidente ALO - 36" se plantea también con la cabeza de Wiesner, pero con un diámetro menor lo cual ayuda a minimizar costos de construcción, y requiere tanques de compensación en los municipios. Con cabeza Wiesner, saliendo aguas arriba de la estructura de control del tanque de Suba, hasta la Carrera 129 con Avenida Centenario, entrega a la línea existente expresa de 36". Esta alternativa es similar a la alternativa 3, con la diferencia de que requiere de tanques de compensación a la entrega en cada municipio, lo que permite una reducción en el diámetro propuesto.</p>					

Tabla 8- 2 Plan de inversiones – Obras 2.015

Año - Plan de Inversión	Proyecto	Nombre de la Obra	Descripción	Zona Beneficiada	Proyección Población Beneficiada (Año 2.030)
2.015	L10	LÍNEA EXTENSIÓN TINTAL NORTE	Línea de 24" de diámetro en CCP, con una longitud de 2.030 m. El objetivo de esta línea es aumentar la capacidad en las horas de consumo máximo diario y máximo horario, para condiciones de demanda actual y futura de la zona.	Bosa - Kennedy	177.800
2.015	T06	TANQUE CAZUCA NUEVO	Construcción de un tanque nuevo con capacidad de 10.000 m <sup>3</sup> para incrementar la capacidad de almacenamiento en el área aferente correspondiente al tanque existente de Cazuca y para cumplir con los caudales de incendio y almacenamiento de emergencia requeridos, además reduciendo el riesgo de problemas de edad de agua y calidad de agua en general.	Soacha	877.489
2.015	L13	LÍNEA REFUERZO CAZUCA	Línea de 36" de diámetro en CCP, con una longitud de 1.700m. El objetivo de esta línea es aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir con las presiones mínimas de servicio durante horas de consumo máximo diario y máximo horario, para condiciones de demanda actual y futura de la zona de Soacha, reforzando la línea de suministro existente de 42" entre el tanque Cazucá y la Autopista Sur en el municipio de Soacha.	Soacha	872.000
2.015	T04	TANQUE SAN DIONISIO	Construcción de un tanque nuevo con capacidad de 500 m <sup>3</sup> para incrementar la capacidad de almacenamiento en el área y cumplir con los requisitos mínimos de compensación, caudales de incendio y almacenamiento de emergencia.	Santa Fé	38.149
2.015	L11	LÍNEA BOSA 3	Línea de 24" de diámetro en CCP, con una longitud de 2.530 m. El objetivo de esta línea es aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir la demanda actual y futura de la zona.	Bosa	33.600

Año - Plan de Inversión	Proyecto	Nombre de la Obra	Descripción	Zona Beneficiada	Proyección Población Beneficiada (Año 2.030)
2.015	L09	LÍNEA AVENIDA CENTENARIO ALSACIA	Línea de 24" de diámetro en CCP, con una longitud de 1.780 m. El objetivo de esta línea es aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir la demanda actual y futura de la zona.	Bosa - Kennedy	67.100
2.015	L05	LÍNEA AVENIDA LAS VILLAS TRAMO 1	Tubería de 16" de diámetro en CCP, con una longitud de 740 m. El objetivo de esta línea es aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir con las presiones mínimas de servicio durante horas de consumo máximo diario y máximo horario, para condiciones de demanda actual y futura de la zona.	Suba	211.300
2.015	EB3	ESTACIÓN DE BOMBEO GACHANCIPÁ	Construcción de una estación de bombeo con 2 bombas de capacidad de 10 l/s cada una (1 en operación y 1 en stand by) para servir al desarrollo esperado en zonas altas y población existente para condiciones de día máximo, caudales de incendio y condiciones de emergencia en el servicio.	Gachancipá	54.568
2.015	L01	LÍNEA GACHANCIPÁ I IMPULSIÓN	Línea de 10" de diámetro en CCP, con una longitud de 600 m. El objetivo de esta línea es servir el desarrollo esperado en zonas altas y población existente para condiciones de día máximo, caudales de incendio y condiciones de emergencia en el servicio.	Gachancipá	54.568
2.015	T11	TANQUE GACHANCIPÁ II	Construcción de un tanque nuevo con capacidad de 500 m <sup>3</sup> para incrementar la capacidad de almacenamiento en el área aferente correspondiente al tanque existente Gachancipá, para cumplir con los requisitos mínimos de compensación, caudales de incendio y almacenamiento de emergencia que rigen la Red Matriz.	Gachancipá	54.568
2.015	T10	TANQUE GACHANCIPÁ I	Construcción de un tanque nuevo con capacidad de 1.200 m <sup>3</sup> , con el fin de servir desarrollo esperado en zonas altas y población existente para condiciones de día máximo, caudales de incendio y condiciones de emergencia en el servicio.	Gachancipá	57.568
2.015	L02B	LÍNEA GACHANCIPÁ TRAMO 2	Línea de 20" de diámetro en CCP, con una longitud de 6.000m. El objetivo de esta línea es aumentar el suministro de agua potable para cumplir la demanda futura del municipio de Tocancipá, Sopó y Gachancipá.	Tocancipá, Sopó y Gachancipá	34.900

Año - Plan de Inversión	Proyecto	Nombre de la Obra	Descripción	Zona Beneficiada	Proyección Población Beneficiada (Año 2.030)
2.015	L02	LÍNEA GACHANCIPÁ TRAMO 1	Línea de 36" de diámetro en CCP, con una longitud de 9.500 m. El objetivo de esta línea es aumentar el suministro de agua potable para cumplir la demanda futura del municipio de Tocancipá, Sopó y Gachancipá.	Tocancipá, Sopó y Gachancipá	295.200
2.015	T01	TANQUE BOSQUE MEDINA	Construcción de un tanque nuevo con capacidad de 350 m <sup>3</sup> para incrementar la capacidad de almacenamiento en el área, para cumplir con los requisitos mínimos de compensación, caudales de incendio y almacenamiento de emergencia. Como alternativa al tanque nuevo, se puede instalar un sistema de reductoras de presión consistiendo de dos o tres válvulas reductoras de presión en series y con bifurcación paralela debido a que la reducción de presión es significativa (120 metros).	Usaquén	9.388
2.015	T03	TANQUE PARDO RUBIO III	Construcción de un tanque nuevo con capacidad de 250 m <sup>3</sup> para incrementar la capacidad de almacenamiento en el área, para cumplir con los requisitos mínimos de compensación, caudales de incendio y almacenamiento de emergencia.	Chapinero	8.208
2015	L14	LÍNEA MALACHI - LAS VEGAS	Línea de 16" de diámetro en CCP, con una longitud de 2.050 m. El objetivo de esta línea es de aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir con el incremento en la demanda de la zona comprendida entre la Autopista Sur y el desarrollo Malachí en el municipio de Soacha, y para asegurar el servicio dentro de los límites de presión y velocidad que rigen la red matriz.	Soacha	67.100
2015	EB4	E.B. LA VEREDITA	Construcción de una estación de bombeo con 3 bombas con capacidad de 65 l/s cada una (2 en operación y 1 en stand by), para servir al desarrollo esperado en zonas altas y población existente para condiciones de día máximo, caudales de incendio y condiciones de emergencia en el servicio.	Soacha	102.297
2015	L17	LÍNEA LA VEREDITA	Línea de 16" de diámetro en CCP, con una longitud de 900 m. El objetivo de esta línea es servir al desarrollo esperado en zonas altas y población existente para condiciones de día máximo, caudales de incendio y condiciones de emergencia en el servicio.	Soacha	102.297

Año - Plan de Inversión	Proyecto	Nombre de la Obra	Descripción	Zona Beneficiada	Proyección Población Beneficiada (Año 2.030)
2015	T08	TANQUE LA VEREDITA	Construcción de un tanque nuevo con capacidad de 1.400 m <sup>3</sup> para servir al desarrollo esperado en zonas altas y población existente para condiciones de día máximo, caudales de incendio y condiciones de emergencia en el servicio.	Soacha	102.297
2015	L22	LÍNEA DE IMPULSION LA VEREDITA	Línea de 12" de diámetro en CCP, con una longitud de 290 m. El objetivo de esta línea es servir al desarrollo esperado en zonas altas y población existente para condiciones de día máximo, caudales de incendio y condiciones de emergencia en el servicio.	Soacha	102.297
2015	T09	TANQUE VÍNCULO	Construcción de un tanque nuevo con capacidad de 800 m <sup>3</sup> para servir al desarrollo esperado en zonas altas y población existente en condiciones de día máximo, caudales de incendio y condiciones de emergencia en el servicio.	Soacha	61.378
2015	EB5	ESTACIÓN DE BOMBEO VÍNCULO	Construcción de estación de bombeo con 3 bombas de capacidad 40 l/s cada una (2 en operación y 1 en stand by) para servir al desarrollo esperado en zonas altas y población existente para condiciones de día máximo, caudales de incendio y condiciones de emergencia en el servicio.	Soacha	61.378
2015	L27	LÍNEA IMPULSIÓN VÍNCULO	Línea de 12" de diámetro en CCP, con una longitud de 1.400 m. El objetivo de esta línea es servir el desarrollo esperado en zonas altas y población existente para condiciones de día máximo, caudales de incendio y condiciones de emergencia en el servicio.	Soacha	61.378
2.015	L04	LÍNEA AVENIDA LAS VILLAS TRAMO 3	Línea de 16" de diámetro en CCP, con una longitud de 1.600 m. El objetivo de esta línea es aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir con las presiones mínimas de servicio durante horas de consumo máximo diario y máximo horario, para condiciones de demanda actual y futura de la zona.	Suba	124.100
2.015	L06	LÍNEA PROLONGACIÓN AVENIDA EL RINCÓN	Línea de 30" de diámetro en CCP, con una longitud de 720 m. Esta línea se propone como parte de la solución de infraestructura futura de la red matriz de Bogotá.	Suba	375.600

Año - Plan de Inversión	Proyecto	Nombre de la Obra	Descripción	Zona Beneficiada	Proyección Población Beneficiada (Año 2.030)
2.015	L28	LÍNEA LA CONEJERA	Línea de 16" de diámetro en CCP, con una longitud de 1.350 m. Esta línea se propone para aumentar la capacidad en las horas de consumo máximo diario y máximo horario, para condiciones de demanda actual y futura de la zona.	Suba	124.100

Tabla 8- 3 Plan de inversiones – Obras 2.017-2.020

Año - Plan de Inversión	Proyecto	Nombre	Descripción	Zona Beneficiada	Proyección Población Beneficiada (Año 2.030)
2.017	VEB4	CASABLANCA - CAZUCA	Construcción de una estación de bombeo con 4 bombas de capacidad de 433.34 l/s cada una (3 en operación y 1 en stand by). Esta estación se propone por vulnerabilidad como refuerzo en la alimentación del Tanque Cazuca, del cual depende el municipio de Soacha y permitir la alimentación del tanque de Cazuca desde el tanque Casablanca, en caso de que la alimentación desde Wiesner falle.	Soacha	238.701
2.017	V02	WIESNER - TIBITOC	La línea evaluada tendría 3 segmentos principales en diámetros de 30", 24" y 20" con longitudes de 9.500 (30" Hierro Dúctil), 10.100 (30" CCP), 7.520 (24" CCP), 8.050 (20" CCP) y sería propuesta para condiciones existentes o en el corto plazo. En el momento en que los municipios alcancen condiciones de saturación, esta línea no sería necesaria puesto que la velocidad en las líneas existentes estaría dentro de los rangos aceptables.	Municipios del Norte	295.000
2.020	L03	CAJICÁ	Línea de 16" de diámetro en CCP, con una longitud de 1.750 m. Esta línea se propone para aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir la demanda actual y futura del municipio de Cajicá	Cajicá	241.500
2.020	L08	CENTENARIO	Línea de 24" de diámetro en CCP, con una longitud de 2.140 m. Esta línea se propone para aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir la demanda actual y futura de la zona	Fontibón	234.800
2.020	L12	LÍNEA CONEXIÓN SOACHA EXPRESA	Tubería de 24" de diámetro en CCP, con una longitud de 175 m. Esta línea reemplazará el tramo de salida en 12" de la línea de 24" de la Av. Carrera 4 hasta la conexión con la línea San Carlos de 16", y empatar la línea de 24" con la línea de 36" también de la Av. Carrera 4, para incrementar la capacidad del sistema en este punto.	Soacha	60.400
2.020	L15	LÍNEA LAS VEGAS	Línea de 12" de diámetro en CCP, con una longitud de 770 m. El objetivo de esta línea es aumentar el suministro de agua potable para cumplir con el incremento en la demanda de la zona comprendida entre la Autopista Sur y el sector Las Vegas en el municipio de Soacha.	Soacha	33.600

Año - Plan de Inversión	Proyecto	Nombre	Descripción	Zona Beneficiada	Proyección Población Beneficiada (Año 2.030)
2.020	L23	LÍNEA LAS HUERTAS SUR	Línea de 16" de diámetro en CCP, con una longitud de 535 m. Con esta línea se busca aumentar la capacidad de suministro de agua potable para cumplir con el incremento en la demanda de la zona comprendida entre la Transversal 7 con Calle 6 y el sector Silo en el municipio de Soacha, para asegurar el servicio dentro de los límites de presión y velocidad que rigen la red matriz.	Soacha	67.100
2.020	LI01	LÍNEA DE IMPULSION CODITO 2 – CODITO 3	Obra requerida únicamente por vulnerabilidad. Se propone el cambio de la línea de impulsión de 8" a 10" y utilizar todas las bombas existentes, en los casos requeridos sin tener una bomba de bypass en estos casos.	Norte	15.256

Tabla 8- 4 Plan de inversiones – Obras 2.025

Año - Plan de Inversión	Proyecto	Nombre	Descripción	Zona Beneficiada	Proyección Población Beneficiada (Año 2.030)
2.025	T02	TANQUE PARDO RUBIO II	Construcción de un tanque nuevo con capacidad de 50 m <sup>3</sup> para incrementar la capacidad de almacenamiento en el área, para cumplir con los requisitos mínimos de compensación, caudales de incendio y almacenamiento de emergencia.	Chapinero	4.413
2.025	T05	TANQUE EL VOLADOR	Construcción de un tanque nuevo con capacidad de 500 m <sup>3</sup> para incrementar la capacidad de almacenamiento en el área, para cumplir con los requisitos mínimos de compensación, caudales de incendio y almacenamiento de emergencia.	Ciudad Bolívar	110.571

Tabla 8- 5 Plan de inversiones – Obras 2.030

Año - Plan de Inversión	Proyecto	Nombre	Descripción	Zona Beneficiada	Proyección Población Beneficiada (Año 2.030)
2.030	L16	LÍNEA LAS HUERTAS	Línea con diámetro de 12” en CCP, con longitud de 530 m. Con esta línea se busca aumentar el suministro de agua potable para cumplir con el incremento en la demanda de la zona.	Soacha	600

Las obras nuevas que se recomiendan como resultado del Estudio Plan de la Red Matriz de Acueducto de la Ciudad de Bogotá y el Municipio de Soacha, se describen de manera detallada en los anexos A, B, C y D del Informe del Producto 3. Estos anexos contienen un informe específico para cada obra propuesta.

La descripción de cada obra incluye los siguientes puntos:

- Descripción general: descripción del tipo de obra y dimensiones recomendadas.
- Descripción del Corredor: descripción de las condiciones del corredor evaluado.
- Objetivo y justificación: descripción de las necesidades hidráulicas y de servicio que hacen necesaria la construcción de esta obra y los objetivos de servicio que se pretenden lograr.
- Población beneficiada: Número de personas que serán beneficias por las mejoras
- Plano: se elaboró un plano tipo que muestra las condiciones básicas para el tipo de obra en particular (Ver Anexo J, Producto 3).

Las obras recomendadas se muestran en los planos del sistema de Bogotá, Soacha y Municipios del Norte que se incluye en el Anexo I, Producto 3.

La siguiente Tabla presenta el costo estimado de las obras nuevas agrupadas por año recomendado para su ejecución.

**Tabla 8- 6 Resumen de Costo de Obras Nuevas por Año**

ID	Nombre del Proyecto	Costo (en millones)							
		2012	2013	2014	2015	2017	2020	2025	2030
L07B - L30	Municipios de Occidente	\$188.794							
EAAB 02	Línea Carrera 99	\$ 4.919							
EAAB 03	Línea Ciudad de Cali	\$3.268							
	Ampliación Volador Quiba Alpes		\$19.501						
	Línea Avenida Las Villas		\$5.121						
EAAB 08	Línea Villavicencio I		\$5.836						
EAAB 09	Línea Villavicencio II		\$8.887						
	Sistema Tanque Los Soches		\$16.454						
	Sistema Santo Domingo		\$7.697						
	Sistema Borde Norte		\$7.069						
EAAB 05	Línea Av. Rincón			\$8.361					
EAAB 10	Línea Bosa Kennedy Prolongación Tintal			\$4.388					
	Suba Cerro Sur			\$9.718					
T06	Tanque Cazuca Nuevo				\$24.251				
L13	Línea Refuerzo Tanque Cazucá				\$7.739				

ID	Nombre del Proyecto	Costo (en millones)							
		2012	2013	2014	2015	2017	2020	2025	2030
L10	Línea Extensión Tintal Norte				\$6.057				
T04	Tanque San Dionisio				\$1.529				
L11	Línea Bosa 3				\$5.915				
L09	Línea Avenida Centenario Alsacia				\$5.803				
L05	Línea Avenida Las Villas Tramo 1				\$1.763				
EB3	Estación de Bombeo Gachancipá I				\$3.900				
L01	Línea Gachancipá I Impulsión								
T11	Tanque Gachancipá II								
T10	Tanque Gachancipá				\$4.595				
L02B	Línea Gachancipá Tramo II				\$17.114				
L02	Línea Gachancipá Tramo I				\$39.820				
T01	Tanque Bosque Medina Nuevo				\$1.289				
T03	Tanque Pardo Rubio III				\$898				
L14	Malachi-Las Vegas				\$4.836				
EB4	Estación Bombeo La Veredita				\$8.520				
L22	Impulsión La Veredita								
T08	Tanque La Veredita								
L17	Línea La Veredita								
EB5	Estación de Bombeo Vínculo				\$8.467				
L27	Impulsión Vínculo								
T09	Tanque Vínculo								
L04	Línea Avenida Las Villas Tramo 3				\$3.747				
L06	Línea Prolongación Avenida El Rincón				\$2.552				
L28	Prolongación Línea Calle 170 (Av. Las Villas - Av. Boyacá)				\$3.192				
	Sistema El Zuque				\$6.655				
VEB4	Casablanca-Cazuca					\$16.265			
V02	Wiesner-Tibitoc					\$169.573			
L03	Línea Cajicá						\$4.490		
L08	Línea Centenario						\$11.182		
L12	Línea Conexión Soacha Expresa						\$555		
L15	Línea Las Vegas						\$1.719		
L23	Línea Las Huertas Sur						\$1.294		
LI01	Línea de Impulsión Codito II - Codito III **						\$1.669		
	Tanque El Mochuelo							\$ 6.113	
T05	Tanque El Volador							\$1.488	

ID	Nombre del Proyecto	Costo (en millones)							
		2012	2013	2014	2015	2017	2020	2025	2030
T02	Tanque Pardo Rubio II							\$205	
L16	Línea Las Huertas								\$1.200
Inversion Anual		\$196.681	\$74.953	\$22.467	\$151.893	\$185.838	\$28.648	\$7.805	\$1.200
Inversion Total		\$664.407							
Porcentaje de Inversion Anual		29.6%	11.3%	2.7%	24%	27.9%	3.1%	1.2%	0.18%

<sup>1</sup> El costo total de la línea Municipios de Occidente dependerá de la alternativa y del material seleccionado durante los Estudios de Factibilidad para la Ampliación del Sistema de Red Matriz Acueducto Suba – Municipios del Occidente (Invitación Pública No. ICSM-0919-2011).

## 9. Obras en Etapa de Factibilidad o Estudio Durante el Desarrollo del Plan Maestro del 2.011

Como parte de la evolución esperada del sistema de Red Matriz, al momento de realizarse la actualización del Plan Maestro del 2011, existe un número de proyectos en diferentes etapas de evaluación, diseño o construcción. Estos proyectos corresponden a recomendaciones del Plan Maestro del 2004, a proyectos que responden a condiciones locales, o son el resultado de la interacción de la Red Matriz del Acueducto con otras entidades que tienen que ver con el servicio del agua en Bogotá y los municipios. Para efectos de evaluación del sistema futuro, los análisis de capacidad realizados como parte del producto 2, tuvieron en cuenta estos proyectos según su etapa de estudio y fueron incluidos en el modelo hidráulico para validar las dimensiones y los resultados en cuanto a mejoras en el servicio. Esta sección resume los proyectos en estudio de factibilidad o diseño en el 2.011, los cuales forman parte de la Red Matriz futura.

Las obras en etapa de estudio de factibilidad o diseño son las siguientes:

1. Obras en el área de servicio del Dorado y la Laguna (Tanque el Mochuelo, Sistema Red Matriz Tanque Los Soches, Estación de Bombeo El Paso y Línea de impulsión El Paso – Los Soches)
2. Sistema de Acueducto el Zuque. (Estación de Bombeo, Línea de Impulsión, Tanque de Almacenamiento y Red de Distribución)
3. Sistema Volador- Quiba-Alpes II (Ampliación Tanque de Quiba, Almacenamiento para Tanque de Alpes, Construcción de la línea de impulsión Quiba-Alpes, Adecuación de la Estación de Bombeo Volador-Quiba, Ampliación del sistema de bombeo Quiba-Alpes II y Línea de distribución Alpes II)
4. Sistema Quebrada La Vieja (Suministrar agua potable a la futura población del sector)
5. Sistema Santo Domingo (Tanque superficial, Tanque elevado y Estación de bombeo)
6. Optimización Nororiental
7. Obras nuevas en el área de Suba (Estación de Bombeo Suba Alto, Tanque El Indio, Líneas de refuerzo en Suba, Líneas Suba-Gavilanes, La Conejera I y Avenida el Rincón)
8. Obras nuevas en el área de Bosa-Kennedy (Línea 24" Alsacia Oriental, Línea 24" Villavicencio 1, Línea 24" Villavicencio 2, Línea 24" Bosa-Kennedy prolongación Tintal, Línea 16" Bosa Laureles, Línea 16" Extensión Bosa Laureles)
9. Sistema Borde Norte (Redes Matrices de 16" y 24")

## 10. Conclusiones y Recomendaciones Adicionales

Luego de analizar cómo está operando el sistema de red matriz actualmente, es importante resaltar ciertas modificaciones adicionales que se podrían incluir para optimizar su operación. Se presentan a continuación recomendaciones específicas para mejorar el funcionamiento de los sectores hidráulicos. Asimismo se hacen recomendaciones de en cuales sectores se deberían implementar mediciones de presión adicionales, y las ubicación de mediciones de caudal en adicionales. Al final de esta sección se presentan los resultados de la comparación entre la información de micro-medición y macro-medición y la presión disponible en las PCH.

### 10.1 Sectores Hidráulicos

Como conclusión de esta evaluación, se recomienda dividir los sectores hidráulicos existentes con áreas mayores a 2.000 hectáreas. Los sectores recomendados para subdivisión están generalmente en las colas de servicio, en donde el desarrollo es principalmente residencial y en los cuales se espera un crecimiento medio o alto. Por consideraciones de área se recomienda la subdivisión de los sectores:

- S0105 - Suba
- S0204 - Engativá
- S0217 - Escuela Militar
- S0311 - Corferias
- S0303 - Fontibón
- S0426 - Dorado
- S0501 - Bosa
- S0502 - Kennedy
- S0530 - Soacha

El segundo grupo recomendado para división, son aquellos sectores en los cuales hay más de un tanque operando en diferentes áreas aferentes. Se recomienda que la zona aferente de cada tanque sea un sector hidráulico separado, en donde se mida la entrada al nuevo sector en la línea de distribución del tanque. Los sectores recomendados para división son:

- S0105 - Suba
- S0131 - Codito
- S0214 - Chicó
- S0216 - Santa Fé Norte
- S0219 - San Diego Norte
- S0233 - Paraíso
- S0316 - Santa Fé Sur
- S0436 - Sierra Morena

- S0319 – San Diego Sur
- S0423 – Quindío
- S0424 – Juan Rey
- S0426 – Dorado
- S0429 – Volador Quiba

El informe del Producto 2, Tomo 2 incluye recomendaciones en la subdivisión de los sectores mencionados; sin embargo, se recomienda consultar con las gerencias de zona para definir los nuevos límites para determinar los óptimos en base a la experiencia hidráulica de las gerencias.

## 10.2 Mediciones de Presión Adicionales

El centro de control y los programas de macro medición de la Red Matriz y de los sistemas secundarios en cada zona, cuentan actualmente con una cobertura significativa que permite obtener una visión de la red, en condiciones semi-instantáneas en términos de las condiciones hidráulicas generales. No obstante, para refinar los ejercicios de calibración futura y para completar la visión del servicio, se recomienda la localización de medidores de presión en puntos adicionales como sigue:

Se recomienda la medición de presión continua antes y después de cada estación de bombeo.

Se recomienda la medición de presión continua en al menos dos puntos en cada sector hidráulico.

Se recomienda la medición de presión continua en los puntos más alejados de las entregas, en especial en aquellos sectores hidráulicos en donde se sospecha o se tiene conocimiento de bajas presiones en el servicio de Red Matriz.

Se recomienda la medición de presión continua en las entregas a los municipios, sea el servicio en bloque o directo.

## 10.3 Mediciones de Caudal Adicionales

La recomendación principal del Plan Maestro en cuanto a medición de caudales, es la de medir el caudal en la entrada y la salida a distribución de cada tanque y en la línea de entrada a cada estación de bombeo. Estas medidas permitirán una estimación acertada del balance de masa y curva de consumo en cada sector hidráulico.

A estos sectores también se recomienda la adición de macro medidores en los puntos en los cuales los sectores pueden ser conectados en caso de cambio en el esquema de operación,

siendo los puntos de más evidencia durante la calibración del modelo hidráulico los siguientes:

- La línea de 36” que es una conexión entre los sectores S0216 y S0218, la cual permanece cerrada durante el esquema normal de operación pero se abre cuando el tanque de Santa Ana sale de operación.
- La línea de 24” que llega a la fiscalía comunicando los sectores S0415 y S0426 y en la línea de 24” sobre la carrera 1C E, esta línea que comunica los mismos sectores, hacia el Tanque Monte Blanco.
- Alimentación del sector S0319 que viene del tanque Egipto, en la Carrera 2da con calle 12, sobre la línea de 16”.
- En las entradas y las distribuciones de los tanques Santa Lucía y el Chicó.

## 10.4 Comparación Datos de Micromedición y Macromedición

Durante las evaluaciones de la distribución de demanda, se compararon las demandas medidas en los macromedidores en cada sector hidráulico, con los registros históricos en las plantas de tratamiento, observándose pérdidas de menos del 3%. Para efectos de planeación maestra, se proyectaron las demandas actuales medidas, utilizando los patrones de crecimiento dictados por el estudio de Cubillos 2.009, bajo los escenarios que mantenían las pérdidas de las redes menores en 36%. El porcentaje de pérdidas se corroboró comparando la información de macromedición con la de micromedición, en una evaluación general por sectores hidráulicos. Las evaluaciones de planeación maestra no se efectuaron bajo alternativas de reducción de pérdidas, puesto que se considera que las pérdidas mencionadas son causadas en su mayoría por problemas de facturación, submedición, y error en los micromedidores. Las demandas desarrolladas en este estudio corresponden a mediciones de caudal realizadas en la Red Matriz, no fueron desarrolladas con base a consumo facturado.

## 10.5 Presión Disponible en las PCH

Los resultados del modelo hidráulico indican que para saturación se contará con un rango de 80 – 70 metros de cabeza hidráulica aguas arriba de la estación de control del tanque Suba Nuevo. Para condiciones de crecimiento esperado en el 2.030, la cabeza disponible estará entre 80 y 85 m. En Usaquén, la cabeza disponible aguas arriba de la PCH existente para condiciones de saturación total del sistema son 80 y 125m.