

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

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

REDES DE ACUEDUCTO

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

VERSION 09

FIDEICOMISO LAGOS DE TORCA



Bogotá D.C., 22 de septiembre de 2020

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

CONTROL DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de Modificación	Folios
00	2019-05-27	Versión inicial – para revisión de interventoría	43
01	2019-06-19	Atención de observaciones mediante comunicado H2O-FDLT-0001-IWSP-044	55
02	2019-06-25	Atención de la mesa de trabajo llevada a cabo el día 21 de junio de 2019	55
03	2019-07-02	Atención de observaciones mediante comunicado H2O-FDLT-0001-IWSP-050	70
04	2019-07-31	Atención de observaciones mediante comunicado H2O-FDLT-0001-IWSP-058	72
05	2019-09-16	Atención de observaciones mediante comunicado H2O-FDLT-0001-IWSP-072, S-2019-250002 de la EAAB	128
06	2019-10-30	Actualización del número de viviendas emitido por el Fideicomiso Lagos de Torca y Atención de observaciones mediante comunicado S-2019-301937 de la EAAB.	172
07	2020-02-28	Atención de observaciones mediante comunicados S-2020-045317 / 301000-2020-0248 de la Empresa de Acueducto de Bogotá.	169
08	2020-06-25	Atención de observaciones mediante comunicado 3010001-S-2020-097196 de la Empresa de Acueducto de Bogotá.	178
09	2020-09-22	Atención de observaciones mediante comunicado 3010001-S-2020-213614 de la Empresa de Acueducto de Bogotá.	177

FIDEICOMISO LAGOS DE TORCA

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

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

TABLA DE CONTENIDO

		Pág.
1	ANTECEDENTES.....	11
2	INTRODUCCIÓN.....	12
3	OBJETIVOS.....	17
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4	METODOLOGÍA.....	18
4.1	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	18
4.1.1	Trazabilidad Concepto CAR (Reserva Thomas Van Der Hammen).....	19
4.2	NORMATIVIDAD APLICADA.....	23
4.3	ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA.....	23
4.3.1	Estratificación Estimada de los Planes Parciales del Proyecto “Ciudad Lagos de Torca” 26	26
4.4	DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS A EVALUAR.....	27
4.5	CRITERIOS DE DISEÑOS HIDRÁULICOS.....	31
4.5.1	Calculo de Perdida de carga utilizando la formula de Darcy-Weisbach.....	32
4.5.2	Métodos de Pérdida por accesorios.....	33
4.5.3	Pérdidas menores.....	34
4.6	METODOLOGIA DE DISEÑO DE MODELOS HIDRÁULICOS.....	34
4.6.1	Topologia de la red existente de distribución.....	34
4.6.2	Topologia de la red proyectada de distribución.....	34
4.6.3	Asignación de elevaciones al modelo hidráulico.....	34
4.6.4	Asignación de demandas a los modelos hidráulicos.....	34
4.6.5	Asignacion de patrones de demanda.....	36
5	PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL DE ALTERNATIVAS.....	38
5.1	PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 1.....	39
5.1.1	Modelación hidráulica de alternativa 1.....	44
5.2	PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 2.....	67
5.2.1	Modelación hidráulica de Alternativa 2.....	72
5.3	PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 3.....	93
5.3.1	Modelación hidráulica de Alternativa 3.....	98
5.4	ABASTECIMIENTO SECTOR SAN JOSE DE BAVARIA.....	118
6	COSTOS Y PRESUPUESTO APROXIMADO DE ALTERNATIVAS.....	121
6.1	ANALISIS DE TIPOS DE TUBERÍAS PARA ACUEDUCTO.....	121
6.1.1	Materiales Aceptados por la EAAB-ESP.....	122

6.1.2	Tubería de Acero (HA).....	122
6.1.3	Tubería De Concreto Con Cilindro De Acero Con Refuerzo De Varilla Y Revestimientos En Mortero De Cemento (CCP)	123
6.1.4	Tubería De Concreto Reforzado Para Presión, Con Cilindro De Acero (RCCP)	123
6.1.5	Tubería De Concreto Reforzado Para Presión, Sin Cilindro De Acero (Rcgp) ...	124
6.1.6	Tubería De Hierro Dúctil (HD).....	124
6.1.7	Tubería De Policloruro De Vinilo (PVC)	125
6.1.8	Tubería De Policloruro De Vinilo Orientado (PVC-O).....	126
6.1.9	Tubería De Poliéster Reforzado Con Fibra De Vidrio (GRP).....	126
6.2	PARÁMETROS A TENER EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DEL MATERIAL DE TUBERÍA.....	127
6.3	SELECCIÓN DE MATERIAL DE TUBERÍA PARA REDES DE TUBERÍAS A PRESIÓN 128	
7	EVALUACIÓN DE MATRIZ MULTICRITERIO	129
7.1	MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO (MCDM).....	129
7.2	MÉTODOS BASADOS EN LA TEORÍA DEL VALOR	129
7.2.1	Método Jerárquico Analítico (AHP)	129
7.2.2	Proceso Analítico de Redes (ANP)	130
7.3	MÉTODOS DE SELECCIÓN DE CRITERIOS Y ASIGNACIÓN DE PORCENTAJES 130	
7.4	SELECCIÓN DE COMPONENTES	131
7.4.1	Predial	131
7.4.2	Gestión de Tramites.....	131
7.4.3	Social.....	132
7.4.4	Ambiental.....	132
7.4.5	Componente Técnico.....	132
7.4.6	Armonización con Unidades Funcionales del Fideicomiso Lagos de Torca	133
7.4.7	Operación y Mantenimiento	133
7.4.8	Análisis de Riesgo	133
7.4.9	Económico.....	134
7.5	SELECCIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN	134
7.5.1	Predial	134
7.5.2	Gestión de Tramites.....	135
7.5.3	Social.....	135
7.5.4	Ambiental.....	135
7.5.5	Componente Técnico.....	136
7.5.6	Armonización con Unidades Funcionales del fideicomiso Lagos de Torca.....	137

7.5.7	Operación y Mantenimiento	137
7.5.8	Análisis de Riesgo	137
7.5.9	Económico.....	137
7.6	DETERMINACIÓN Y ASIGNACIÓN DE PORCENTAJES	138
8	ALTERNATIVA SUGERIDA UNIFICADA.....	145
8.1	SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.....	145
8.1.1	Redes de acueducto costado oriental.....	146
8.1.2	Redes de acueducto costado occidental.....	147
8.2	MODELO UNIFICADO ALTERNATIVA SUGERIDA	148
8.2.1	Evaluación hidráulica 3:00 horas	150
8.2.2	Evaluación hidráulica 10:00 horas	152
8.3	MODELO UNIFICADO CONTINGENCIA DE SERVICIO.....	154
8.3.1	Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca a todo Lagos de Torca	154
8.3.2	Contingencia Suministro RM Tibitoc-Usaquén a todo Lagos de Torca.....	159
8.4	DESARROLLO UNIDADES FUNCIONALES Y/O ETAPAS DE DESARROLLO	165
8.4.1	Desarrollo Unidad Funcional 2 o Etapa de desarrollo inmediata	166
8.4.2	Desarrollo Unidad Funcional 3 o Etapa de desarrollo inmediata	167
8.4.3	Desarrollo de etapas a mediano plazo.....	168
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	171

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Esquema Básico de Polígonos de Thiessen	35
Figura 2 Patrón de Demanda unificado costado oriental y occidental Lagos de Torca	37
Figura 3 Planteamiento Conceptual Alternativa 1	40
Figura 4 Redes Proyectadas Salida C7 Alternativa 1	41
Figura 5 Redes Proyectadas Salida C5 Alternativa 1	42
Figura 6 Redes Proyectadas Salida C3 Alternativa 1	43
Figura 7 Redes Proyectadas Salida C3 Alternativa 1	43
Figura 8 Redes Proyectadas Salida C1 Alternativa 1	44
Figura 9 Asignación de demandas Polígonos de Thiessen Alternativa 1	45
Figura 10 Esquema Modelación Hidráulica Alternativa 1	50
Figura 11 Escenario 3:00 Horas Presión Alternativa 1	51
Figura 12 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa 1	51
Figura 13 Escenario 3:00 Horas Velocidades Alternativa 1	52
Figura 14 Escenario 10:00 Horas Presión Alternativa 1	53
Figura 15 Escenario 10:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa 1	53
Figura 16 Escenario 10:00 Horas Velocidades Alternativa 1	54
Figura 17 Planteamiento Conceptual Alternativa 2	68
Figura 18 Redes Proyectadas Salida C7 Alternativa 2	69
Figura 19 Redes Proyectadas Salida C5 Alternativa 2	70
Figura 20 Redes Proyectadas Salida C4 Alternativa 2	71
Figura 21 Redes Proyectadas Salida C1 Alternativa 2	71
Figura 22 Asignación de demandas Polígonos de Thiessen Alternativa 2	72
Figura 23 Esquema Modelación Hidráulica Alternativa 2	77
Figura 24 Escenario 3:00 Horas Presión Alternativa 2	78
Figura 25 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa 2	78
Figura 26 Escenario 3:00 Horas Velocidades Alternativa 2	79
Figura 27 Escenario 10:00 Horas Presión Alternativa 2	80
Figura 28 Escenario 10:00 Horas Mapa de Contorno Alternativa 2	80
Figura 29 Escenario 10:00 Horas Velocidades Alternativa 2	81
Figura 30 Planteamiento Conceptual Alternativa 3	94
Figura 31 Redes Proyectadas Salida C7 Alternativa 3	95
Figura 32 Redes Proyectadas Salida C5 Alternativa 3	96
Figura 33 Redes Proyectadas Salida C4 Alternativa 3	97
Figura 34 Redes Proyectadas Salida C1 Alternativa 3	98
Figura 35 Asignación de demandas Polígonos de Thiessen Alternativa 3	99
Figura 36 Esquema Modelación Hidráulica Alternativa 3	103
Figura 37 Escenario 3:00 Horas Presión Alternativa 3	104
Figura 38 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa 3	104
Figura 39 Escenario 3:00 Horas Velocidades Alternativa 3	105
Figura 40 Escenario 10:00 Horas Presión Alternativa 3	106
Figura 41 Escenario 10:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa 3	106
Figura 42 Escenario 10:00 Horas Velocidades Alternativa 3	107
Figura 43 Esquema de abastecimiento San José de Bavaria, Proyecto 32462	119
Figura 44. Cobertura Componente Ambiental Vs Alternativa 1 sistema de acueducto.	136
Figura 45. Conexiones sistema de acueducto Lagos de torca Unificado	146
Figura 46 Esquema Modelación Hidráulica Alternativa Sugerida	149
Figura 47 Escenario 3:00 Horas Presión Alternativa Sugerida	150
Figura 48 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa Sugerida	150

Figura 49 Escenario 3:00 Horas Velocidades Alternativa Sugerida.....	151
Figura 50 Escenario 10:00 Horas Presión Alternativa Sugerida	152
Figura 51 Escenario 10:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa Sugerida.....	152
Figura 52 Escenario 10:00 Horas Velocidades Alternativa Sugerida.....	153
Figura 53 Esquema Modelación Hidráulica Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca	154
Figura 54 Escenario 3:00 Horas Presión Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca	155
Figura 55 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca.....	156
Figura 56 Escenario 3:00 Horas Velocidades Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca	156
Figura 57 Escenario 10:00 Horas Presión Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca ..	157
Figura 58 Escenario 10:00 Horas Presión Mapa de Contorno Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca	158
Figura 59 Escenario 10:00 Horas Velocidades Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca	158
Figura 60 Esquema Modelación Hidráulica Contingencia Suministro RM Tibitoc-Usaquén.....	160
Figura 61 Escenario 3:00 Horas Presión Contingencia Suministro RM Tibitoc-Usaquén	161
Figura 62 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Contingencia Suministro RM Tibitoc-Usaquén	162
Figura 63 Escenario 3:00 Horas Velocidades Contingencia Suministro RM Tibitoc- Usaquén	162
Figura 64 Escenario 10:00 Horas Presión Contingencia Suministro RM Tibitoc- Usaquén	163
Figura 65 Escenario 10:00 Horas Presión Mapa de Contorno Contingencia Suministro RM Tibitoc- Usaquén.....	164
Figura 66 Escenario 10:00 Horas Velocidades Contingencia Suministro RM Tibitoc- Usaquén	164
Figura 67 Desarrollo Planes Parciales Lagos de Torca.....	166
Figura 68 Desarrollo Unidad Funcional 2 o Etapas de desarrollo inmediata.....	167
Figura 69 Desarrollo Unidad Funcional 3 o Etapas de desarrollo inmediato.....	168
Figura 70 Desarrollo de etapas a mediano plazo Plan Parcial No. 20 “El Coral”.	169
Figura 71 Desarrollo de etapas a mediano plazo Plan Parcial No. 29 “Múdela del Río”.	170

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Número de Viviendas Planes Parciales - SDP	24
Tabla 2. Porcentaje Área Útil destinada para VIP / VIS.....	26
Tabla 3. Dotación Bruta promedio NS-031 y Estratificación Usos de Vivienda.....	26
Tabla 4. Comparación de Caudales Estratificación	27
Tabla 5 Salidas Existentes Red Matriz Tibitoc-Casablanca Ø72” Proyecto Lagos de Torca.....	28
Tabla 6 Fotografías Salidas Existentes Red Matriz Tibitoc-Casablanca 72”	29
Tabla 7 Coeficiente de Rugosidad	33
Tabla 8 Valores Patrón de Demanda unificado costado oriental y occidental Lagos de Torca ..	36
Tabla 9 Planteamiento Conceptual Alternativas.	38
Tabla 10 Cuadro de nodos georreferenciados con demandas Alternativa 1.....	45
Tabla 11 Cuadro de nodo georreferenciado con demanda Sector San José de Bavaria.....	49
Tabla 12 Demanda total modelos hidráulicos sector occidental	49
Tabla 13 Nodos georreferenciados con valores de presión Alternativa 1	54
Tabla 14 Tramos con características de tuberías y valores de velocidad Alternativa 1	59
Tabla 15 Válvulas de cierre temporal y permanente georreferenciadas Alternativa 1	65
Tabla 16 Válvulas reductoras de presión georreferenciadas Alternativa 1	66
Tabla 17 Cuadro de nodos georreferenciados con demandas Alternativa 2.....	72
Tabla 18 Cuadro de nodo georreferenciado con demanda Sector San José de Bavaria.....	76
Tabla 19 Demanda total modelos hidráulicos sector occidental	77
Tabla 20 Nodos georreferenciados con valores de presión Alternativa 2	81
Tabla 21 Tramos con características de tuberías y valores de velocidad Alternativa 2	86
Tabla 22 Válvulas de cierre temporal y permanente georreferenciadas Alternativa 2	92
Tabla 23 Válvulas reductoras de presión georreferenciadas Alternativa 2	93
Tabla 24 Cuadro de nodos georreferenciados con demandas Alternativa 3.....	99
Tabla 25 Cuadro de nodo georreferenciado con demanda Sector San José de Bavaria.....	103
Tabla 26 Demanda total modelos hidráulicos sector occidental	103
Tabla 27 Nodos georreferenciados con valores de presión Alternativa 3	107
Tabla 28 Tramos con características de tuberías y valores de velocidad Alternativa 3	112
Tabla 29 Válvulas de cierre temporal y permanente georreferenciadas Alternativa 3	117
Tabla 30 Válvulas reductoras de presión georreferenciadas Alternativa 3	118
Tabla 31 Calculo de Caudal proyecto 32462.....	120
Tabla 32 Cuadro de nodo georreferenciado con demanda Sector San José de Bavaria.....	120
Tabla 33 Demanda total modelos hidráulicos sector occidental	120
Tabla 34 Costos y presupuesto de alternativas de acueducto.....	121
Tabla 35 Presiones nominales para tuberías de acueducto en Policloruro de Vinilo (PVC)	126
Tabla 36 Clasificación de los métodos multicriterio.	129
Tabla 37 Métodos de Selección de Criterios y Asignación de Porcentajes.....	130
Tabla 38 Definición Escala Definida de Importancia Relativa.....	138
Tabla 39 Definición de Valores mínimos y máximos.	138
Tabla 40 Evaluación Matriz Multicriterio.....	139



LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1 Memorias de Cálculo
- Anexo 2 Presupuestos
- Anexo 3 Planos

LISTADO DE PLANOS

No.	ID	TÍTULO
ALTERNATIVA 1		
1	01DVSPAC01	PRODUCTO 7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 1 PLANTA RED DE ACUEDUCTO
2	01DVSPAC02	PRODUCTO 7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 1 RED DE ACUEDUCTO - DETALLES
ALTERNATIVA 2		
1	01DVSPAC01	07. PLANTA RED DE ACUEDUCTO ALTERNATIVA 2
2	01DVSPAC02	PRODUCTO 7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 2 RED DE ACUEDUCTO - DETALLES
ALTERNATIVA 3		
1	01DVSPAC01	07. PLANTA RED DE ACUEDUCTO ALTERNATIVA 3
2	01DVSPAC02	PRODUCTO 7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS ALTERNATIVA 3 RED DE ACUEDUCTO - DETALLES

1 ANTECEDENTES

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

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

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

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

2 INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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

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

En esta fase se entregarán los siguientes productos:

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

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

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

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

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

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

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

En esta fase se entregarán los siguientes productos:

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

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

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

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

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

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

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

El suministro de agua en el plan zonal Lagos de Torca es tal vez el de más fácil obtención, pues se cuenta con dos de los sistemas más importantes de conducción de agua de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, sin embargo, para optimizar estos dos sistemas, las alternativas planteadas se configuraron para el sector oriental alimentadas desde la línea Tibitoc Usaquén y para el sector occidental desde la línea Tibitoc Casablanca.

Para optimizar la conexión a los dos sistemas y teniendo en cuenta que la Dirección de Red Matriz de la Empresa de acueducto es enfática en utilizar la menor cantidad de conexiones a las cajas existentes de los dos sistemas, cada alternativa se planteó minimizando las conexiones a las redes anteriormente indicadas.

De igual forma las alternativas presentadas fueron evaluadas con alimentación de servicio bien sea desde la línea Tibitoc Usaquén para el sector occidental y desde la línea Tibitoc Casablanca para el sector oriental del plan zonal. Lo anterior, se presenta en los escenarios de contingencia evaluados por HMV Ingenieros y WSP Colombia.

Las alternativas también contemplaron las longitudes y los diámetros óptimos para garantizar las presiones en condiciones dinámicas o estáticas, en los momentos de mayor y menor consumo, así como las velocidades óptimas que garanticen en todo momento que no se presentan depósitos de sedimentos y/o desgaste por alta velocidad.

En el desarrollo de este informe “Producto 7” se presenta de manera detallada el soporte técnico, de la valoración de cada alternativa y su evaluación hasta obtener la mejor de las tres, a nivel técnico, económico y de operación. Así mismo el siguiente informe técnico muestra el desarrollo del plan zonal en su totalidad con un horizonte de diseño de 25 años.

En el Producto 14 del presente estudio se presentará la alternativa seleccionada con su diseño a nivel de ingeniería básica, incluidos memoria detallada, planos con todos sus detalles y presupuesto.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

El producto tiene como propósito la presentación de las alternativas de abastecimiento de agua potable de la zona del proyecto con sus correspondientes análisis hidráulicos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Validar y actualizar las alternativas de suministro evaluadas en el marco del contrato de consultoría 1-02-25500-0626-2009 de la EAAB-ESP.
- Plantear alternativas de distribución de redes de acueducto que se ajusten a las fases en las que se tiene previsto desarrollar el POZ Norte.
- Teniendo como insumo los caudales definidos en el estudio de población y demanda elaborado por esta consultoría, realizar la modelación hidráulica de cada una de las alternativas planteadas, con el fin de determinar el comportamiento hidráulico de cada uno de los sistemas, con especial énfasis en el análisis de presiones y velocidades.
- Presentar conclusiones y recomendar la alternativa que se considere más viable desde los puntos de vista técnico y económico.

4 METODOLOGÍA

El planteamiento de alternativas de distribución de redes de suministro de agua potable siguiendo la secuencia que se describe a continuación:

- Recopilación de información.
 - Estudios previos.
 - Documentos de factibilidad de servicio.
- Elaboración del estudio de población y demanda
 - Determinación de caudales de diseño.
- Definición de alternativas a evaluar
 - Determinación de las salidas de la red matriz Ø72” a utilizar.
 - Definición de los diámetros de redes matrices y secundarias.
- Modelación hidráulica de alternativas.
- Elaboración de informe final y presentación de resultados.

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

4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información inicia a partir de la consulta de estudios previos y lectura de informes que permitan establecer una primera aproximación a los caudales de diseño que se podrían presentar en la zona del proyecto. Estas lecturas comprenden los análisis y recomendaciones presentes en los documentos e informes que se describen a continuación:

- “Evaluación y selección de alternativas para sistemas de acueducto” de la “Factibilidad técnica, ambiental, económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de acueducto y alcantarillado sanitario y sistema de drenaje pluvial del Borde Norte de la ciudad de Bogotá, para el Desarrollo de la Infraestructura de Acueducto y Alcantarillado Sanitario y Sistema de Drenaje Pluvial del Borde Norte de la Ciudad de Bogotá” elaborado por el Consorcio Borde Norte, 2011.
- Documentos de factibilidad de servicios expedidos por la EAAB.
 - S-2017-077935 / 30100-2017-0413 FACTIBILIDAD PP No. 02 LAGOS DE TORCA
 - S-2017-092324 / 30500-2017-0604 FACTIBILIDAD PP No. 7 LAGOS DE TORCA
 - S-2017-092358 / 30500-2017-0605 FACTIBILIDAD PP No. 26 LAGOS DE TORCA
 - S-2017-153862 / 30500-2017-0998 FACTIBILIDAD PP No. 29 LAGOS DE TORCA
 - S-2017-153897 / 30500-2017-0999 FACTIBILIDAD PP No. 20 LAGOS DE TORCA
- Estimación de unidades habitacionales de planes parciales remitida por el Fideicomiso Lagos de Torca mediante correo electrónico emitido el 4 de octubre de 2019. (Ver Anexo 1 “Memorias de Calculo”, 1.1 “Información Población y Demanda”)

- Estimación de patrón de consumo para el proyecto Lagos de Torca, información suministrada mediante oficio 3010001-2019-1323 / S-2019-248736 emitido el 29 de agosto por la gerencia corporativa de servicio al cliente de la EAAB. Esta información se puede encontrar en el anexo 1 “Memorias de Calculo”, 1.2 “Información Consumos Z1 EAAB” del presente informe.
- “Consultoría para la elaboración de los estudios y diseños definitivos para la construcción de redes locales de acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial en el barrio san José de Bavaria, incluye adecuación hidráulica de los canales y vallados perimetrales e interiores; en cumplimiento de la acción popular ap 2003-01462-01, e identificación y diseño de las conexiones erradas de las áreas aferentes al canal callejas en el área de cobertura de la zona 1 de la EAB-ESP”. Contrato de Consultoría No. 1-02-31100-0831-2017 con el Consorcio San José 2017. Los diseños detallados de este contrato se encuentran aprobados por la EAAB y corresponden al numero de proyecto 32462 de mayo de 2018.
- Oficio CAR 20192189172 del 31 de diciembre de 2019 en la cual se realiza el alcance a la solicitud de concepto previo para la ejecución de obras de extensión de infraestructuras. Esta información se puede encontrar en el anexo 1 “Memorias de Calculo”, 1.7 “Oficio CAR RTVDH” del presente informe.
- La Secretaria Distrital de Planeación (SDA) remitió mediante número de radicación 2-2019-70593 del día 17 de octubre de 2019, un oficio con el número de viviendas definitivas estimadas para cada Plan Parcial que hacen parte del proyecto Lagos de Torca. Esta información será la única para ser consultada por planes parciales para la definición del número de viviendas y servirá como base para el diseño de la alternativa seleccionada que se presentará en el producto 14. (Ver Anexo 1 “Memorias de Calculo”, 1.1 “Información Población y Demanda”)

La información recopilada es el insumo básico para proceder a la elaboración del Estudio de población y demanda.

4.1.1 Trazabilidad Concepto CAR (Reserva Thomas Van Der Hammen)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Según el auto mencionado, la CAR da inicio únicamente al trámite de sustracción y no al de realineación y rede limitación en la medida en que de acuerdo con los términos de referencia adoptados por la Resolución No. 264 del 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los estudios que sustentan los procesos de recategorización,

integración y realineación de las reservas forestales deben ser elaborados directamente por las Corporaciones en el marco de sus funciones, y no por un particular.

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

- El diez (10) de octubre de 2018, a través de auto proferido por el Tribunal Administrativo de Cundinamarca - Sección Cuarta, en el marco de la verificación del cumplimiento de las órdenes impartidas por el Consejo de Estado³ sobre conectividad de cerros orientales – Lagos de Torca, Reserva Thomas Van Der Hammen – Humedal La Conejera y El Conejito – Quebrada Salitrosa – Cerro del Maguey – Páramo de Guerreo, entró a revisar la propuesta del Distrito Capital y ordenó a la CAR que acogiera la misma mediante un Acuerdo el cual debería ser proyectado por su Consejo Directivo, en un término específico de ciento veinte (120) días hábiles.
- El veintidós (22) de octubre de 2018, el Tribunal Administrativo de Cundinamarca - Sección Cuarta, dejó sin efectos la orden proferida el diez (10) de octubre, teniendo en cuenta que la Magistrada Ponente da validez a los argumentos del apoderado de la CAR, según el cual, toda sustracción de reserva forestal debe cumplir con los requisitos y procedimiento establecidos en la Resolución No. 1526 del 2012, por lo que se debían primero agotar todas las etapas establecidas para el trámite, y así poder decidir, y en el evento en que no fuere aprobada la Propuesta del Distrito Capital, se tendría que aplicar el Plan de Manejo Actual (Acuerdo No. 021 de 2014).
- El veintidós (22) de enero de 2019, la CAR mediante Auto No. 001, requiere al Distrito Capital información adicional.
- El primero (1º) de febrero de 2019, el Distrito Capital completa los documentos requeridos por la CAR.
- El dieciséis (16) de abril de 2019, la CAR publica aviso de convocatoria para llevar a cabo audiencia y reunión preparatoria de la misma.
- El dos (2) de mayo de 2019 fue llevada a cabo la reunión informativa donde el Distrito Capital presentó los estudios de soporte requeridos para la solicitud de sustracción.
- El dieciséis (16) de mayo de 2019 fue llevada a cabo la Audiencia Pública con la intervención de la ciudadanía.

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

- El veintinueve (29) de agosto de 2019, el Distrito Capital modificó la solicitud de sustracción inicialmente radicada ante la CAR, manteniendo el área requerida correspondiente a la Avenida Boyacá.

- El veintidós (22) de noviembre de 2019, la Fiduciaria Bogotá S.A. le solicita a la Corporación Autónoma Regional CAR otorgar concepto favorable para la construcción de las redes matrices de acueducto y alcantarillado por la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. – “THOMAS VAN DER HAMMEN”, necesarias para extender la prestación de dichos servicios públicos para el Plan de Ordenamiento Zonal del Norte “Ciudad Lagos de Torca”.

- El treintauno (31) de diciembre de 2019, la CAR da respuesta mediante el comunicado 20192189172, en donde indica lo siguiente: la Fiduciaria Bogotá S.A. le solicita a la Corporación Autónoma Regional CAR otorgar concepto favorable para la construcción de las redes matrices de acueducto y alcantarillado por la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. – “THOMAS VAN DER HAMMEN”, necesarias para extender la prestación de dichos servicios públicos para el Plan de Ordenamiento Zonal del Norte “Ciudad Lagos de Torca”.

“El Artículo 8 del referido Acuerdo CAR 21 de 2014, define lo relacionado con la Zona de Preservación estableciendo como Uso Condicionado, lo siguiente:
La infraestructura de servicios públicos domiciliarios únicamente se permitirá para el desarrollo de los usos principales y compatibles previstos en el presente plan”.

“Por otra parte, el mencionado Plan de Manejo Ambiental, en su Artículo 9º precisa lo relacionado con la Zona de Restauración, señalando como Uso Condicionado lo siguiente:
La infraestructura de servicios públicos domiciliarios únicamente se permitirá para el desarrollo de los usos principales y compatibles previstos en el presente plan”.

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

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

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

4.2 NORMATIVIDAD APLICADA

- Resolución 0330 de 2017 por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.
- Normas Técnicas Colombianas ICONTEC
- Normas compatibles AWWA
- NS-002: Criterios de diseño estructural
- NS-012: Aspectos técnicos para cruces y detección de interferencias en construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado
- NS-025: Instalación de tuberías en zanja abierta para redes de acueducto
- NS-028: Presentación de estudios y diseños de sistemas de acueducto
- NS-030: Lineamientos para trabajos topográficos
- NS-031: Estudios de población y demanda de agua en sectores específicos de la ciudad
- NS-035: Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado
- NS-036: Criterios para diseño de red de acueducto secundaria y menor de distribución
- NS-052: Diseño de estaciones reductoras de presión para las redes de distribución de acueducto
- NS-057: Cunetas y canaletas de drenaje superficial
- NS-060: Criterios de diseño de anclajes en redes de acueducto y alcantarillado
- NS-077 : Cajas para accesorios de acueducto
- NS-084: Criterios para selección de válvulas
- NS-090: Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado
- NS-123: Criterios para selección de materiales de tuberías para redes de acueducto y alcantarillado
- NS-139: Requisitos para la determinación del ancho mínimo del derecho de vía en redes de acueducto y alcantarillado
- Manual de Drenaje para carreteras, 2009.

4.3 ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA

En un área urbana el crecimiento de la demanda de agua está directamente asociado a la cantidad de habitantes presentes en el mismo. La determinación de la población futura dentro de un sector urbano es uno de los aspectos más importantes para su determinación.

Para la realización del estudio de población y demanda se siguieron los requerimientos técnicos establecidos en la Norma NS-031 - EAAB: Estudios De Población Y Demanda De

Agua En Sectores Específicos De La Ciudad y la norma técnica NS-036 - EAAB: Criterios Para Diseño De Red De Acueducto Secundaria Y Menor De Distribución.

La Secretaria Distrital de Planeación (SDA) remitió mediante número de radicación 2-2019-70593 del día 17 de octubre de 2019, un oficio con el número de viviendas definitivas estimadas para cada Plan Parcial que hacen parte del proyecto Lagos de Torca. Esta información será la única para ser consultada por planes parciales para la definición del número de viviendas y servirá como base para el diseño de la alternativa seleccionada que se presentará en el producto 14. (Ver Anexo 1 “Memorias de Calculo”, 1.1 “Información Población y Demanda”)

Tabla 1. Número de Viviendas Planes Parciales - SDP

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

PLANES PARCIALES	NOMBRE	VIVIENDAS ESTIMADAS POZ CLT	VIVIENDAS ESTIMADAS INCLUYENDO PROPUESTA ACTUAL PLANES PARCIALES EN FORMULACIÓN	FUENTE
17	Lucerna	1.832	1.832	DTS- RADICADO SDP 1-2019-11725 FEBRERO 27 DE 2019
18		2.330	2.330	Segregando 30% (por desarrollar)
19		1.090	1.090	Segregando 30% (por desarrollar)
20	El Coral	10.225	10.224	DTS FORMLACIÓN - RADICADO SDP 1-2019-61625 DE SEPTIEMBRE 11 DE 2019
21				Cafam consolidado
22		2.218	2.218	Segregando 10% (colegios presentes)
23		1.823	1.823	Segregando 30% (por desarrollar)
24	Santa Maria	4.534	4.534	RADICACIÓN FORMULACIÓN 1-2019-64916 SEPTIEMBRE 24 DE 2019 - DTS (PÁGINA 119)
25	Sorrento	3.157	3.156	DTS-RADICACIÓN FORMULACIÓN 1-2019-60773 SEPTIEMBRE 6 DE 2019
26	El Bosque	12.527	12.514	DTS - EABS-2017-092358 MAYO 30 DE 2019 FACTIBILIDAD
27		2.953	2.953	Segregando 30% (por desarrollar)
28		4.070	4.070	Segregando 30% (por desarrollar)
29	Mudela del Río	14.007	13.595	RADICACIÓN INICIAL FORMULACIÓN 1-2017-67612 DICIEMBRE 5 DE 2017
30				Cementerio
31				Cementerio
32		2.423	2.423	Proporción área Rosario
33				Cementerio
34				Patio taller
TOTAL		135.027	132.896	

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

Resultado de las diferentes socializaciones con la EAAB; se definió que el número total de viviendas de los planes parciales, corresponderá a la columna "VIVIENDAS ESTIMADAS

POZ CLT” del oficio del 17 de octubre de 2019 emitido por la Secretaria Distrital de Planeación (SDA), correspondiente a 135.027 unidades de vivienda para el proyecto Lagos de Torca.

4.3.1 Estratificación Estimada de los Planes Parciales del Proyecto “Ciudad Lagos de Torca”

Teniendo en cuenta que a la fecha se presenta una incertidumbre sobre la distribución interna de los usos de vivienda de cada plan parcial, se estableció trabajar con lo definido en el **Artículo 139 “Porcentajes mínimos de VIP y VIS en las actuaciones de urbanización bajo el Tratamiento Urbanístico de Desarrollo”** del decreto 088 de 2017. En la Tabla 2 se presenta la información correspondiente.

Tabla 2. Porcentaje Área Útil destinada para VIP / VIS

Tipo de Actuación	% de Suelo de Área Útil destinada para VIP	% de Suelo de Área Útil destinada para VIS
Planes Parciales de Desarrollo	20%	20%
Licencias de Urbanización en las modalidades de Desarrollo y Reurbanización (Por fuera del ámbito de los planes parciales)	20%	20%

Fuente: Art. 139 del Decreto 088 de 2017.

Dado lo anterior, se establece **un 20% para VIP, 20% VIS y 60% para NO VIS**. De esta forma se desarrolló la metodología de cálculo de las estratificaciones para los 34 Planes Parciales del proyecto Lagos de Torca.

Es importante mencionar que las dotaciones brutas se establecieron acorde a la norma técnica NS-031 de la EAAB y la estratificación de los usos de vivienda VIP, VIS y NO VIS se asignaron de la siguiente manera:

Tabla 3. Dotación Bruta promedio NS-031 y Estratificación Usos de Vivienda

Estrato	Dotación Bruta (L/hab/día)	Uso Vivienda
1	110	
2	115	VIP
3	115	VIS
4	150	
5	155	NO VIS
6	215	

Fuente: HMV – WSP, 2020

Dado lo anterior se establece lo siguiente:

- **VIP = ESTRATO 2 = 115 L/Hab-Día**
- **VIS = ESTRATO 3 = 115 L/Hab-Día**
- **NO VIS = ESTRATO 5 = 155 L/Hab-Día**

De esta manera se determinaron los caudales para los dos escenarios descritos anteriormente y se realizó la comparación de los mismos para así determinar la sensibilidad de cada escenario (Ver Anexo 1 “Memorias de Calculo”, 1.1 “Información Población y Demanda”). El soporte técnico, memoria de cálculo y demás información detallada, se presentará en el desarrollo del producto 14 del costado oriental y occidental del proyecto Lagos de Torca.

Tabla 4. Comparación de Caudales Estratificación

Caudal Costado Occidental			
Escenario	Qmd (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)
Sin estratificar, Dotación Estrato 5 – P7	721.29	921.81	1,297.91
Estratificando según Art. 139 del Decreto 088 de 2017.	663.26	847.65	1,193.49
Diferencia	58.03	74.16	104.42
	8%	8%	8%

Caudal Costado Oriental			
Escenario	Qmd (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)
Sin estratificar, Dotación Estrato 5 – P7	326.77	417.61	588.00
Estratificando según Art. 139 del Decreto 088 de 2017.	301.64	385.50	542.78
Diferencia	25.13	32.12	45.22
	8%	8%	8%

Caudal Total			
Escenario	Qmd (L/s)	QMD (L/s)	QMH (L/s)
Sin estratificar, Dotación Estrato 5 – P7	1,048.07	1,339.43	1,885.92
Estratificando según Art. 139 del Decreto 088 de 2017.	964.90	1,233.15	1,736.27
Diferencia	83.16	106.28	149.65
	8%	8%	8%

Fuente: HMV – WSP, 2020

La conclusión del análisis es que teniendo en cuenta las diferentes incertidumbres que se tienen en el desarrollo de los diseños de los Planes Parciales pertenecientes al Proyecto Lagos de Torca, en el Producto 14 se trabajará con el número definido en la comunicación del 17 de octubre, pero con la misma dotación que se trabajó en el Producto 7, es decir la correspondiente para estrato 5; lo anterior, arrojan caudales alrededor del 8% mayores a los caudales en donde se considera la estratificación, de acuerdo con lo definido en el Decreto 088 de 2017.

4.4 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS A EVALUAR

En este capítulo se realizará el planteamiento de las tres (3) alternativas de abastecimiento para el Proyecto Lagos de Torca, dando solución a las problemáticas, condiciones y restricciones que se presentan a continuación:

- Topografía relativamente plana del terreno, principalmente en el costado occidental.
- Presiones en la Red Matriz Ø72" (Tibitoc – Casablanca).
- Cámaras Especiales de Conexión existentes
- Priorización de obras (Unidades Funcionales de los Planes Parciales)

Teniendo en cuenta que sobre el costado occidental de la Av. Autopista Norte se encuentra localizada la Red Matriz Tibitoc – Casablanca de Ø72", en la Tabla 5 se hace necesario mencionar los puntos o salidas existentes sobre la red matriz.

Tabla 5 Salidas Existentes Red Matriz Tibitoc-Casablanca Ø72" Proyecto Lagos de Torca

No.	LINEA	RED PRINCIPAL	COORDENADAS		DIAMETRO
			ESTE (m)	NORTE(m)	
C1	GUAYMARAL	TIBITOC – CASABLANCA	104514.47	123596.86	Ø16"
C2	CALLE 226 (VÍA PALERMO)	TIBITOC – CASABLANCA	104375.27	122724.47	Ø24"
C3	COLEGIO SAN VIATOR	TIBITOC – CASABLANCA	104145.84	121389.79	Ø16"
C4	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA (NORTE)	TIBITOC – CASABLANCA	104037.74	120738.11	Ø24"
C5	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA (CALLE 200)	TIBITOC – CASABLANCA	103963.31	120288.67	Ø16"
C6	MAKRO (CALLE 195)	TIBITOC – CASABLANCA	103818.35	119413.14	Ø42"
C7	MAKRO (CALLE 193)	TIBITOC – CASABLANCA	103810.77	119367.56	Ø27"

Fuente: WSP; 2020

En la Tabla 6 se presentan fotografías de cada uno de los puntos o cajas de la Red Matriz Tibitoc – Casablanca de Ø72".

Tabla 6 Fotografías Salidas Existentes Red Matriz Tibitoc-Casablanca 72”

No.	LINEA	IMAGEN
C1	GUAYMARAL	
C2	CALLE 226 (VÍA PALERMO)	
C3	COLEGIO SAN VIATOR	

No.	LINEA	IMAGEN
C4	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA (NORTE)	
C5	ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA (CALLE .200)	
C6	MAKRO (CALLE 195)	

No.	LINEA	IMAGEN
C7	MAKRO (CALLE 193)	

Fuente: WSP; 2020

4.5 CRITERIOS DE DISEÑOS HIDRÁULICOS

Para el planteamiento de las alternativas, se tienen en cuenta los siguientes criterios:

- La norma NS-033 de la Empresa establece que el diámetro mínimo para redes matrices es de Ø16”.
- Se plantean redes secundarias de Ø8” y Ø12” con longitudes superiores a 200m, esto debido a que en el presente producto se realizan diseños conceptuales y se requieren para su análisis de evaluación hidráulica. Sin embargo, para los diseños detallados se realizarán los ajustes pertinentes con el fin de cumplir con la distancia máxima entre tramos exigida por la EAAB.
- Presión de salida Red Matriz: Para el diseño se estimaron presiones de salida de 75 mca, valor que se encuentra dentro del rango de las presiones suministradas por la DRMA de la EAAB y sería el valor de presión mas crítico en el sistema.
- La norma NS-033 de la Empresa establece que la presión dinámica mínima aceptable para redes matrices de acueducto es de 30 m.c.a., y que la presión estática máxima aceptable es de 80 m.c.a. En el caso de que se sobrepase el límite de la presión máxima, el diseñador deberá proyectar un sistema de reducción de presión para ser instalado en el ramal de salida de la red menor.
- La norma NS-036 de la Empresa establece que la presión estática máxima aceptable en las tuberías de redes menores de distribución es de 50 m.c.a. y la presión dinámica mínima es de 15 m.c.a.
- La norma NS-033 de la EAAB establece como valores con base en criterios económicos y operaciones, que las velocidades en las redes matrices para el caudal de diseño no deben ser menores de 0.50 m/s ni mayores de 2.50 m/s.
- La norma NS-036 de la Empresa establece como valor de velocidad maxima en la red menor de distribución 2.50m/s.
- La norma NS-036 de la Empresa establece que el diámetro mínimo de redes secundarias debe ser de Ø8”. y el máximo de Ø12”.
- La misma norma determina que el diámetro interno mínimo de las redes menores de distribución debe ser de Ø4” y el máximo de Ø6”.
- El patrón de demanda se realizo de manera unificada con la parte oriental del proyecto, acorde a la información suministrada por la Zona 1, el cual hacia referencia a todos los

valores de consumo de la Zona 1 para el mes de Julio de 2019. Con esta información la EAAB dio vía libre para que los consultores WSP y HVM realizaran el análisis de la información y se construyera un patrón de consumo acorde a las características del sector. La información suministrada por la empresa de acueducto se incluye en el anexo 1 “Memorias de Calculo”, 1.2 “Información Consumos Z1 EAAB” del presente informe. De igual forma en el numeral 4.6.5 del presente informe se encuentra el patrón de consumo seleccionado para el proyecto.

- La norma NS-036 de la Empresa establece también los siguientes criterios para la ubicación de tuberías de redes menores:
- Las tuberías de las redes menores de distribución pueden conformar circuitos cerrados, por interconexiones en los puntos de cruce o pueden ser independientes, siempre y cuando se prevea su alimentación por los dos extremos y se garantice la implantación conjunta de las tuberías de las redes secundarias de alimentación.
- La red de distribución debe ser doble, con la ubicación de tuberías en los dos andenes, o junto a ellos, cuando ocurra cualquiera de los casos siguientes:
- La red esté ubicada en vía con tráfico intenso.
- Cuando el ancho de la vía sea mayor de 15 metros.
- Cuando un análisis económico involucrando el costo de las acometidas y de las tuberías, concluya que sea más económica la implantación de la red doble.

4.5.1 Cálculo de Pérdida de carga utilizando la fórmula de Darcy-Weisbach.

La fórmula de Darcy - Weisbach es aplicable para cualquier condición de flujo en conductos circulares a presión.

El cálculo de la pérdida de carga debido a la fricción en una tubería o conducto cilíndrico largo, con un diámetro interior continuo utilizando la ecuación de Darcy - Weisbach, debe hallarse como se indica a continuación:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Para la aplicación de esta ecuación deben contemplarse los siguientes aspectos:

El coeficiente de fricción de Darcy (f) para tuberías de sección circular se obtiene utilizando las siguientes ecuaciones:

Flujo Laminar (Re<2.000)

$$f = \frac{64}{Re}$$

Flujo Turbulento (Re>4.000)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left\{ \frac{ks}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right\}$$

El número de Reynolds (Re) está definido por la ecuación:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Nota: Deben evitarse diseños con flujos en la zona de transición (2.000<Re<4.000)

Donde:

- h_f= Pérdida de Carga
- f= Coeficiente de Fricción de Darcy
- L= Longitud de Tubería
- D= Diámetro Interno de la Tubería
- V= Velocidad media del flujo
- g= Aceleración de la gravedad
- k_s= Rugosidad absoluta de la tubería
- Re= Número de Reynolds
- ρ= Densidad del agua
- μ= Viscosidad absoluta del agua

El coeficiente de rugosidad absoluta K_s recomendado para la fórmula de Darcy - Weisbach para tuberías según el tipo de material, se indica en la Tabla 7.

Tabla 7 Coeficiente de Rugosidad

Clase de tubería y tipo de revestimiento	Coeficiente k _s (mm)
PVC - Polietileno - Fibra de vidrio.....	0,060
Acero con revestimiento interno de coal-tar enamel o epoxi.....	0,060
Hierro fundido y dúctil con revestimiento de mortero.....	0,240
Concreto reforzado y acero con revestimiento interior de mortero o concreto.....	0,240

Fuente: Norma NS-033- EAAB.

Teniendo en cuenta lo anterior, para el desarrollo de este proyecto se selecciona un coeficiente K_s para tuberías de PVC (Redes Secundarias) de 0.060mm, mientras que para tuberías en Concreto reforzado y Acero con revestimiento interior de mortero o concreto (Red Matriz) de 0.240mm.

4.5.2 Métodos de Pérdida por accesorios

Además de las pérdidas de energía por fricción existen las pérdidas de energía generadas como consecuencia de variaciones significativas en la configuración del flujo. Tienen lugar en contracciones o ensanchamientos (bien sean bruscos o graduales) de los conductos, en válvulas, accesorios, cambios de dirección (codos, tees), etc. Comúnmente se calculan como función de la altura de velocidad.

El valor del coeficiente K depende del tipo de aditamento o perturbación del flujo que genera la pérdida menor, y puede obtenerse de tablas disponibles en la literatura técnica. Otro método comúnmente utilizado para el cálculo de pérdidas de carga es el de las longitudes equivalentes. En este método, a cada accesorio de la red se le asigna una longitud de tubería equivalente. La pérdida menor se calcula como la pérdida por fricción generada por

la longitud de tubería adicional. La norma NS-033 de la EAAB menciona este método y aprueba su aplicación.

4.5.3 Pérdidas menores

Para el cálculo de las pérdidas menores se utiliza el método de longitud equivalente, descrito en el numeral 4.5.2. Es importante tener en cuenta que al momento de realizar la presente modelación no se conoce aún con precisión qué tipo de aditamentos tendrán las redes que se pretende diseñar, ni la ubicación de los mismos. Al momento de realizar el diseño hidráulico detallado de cada línea, cuando se conozca con exactitud los accesorios a ubicar sobre la red, se deben calcular las pérdidas menores aplicando un coeficiente de pérdida K para cada uno.

4.6 METODOLOGIA DE DISEÑO DE MODELOS HIDRÁULICOS

Las normas NS-033 y NS-036 de la EAAB establecen que para el desarrollo de modelos hidráulicos de redes de acueducto, el diseñador debe contar con alguno de los siguientes programas: Linear, Kypipe, Cybernet, Watercad, Epanet, Redes, o cualquier otro programa comercial equivalente, caso en el cual este debe ser aprobado por la Empresa.

Para realizar los modelos hidráulicos de las alternativas, se empleó la siguiente metodología:

4.6.1 Topología de la red existente de distribución

La topología de la red existente de cada modelo hidráulico se armó a partir del levantamiento topográfico y catastral de redes, en la cual se determinan los alineamientos de las redes, conectividad, diámetros, materiales, ubicación de accesorios (codos, válvulas, hidrantes, etc.).

4.6.2 Topología de la red proyectada de distribución

Partiendo de la información anterior se realizaron los trazados de las redes proyectadas para el proyecto, teniendo en cuenta todos los criterios técnicos mencionados anteriormente y que son de estricto cumplimiento ante la EAAB.

4.6.3 Asignación de elevaciones al modelo hidráulico

Para la asignación de elevaciones a los nodos, se emplea la siguiente metodología: Con base en el producto 2 (Topografía detallada y levantamiento de redes existentes - Vías y Espacio Público), se elaboró un modelo digital del terreno para todo el proyecto. De este modelo digital del terreno se extrajeron las cotas para cada uno de los nodos de los modelos hidráulicos. Una vez realizado este paso, se verificó que no existieran errores en las cotas de los nodos.

4.6.4 Asignación de demandas a los modelos hidráulicos

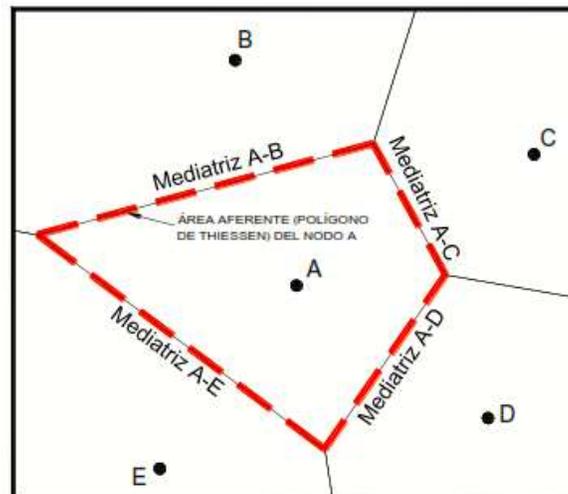
Los caudales máximos diarios del modelo hidráulico se calcularon y asignaron empleando la metodología utilizada en el estudio Borde Norte, la cual se basa en los Polígonos de

Thiessen, para esto es necesario dividir en polígonos el área del sector modelado empleando las vías y Avenidas principales, con el fin de lograr una mejor precisión en la asignación de demandas.

Posteriormente a cada nodo de la red se le dibujó un área aferente empleando el método de los polígonos de Thiessen. De esta manera, el área aferente de cada nodo queda definida por el polígono limitado por las mediatrices entre cada nodo y sus nodos aledaños.

Una vez calculada la demanda total del escenario urbanizado, fue necesario distribuir esta demanda de forma lógica entre los nodos del modelo. Para tal efecto se empleó el método de los polígonos de Thiessen, mediante el cual se asigna un área aferente a cada nodo del modelo, la cual está definida por el polígono limitado por las mediatrices entre cada nodo y sus nodos aledaños. En la Figura 1 se presenta el esquema básico de polígonos de Thiessen.

Figura 1 Esquema Básico de Polígonos de Thiessen



Fuente: WSP, 2020

De esta manera se generó la asignación de demandas para cada nodo seleccionado, al final la sumatoria de cada una deberá corresponder con el caudal de diseño seleccionado. Es decir, $Q_{md} = 703.36 \text{ L/s}$.

En los capítulos 5.1.1.1, 5.2.1.1 y 5.3.1.1 del presente informe, se presentan los esquemas de los Polígonos de Thiessen generados con los que se asignaron las demandas a cada una de las alternativas.

Adicionalmente la norma NS-033 de la EAAB “Criterios para diseño de Red Matriz” admite que la ubicación de los caudales de distribución en las tuberías de las redes matrices sea hecha con puntos ficticios, separados por una longitud máxima de 500 metros, o en los puntos conocidos de interconexión con tubería de $\varnothing 12"$ o mayores.

Los nodos se ubicaron procurando que quedaran formando una malla regular.

4.6.5 Asignación de patrones de demanda

El patrón de demanda se realizó de manera unificada con la parte oriental del proyecto, acorde a la información suministrada por la Zona 1, el cual hacía referencia a todos los valores de consumo de la Zona 1 para el mes de Julio de 2019. Con esta información la EAAB dio vía libre para que los consultores WSP y HVM realizaran el análisis de la información y se construyera un patrón de consumo unificado acorde a las características del sector. En la Tabla 8 se muestran los valores del Patrón de Demanda Unificado para los costados oriental y occidental del proyecto Lagos de Torca.

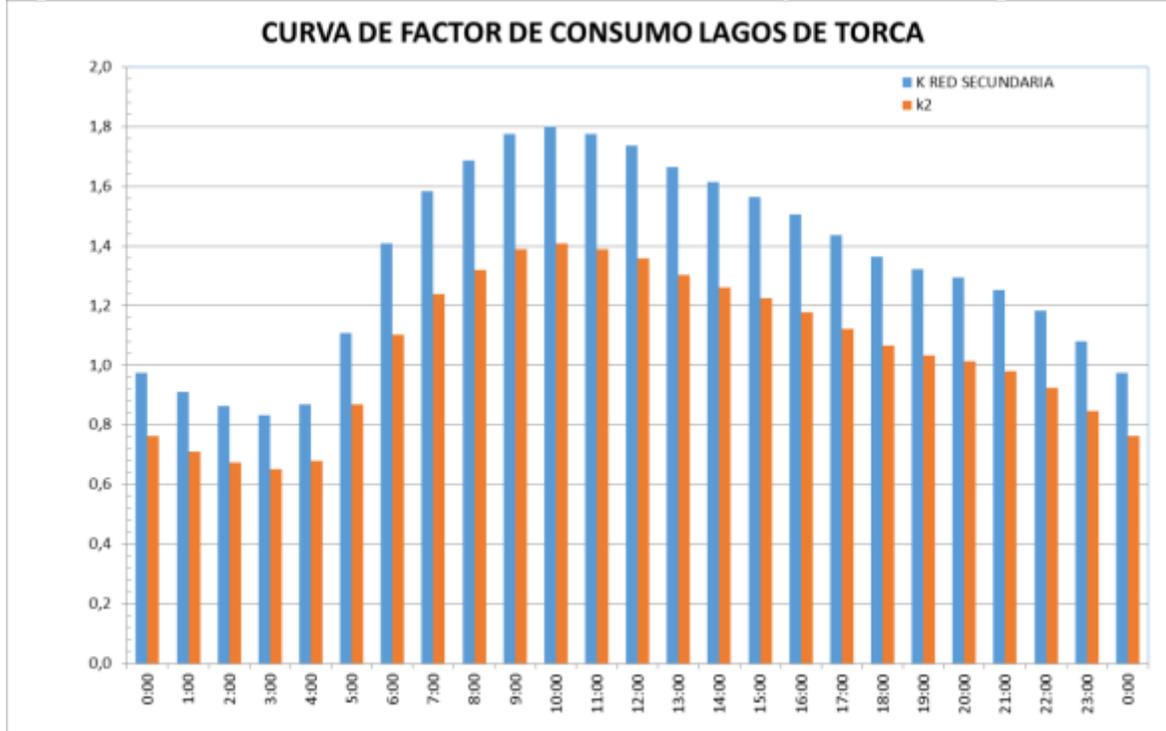
Tabla 8 Valores Patrón de Demanda unificado costado oriental y occidental Lagos de Torca

HORA	FACTOR MULTIPLICADOR
0	0.975
1	0.909
2	0.862
3	0.832
4	0.869
5	1.109
6	1.410
7	1.585
8	1.687
9	1.775
10	1.800
11	1.776
12	1.737
13	1.666
14	1.613
15	1.564
16	1.505
17	1.435
18	1.363
19	1.322
20	1.295
21	1.251
22	1.182
23	1.081
24	0.975

Fuente: WSP & HVM, 2020

En la Figura 2 se muestra la gráfica del patrón de demanda unificado para los costados oriental y occidental del proyecto Lagos de Torca.

Figura 2 Patrón de Demanda unificado costado oriental y occidental Lagos de Torca



Fuente: WSP & HVM, 2020

Teniendo en cuenta el patrón de demanda unificado entre las dos consultorías (WSP&HVM) realizado con base en la información suministrada por la zona 1 de la EAAB. Se evidencia que la hora de mayor presión en el sistema es a las 3:00 horas, esto debido a la condición normal del sistema y consumo de la Ciudad. Por otra parte, la hora de mayor demanda y menor presión se presenta a las 10:00 horas. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, los análisis hidráulicos presentados en el informe corresponderán a esas dos horas.

De igual forma es importante resaltar que la forma del patrón de demanda depende de muchos factores, tales como el tipo de uso o las costumbres de la población. Así mismo los patrones de demanda son una serie de pasos de tiempo, cada una de los cuales tiene asociado un factor multiplicador. Al realizar un análisis en periodo extendido, cada paso de tiempo de la simulación usa el factor multiplicador correspondiente a ese paso, aplicándose a la demanda media del nodo. De esta manera, la demanda de agua en la simulación no es constante en cada paso de tiempo, sino que va variando, tal como sucede en la realidad.

Es importante tener en cuenta que, con relación al diseño de redes menores de acueducto, lo más importante del patrón de demanda son los factores multiplicadores máximo y mínimo del mismo, debido a que estos definen los caudales máximos y mínimos en las tuberías.

La información suministrada por la empresa de acueducto se incluye en el anexo 1 "Memorias de Calculo", 1.2 "Información Consumos Z1 EAAB" del presente informe.

5 PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL DE ALTERNATIVAS

A nivel del presente informe las alternativas no se llevaron a la fase de diseños detallados. Sin embargo, los análisis realizados permitieron tener en cuenta los aspectos técnicos, operacionales y económicos principales que permiten considerar una alternativa como viable o inviable desde los puntos de vista anteriormente mencionados.

En la Tabla 9 se presenta el planteamiento conceptual de las alternativas:

Tabla 9 Planteamiento Conceptual Alternativas.

ALTERNATIVAS	DESCRIPCIÓN	PUNTOS DE CONEXIÓN RM-TC	PUNTOS CLAVE
ALTERNATIVA 1	Abastecimiento Sector Occidental mediante 4 puntos de Conexión a Red Matriz Ø72" Tibitoc – Casablanca.	-C1: Guaymaral – Ø16". -C3: Colegio San Viator – Ø16". -C5: Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) – Ø16". -C7: Makro (Calle 193) – Ø27".	-Cruce Reserva Vial Av. Boyacá - Reserva T. Van Der Hammen. -Cruce Humedal Guaymaral por costado Occidental de la Autopista Norte.
ALTERNATIVA 2	Abastecimiento Sector Occidental mediante 4 puntos de Conexión a Red Matriz Ø72" Tibitoc – Casablanca.	-C1: Guaymaral – Ø16". -C4: Escuela Colombiana de Ingeniería (Norte) – Ø24". -C5: Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) – Ø16". -C7: Makro (Calle 193) – Ø27".	Cruce Reserva Vial Av. Boyacá - Reserva T. Van Der Hammen.
ALTERNATIVA 3	Abastecimiento Sector Occidental mediante 4 puntos de Conexión a Red Matriz Ø72" Tibitoc – Casablanca.	-C1: Guaymaral – Ø16". -C4: Escuela Colombiana de Ingeniería (Norte) – Ø24". -C5: Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) – Ø16". -C7: Makro (Calle 193) – Ø27".	-Cruce Humedal Guaymaral por costado Occidental de la Autopista Norte.

Fuente: WSP; 2020

Para la determinación de los puntos de conexión a la red matriz de Ø72" Tibitoc- Casablanca de cada alternativa, se tuvo en cuenta el desarrollo del proyecto por medio de unidades funcionales. Con base en lo anterior se proponen 4 puntos de conexión existente a la red matriz de Ø72" Tibitoc- Casablanca, esto con el objetivo de independizar los sectores del proyecto y que las obras para el abastecimiento de las primeras unidades funcionales, no queden amarradas a un solo punto o a la ejecución de la totalidad de las obras del proyecto. Así mismo, cada salida de la red matriz, cumple una función hidráulica que se debe mantener para garantizar el correcto funcionamiento hidráulico del sistema de acueducto en el proyecto.

5.1 PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 1

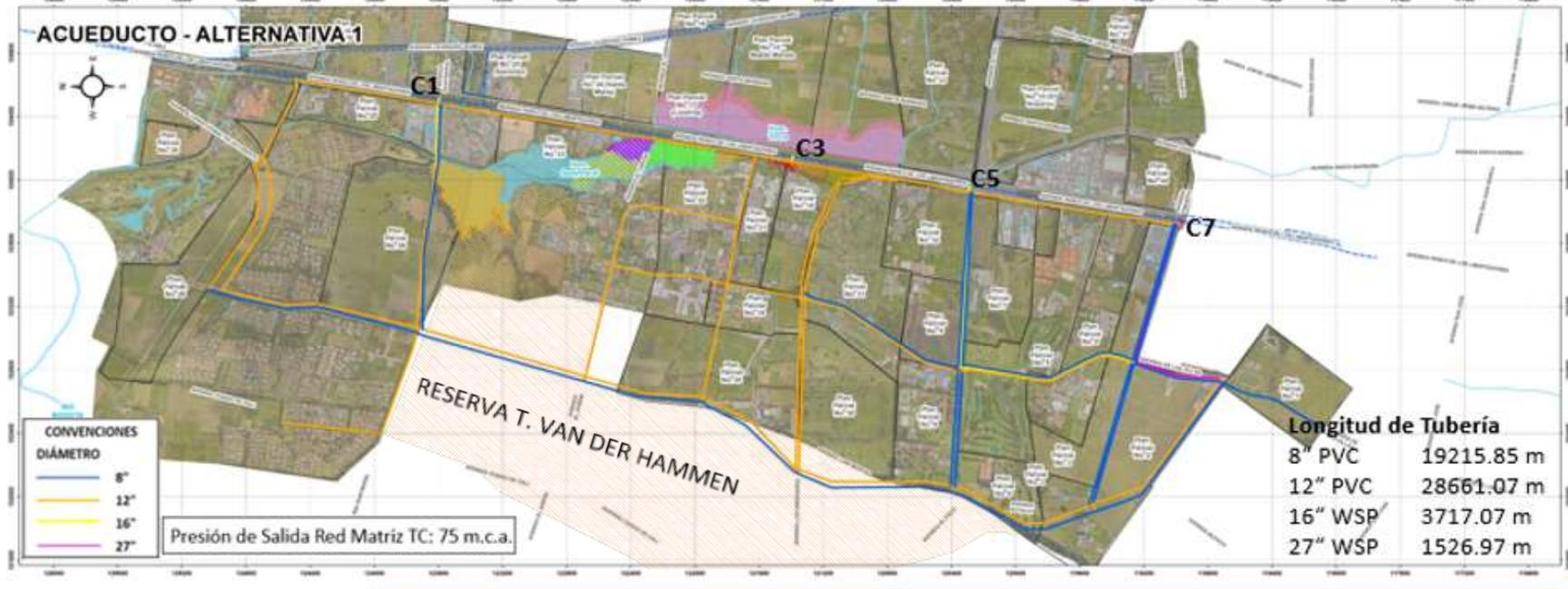
La alternativa No 1 se basa en el abastecimiento mediante cuatro (4) puntos de conexión a la Red Matriz Tibitoc – Casablanca de Ø72". A continuación, se presentan los puntos seleccionados para la conexión de la Red Matriz.

- C1 Guaymaral Ø16".
- C3 Colegio San Viator Ø16".
- C5 Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) Ø16".
- C7 Makro (Calle 193) Ø27".

Una vez seleccionados los puntos de conexión para el abastecimiento del Proyecto Torca, se hace necesario en la alternativa 1 incluir siete (7) Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a la salida de cada punto o caja de la red matriz con el fin de garantizar las presiones máximas permitidas por la EAAB, los diámetros de estas válvulas son de Ø6" y están localizadas sobre las redes secundarias de Ø12". Es importante aclarar que para el producto 14 "Alternativa Sugerida" se realizará una descripción más detallada sobre las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP).

Esta alternativa corresponde a una longitud de 19215,85 metros en Ø8" PVC, 28661,07 metros en Ø12" PVC, 3717,07 metros en Ø16" Acero, 1526,97 metros Ø27" Acero. En la Figura 3 se presenta el planteamiento conceptual de la alternativa 1.

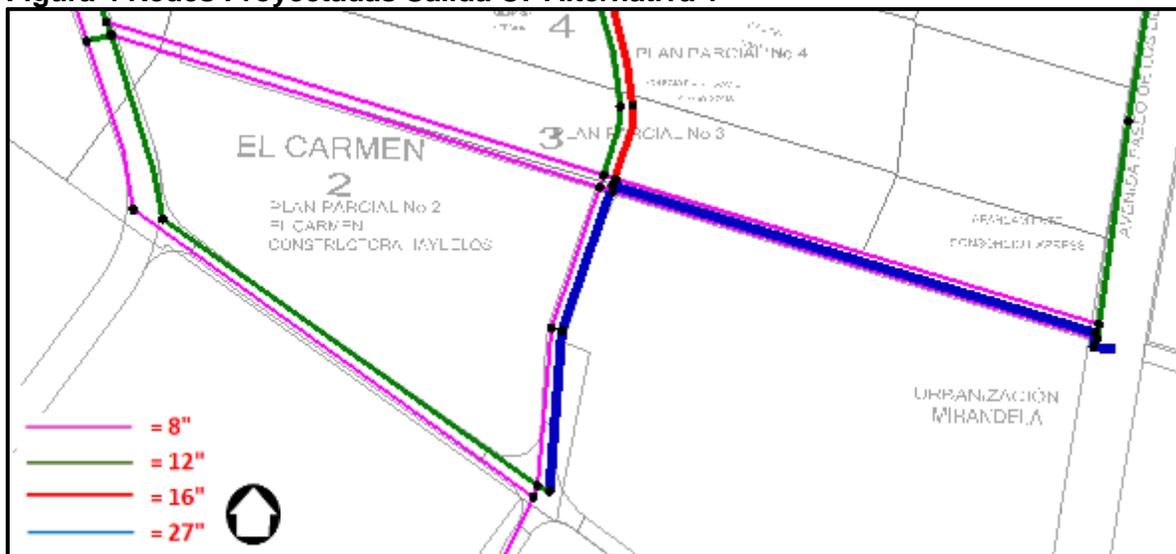
Figura 3 Planteamiento Conceptual Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

De la conexión C7 correspondiente a Makro (Calle 193) se proyecta una red matriz de Ø27" sobre la Calle 191 (Av. Tibabita) desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 55 (Av. Villas), y desde la Calle 191 hasta la Calle 183. De este punto se alimenta una red de Ø12" en PVC por el costado norte de la Calle 183 continuando hasta la AK 72 (Avenida Boyacá). De igual forma y para cerrar la malla del sector, se proyectan redes de Ø8" por el costado sur de la Calle 183 y la Calle 191 (Av. Tibabita) entre AK 55 (Av. Villas) y AK 72 (Avenida Boyacá). De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. Es importante mencionar que con la proyección de la red matriz de Ø27" se contempla el abastecimiento del sector San José de Bavaria a un periodo de horizonte de crecimiento o redensificación. En la Figura 4 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

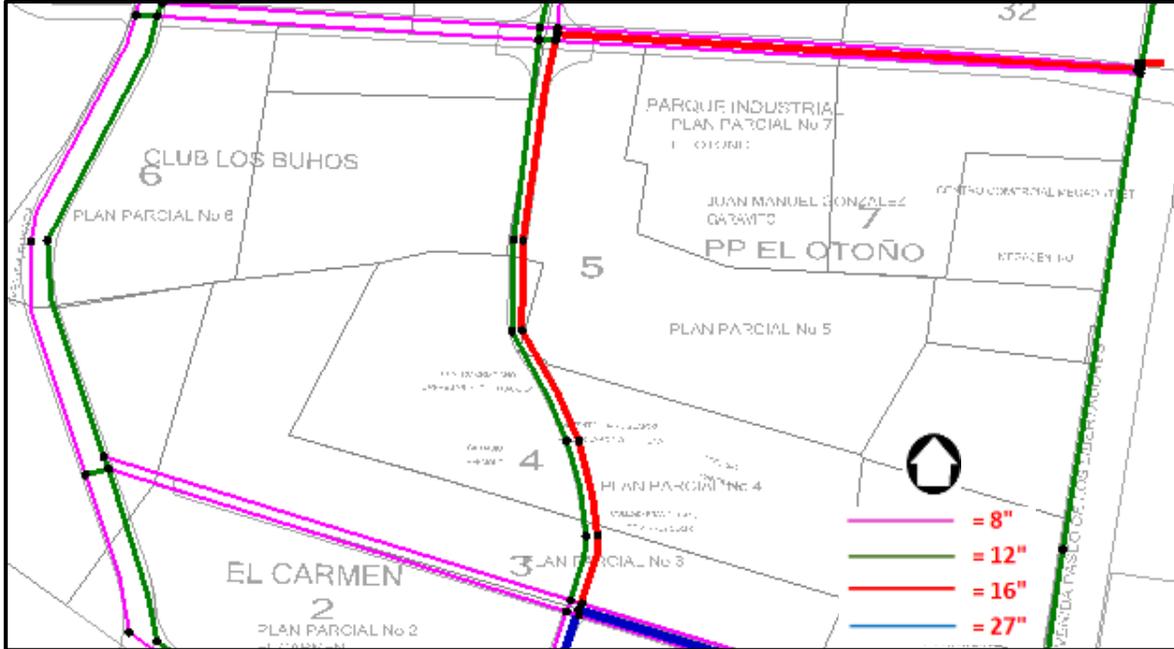
Figura 4 Redes Proyectadas Salida C7 Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

De la conexión C5 correspondiente a Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) se proyecta una red matriz de Ø16" sobre la AC 201 (Av. El Polo) desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 55 (Av. Villas), continuando por esta última hasta la Calle 191 (Av. Tibabita) y empatándose con la Red Matriz de Ø27" proyectada desde el punto C7. Por la AC 201 (Av. El Polo) se proyectan dos redes secundarias de Ø8" en PVC localizadas en los costados sur y norte de la Av. El Polo, desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Avenida Boyacá), empatándose a la red proyectada de Ø12" en PVC sobre el costado oriental de la AK 72 (Avenida Boyacá). Así mismo se proyecta una red de Ø12" en PVC sobre el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) la cual se prolongará hasta la altura de la Av. Arrayanes. De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. En la Figura 5 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

Figura 5 Redes Projectadas Salida C5 Alternativa 1

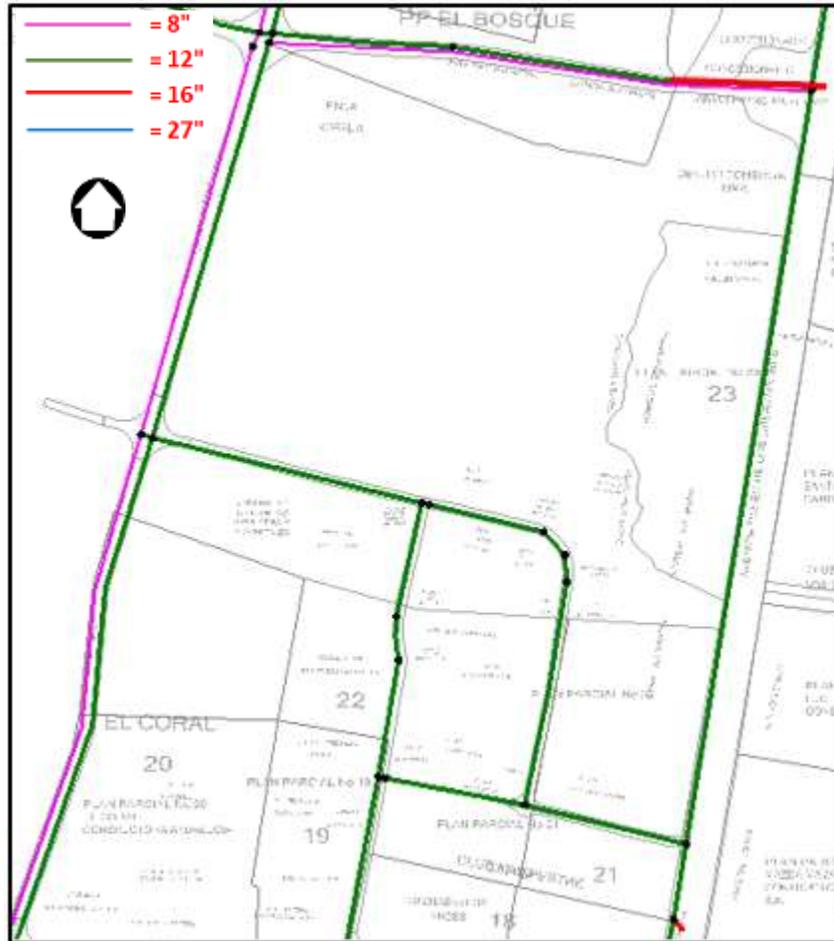


Fuente: WSP; 2020

De la conexión C3 correspondiente al Colegio San Viator se proyectan redes de Ø12" en PVC cerrando las mallas correspondientes al sector aferente. De igual forma, se proyectan en este diámetro para poder garantizar las presiones mínimas y máximas establecidas en la normatividad de la EAAB. De este punto de conexión se refuerzan las redes de Ø8" y Ø12" en PVC sobre el costado occidental y oriental de la AK 72 (Avenida Boyacá), esto con el fin de aumentar sus presiones garantizando que en la hora de demanda pico no presente problemas de operación. Es importante mencionar que para la alternativa 1 se proyectan redes por la AK 72 (Avenida Boyacá) por el corredor vial proyectado de la Avenida. Adicionalmente por el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) se prolonga red de Ø12" en PVC esto se realiza con el fin de reforzar y cerrar los anillos hidráulicos del sector. De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca.

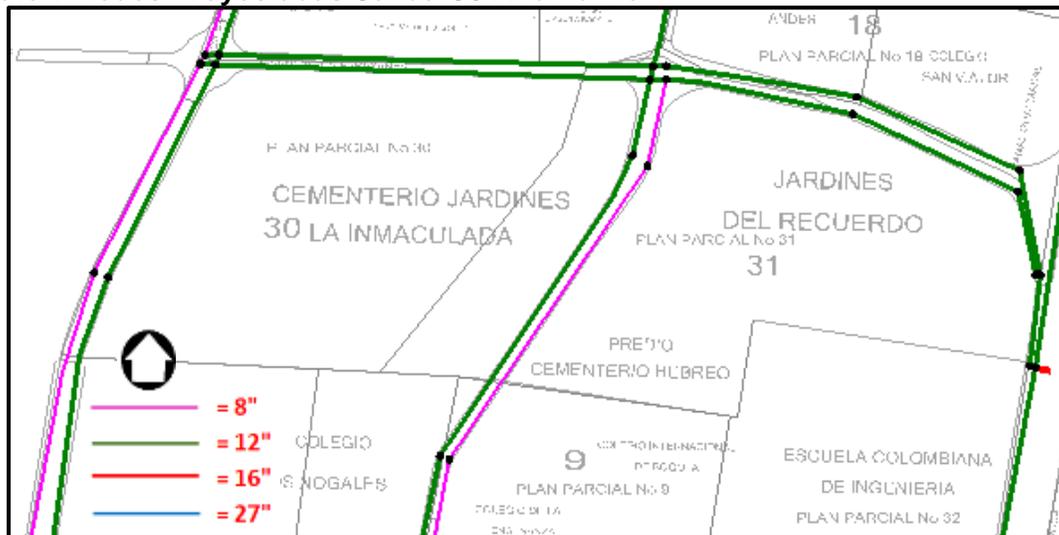
Así mismo se proyectan dos redes de Ø12" en PVC sobre el costado sur y norte de la Av. Arrayanes entre la AK 45 (Autopista Norte) y la AK 72 (Avenida Boyacá). Se realiza la prolongación de las redes de Ø8" y Ø12" en PVC por el costado oriental y occidental de la AK 55 (Av. Villas) respectivamente, y con las redes de Ø8" y Ø12" en PVC sobre el costado occidental y oriental de la AK 72 (Avenida Boyacá). Adicionalmente, se prolonga la red de Ø12" en PVC localizada sobre el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte). De esta forma se garantiza y se independiza un sector hidráulico o una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. En la Figura 6 y Figura 7 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

Figura 6 Redes Projectadas Salida C3 Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

Figura 7 Redes Projectadas Salida C3 Alternativa 1



Fuente: WSP; 20120

De la conexión C1 correspondiente a Guaymaral se proyecta la prolongación de la red de $\varnothing 12''$ en PVC sobre el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) hasta la Av. Longitudinal de Occidente. Así mismo se proyecta red de $\varnothing 12''$ en PVC sobre el costado norte de la Avenida Guaymaral desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Avenida Boyacá) cerrando malla con la red proyectada sobre la Av. Longitudinal de Occidente y el sector conocido como Hacienda San Simón. De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. En la Figura 8 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

Figura 8 Redes Proyectadas Salida C1 Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

5.1.1 Modelación hidráulica de alternativa 1

En la evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento, se evaluó el comportamiento hidráulico de las redes proyectadas para abastecer y suministrar agua al proyecto Lagos de Torca.

5.1.1.1 Asignación de demandas modelos hidráulico Alternativa 1

Una vez calculada la demanda total, fue necesario distribuir esta demanda entre los nodos del modelo. Para tal efecto se empleó el método de los polígonos de Thiessen, mediante el cual se asigna un área aferente a cada nodo del modelo, la cual está definida por el polígono limitado por las mediatrices entre cada nodo y sus nodos aledaños. En la Figura 9 se presentan los polígonos de thiessen y los nodos seleccionados para la alternativa 1

Figura 9 Asignación de demandas Polígonos de Thiessen Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

Una vez se realiza la distribución de caudales por medio de la metodología de polígonos de Thiessen, en la Tabla 10 se relacionan los nodos con coordenadas y sus respectivas demandas.

Tabla 10 Cuadro de nodos georreferenciados con demandas Alternativa 1

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-1	104.072,29	123.615,49	12,97
J-2	103.058,05	123.700,57	2,91
J-3	103.016,60	123.693,95	4,21
J-5	103.999,81	120.742,36	3,91
J-6	104.007,64	120.740,61	3,91
J-7	103.995,93	120.743,15	3,91
J-8	104.009,42	120.751,06	4,91
J-9	104.006,49	120.734,09	3,91
J-10	102.170,37	121.342,46	1,21
J-11	102.139,60	121.342,86	2,91
J-12	102.137,46	121.338,59	2,91
J-13	102.168,71	121.338,82	2,91
J-14	103.249,01	121.308,86	1,91
J-15	103.248,20	121.305,47	2,31
J-16	103.280,50	121.307,85	0,92
J-17	103.279,84	121.304,81	1,92
J-18	104.007,25	120.737,92	3,92
J-19	103.921,25	120.292,05	1,92

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-20	103.915,40	120.285,55	0,92
J-21	103.919,86	120.285,11	2,92
J-22	102.836,34	120.329,28	3,92
J-24	102.908,42	119.413,33	2,92
J-25	102.857,09	119.580,36	1,92
J-26	102.751,00	119.783,85	2,92
J-27	102.752,31	119.840,51	2,92
J-28	103.720,51	119.017,36	2,92
J-29	102.845,44	119.279,58	1,92
J-30	102.859,82	119.274,36	1,92
J-31	102.866,65	119.272,64	1,92
J-32	101.897,03	119.535,82	7,92
J-33	101.894,47	119.541,96	4,92
J-34	101.933,79	119.554,04	5,92
J-39	103.715,82	118.970,49	1,87
J-42	102.852,91	119.251,77	4,93
J-43	102.839,36	119.256,30	3,93
J-44	102.846,08	119.274,57	3,93
J-45	102.838,41	119.253,42	3,93
J-46	102.727,18	118.729,36	2,93
J-47	102.840,99	119.251,18	3,93
J-48	102.155,63	121.377,32	2,91
J-49	102.183,40	121.377,13	3,61
J-50	102.023,48	120.375,93	2,93
J-51	102.021,12	120.369,33	6,93
J-52	102.063,22	120.375,28	1,93
J-53	102.061,24	120.368,75	6,93
J-54	102.074,98	120.412,77	2,93
J-55	103.258,01	121.345,93	1,93
J-56	102.788,89	120.369,57	2,33
J-57	102.820,04	120.365,43	2,94
J-59	104.116,98	121.384,07	3,94
J-60	104.109,64	121.385,42	3,94
J-61	104.105,90	121.368,45	3,94
J-62	104.106,69	121.372,30	1,94
J-63	104.120,87	121.438,13	2,94
J-64	102.628,73	121.942,66	2,94
J-65	102.598,40	121.950,58	2,94
J-66	103.346,98	121.794,68	2,94
J-67	102.630,50	121.949,79	4,92
J-68	102.600,23	121.957,79	3,24
J-69	102.829,97	120.290,38	6,07

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-70	102.801,73	120.287,19	5,87
J-71	103.915,90	120.256,58	1,87
J-9551	104.479,41	123.602,18	3,83
J-9552	104.631,45	124.487,87	3,83
J-9553	104.545,82	124.494,17	3,82
J-9555	104.000,28	124.648,02	7,57
J-9556	103.759,37	124.667,96	4,72
J-9557	103.303,97	124.949,67	3,03
J-9561	103.207,24	124.556,89	3,33
J-9562	103.219,27	124.363,70	4,72
J-9563	103.071,02	123.737,17	7,67
J-9564	103.547,55	123.703,35	14,49
J-9566	102.470,82	124.575,08	8,39
J-9567	102.758,33	122.683,01	4,84
J-9568	103.461,09	122.513,47	3,83
J-9569	103.779,89	122.437,25	3,74
J-9570	103.834,28	122.377,83	2,74
J-9571	103.839,31	122.306,32	3,84
J-9572	103.729,89	121.725,24	5,84
J-9575	102.181,77	121.371,83	5,24
J-9576	103.256,20	121.339,68	4,84
J-9577	103.659,88	121.266,78	2,84
J-9578	103.997,31	121.095,74	2,84
J-9579	104.018,87	120.930,00	3,84
J-9580	103.395,58	122.217,20	8,77
J-9581	103.347,62	121.798,28	5,84
J-9582	102.095,34	121.144,78	2,84
J-9583	102.073,81	120.403,24	5,84
J-9584	102.787,15	120.359,52	3,82
J-9585	102.846,58	120.567,38	1,84
J-9586	103.192,03	121.073,85	1,84
J-9587	101.831,73	119.944,41	10,84
J-9588	102.064,10	119.197,58	16,84
J-9589	102.726,54	118.726,38	16,84
J-9591	102.751,40	119.004,65	2,84
J-9592	102.838,00	119.251,93	5,84
J-9593	103.718,27	118.996,51	3,84
J-9594	103.771,80	119.370,90	1,84
J-9595	101.965,64	119.513,91	15,84
J-9596	102.733,80	119.840,66	2,84
J-9597	102.730,80	119.778,66	2,85
J-9598	102.836,20	119.576,39	1,85

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-9599	102.885,44	119.410,18	2,85
J-9600	104.151,04	121.623,01	3,85
J-9601	104.118,54	121.426,05	1,85
J-9602	102.642,99	118.531,72	3,92
J-9603	102.621,77	118.415,23	4,85
J-9604	102.434,19	118.086,25	7,85
J-9607	103.919,68	120.282,75	2,85
J-9608	103.918,16	120.270,34	4,85
J-9610	104.009,27	120.929,72	2,85
J-9612	102.398,09	123.957,84	3,83
J-9614	103.282,12	121.314,48	2,85
J-9615	104.144,93	124.693,61	3,35
J-9616	104.093,76	124.754,04	6,43
J-9619	103.986,61	124.724,46	4,75
J-9620	103.305,10	125.040,73	11,27
J-9622	102.742,38	119.779,72	1,85
J-9623	102.741,67	119.840,62	1,85
J-9624	102.859,56	119.247,18	6,85
J-9625	102.897,28	119.412,00	0,85
J-9626	103.972,73	121.090,98	2,85
J-9627	102.848,75	119.578,19	1,85
J-9628	103.204,47	121.070,08	1,85
J-9629	103.281,55	121.340,81	2,85
J-9630	103.188,52	124.555,03	4,44
J-9631	103.197,96	124.356,99	3,04
J-9632	102.818,98	120.356,17	2,85
J-9633	102.864,60	120.560,61	1,85
J-9634	103.764,02	124.731,42	6,75
J-9636	102.769,78	119.000,10	4,85
J-9637	103.481,54	122.508,91	2,85
J-9639	103.366,15	121.794,56	4,85
J-9640	103.683,80	121.227,88	0,85
J-9643	102.728,57	122.691,99	4,24
J-9645	103.057,19	123.697,68	3,26
J-9646	102.057,32	121.146,83	2,86
J-9647	102.154,10	121.371,50	2,86
J-9648	102.025,18	120.380,53	5,86
J-9649	101.795,39	119.945,24	8,86
J-9650	103.036,74	123.738,69	3,26
J-9651	102.011,94	119.214,58	8,86
J-9652	102.784,50	120.333,47	3,90
J-9653	102.064,25	120.378,74	5,86

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-9654	103.719,76	119.011,56	3,86
J-9655	102.865,31	119.268,30	4,86
J-9657	101.954,26	119.540,83	4,86
J-9658	103.017,56	123.696,69	2,86
J-9659	102.174,65	121.352,12	3,26
J-9660	103.250,14	121.314,19	3,86
J-9661	102.814,13	120.333,72	2,86
J-9662	102.844,01	119.275,18	3,86
J-9663	102.719,38	118.705,37	13,87
J-9664	103.915,97	120.290,51	1,87
J-9665	103.401,96	122.070,81	7,90
J-9668	103.997,13	120.750,04	1,87
J-9671	102.855,06	119.258,21	6,87
J-9676	103.912,40	120.277,30	1,87
J-9677	102.814,74	120.346,70	2,37
J-9680	102.784,79	120.335,43	5,82
J-9681	101.907,15	119.506,20	11,89
J-9694	102.145,16	121.354,35	2,90
J-9695	104.478,39	123.588,15	2,20
J-9696	104.478,84	123.596,16	1,91
Caudal Total			703,36

Fuente: WSP; 2020

Adicionalmente se contempló la demanda de caudal en condición de saturación de la redensificación del sector de San José de Bavaria, teniendo en cuenta lo estipulado en el número de Proyecto 32462 correspondiente al diseño detallado de redes de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial del sector de San José de Bavaria, elaborado por el consorcio San José. En la Tabla 11 se relaciona el nodo con coordenadas y su respectiva demanda correspondiente al sector San José de Bavaria.

Tabla 11 Cuadro de nodo georreferenciado con demanda Sector San José de Bavaria

CAUDAL MEDIO SAN JOSE DE BAVARIA P32462			
NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-9635	102,747.82	118,715.69	216.53

Fuente: WSP; 2020

Por lo anterior, en la Tabla 12 se presenta la demanda total de los modelos hidráulicos para el sector occidental.

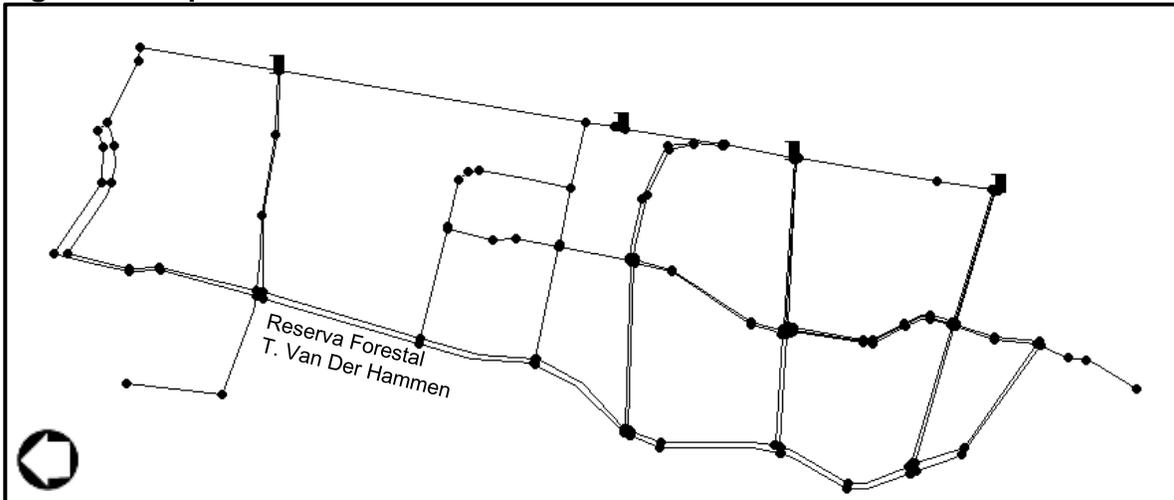
Tabla 12 Demanda total modelos hidráulicos sector occidental

SECTOR	Qmd (L/s)
Costado Occidental Lagos de Torca	703.36
San José de Bavaria	216.53
Caudal medio diario Total	919.89

Fuente: WSP; 2020

Una vez se asignaron las demandas en los nodos seleccionados, se procedió a realizar la evaluación hidráulica del sistema de acueducto. En la Figura 10 se presenta el esquema de la modelación hidráulica de la alternativa 1.

Figura 10 Esquema Modelación Hidráulica Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

Teniendo en cuenta el patrón de demanda unificado entre las dos consultorías (WSP&HVM) realizado con base en la información suministrada por la zona 1 de la EAAB. Se evidencia que la hora de mayor presión en el sistema es a las 3:00 horas, esto debido a la condición normal del sistema y consumo de la Ciudad. Por otra parte, la hora de mayor demanda y menor presión se presenta a las 10:00 horas. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, los análisis hidráulicos presentados en el informe corresponderán a esas dos horas. La Figura 11, Figura 12 y Figura 13 muestran los análisis hidráulicos de presión y velocidad a las 3:00 horas, mientras que la Figura 14, Figura 15 y Figura 16 lo hacen para las 10:00 horas.

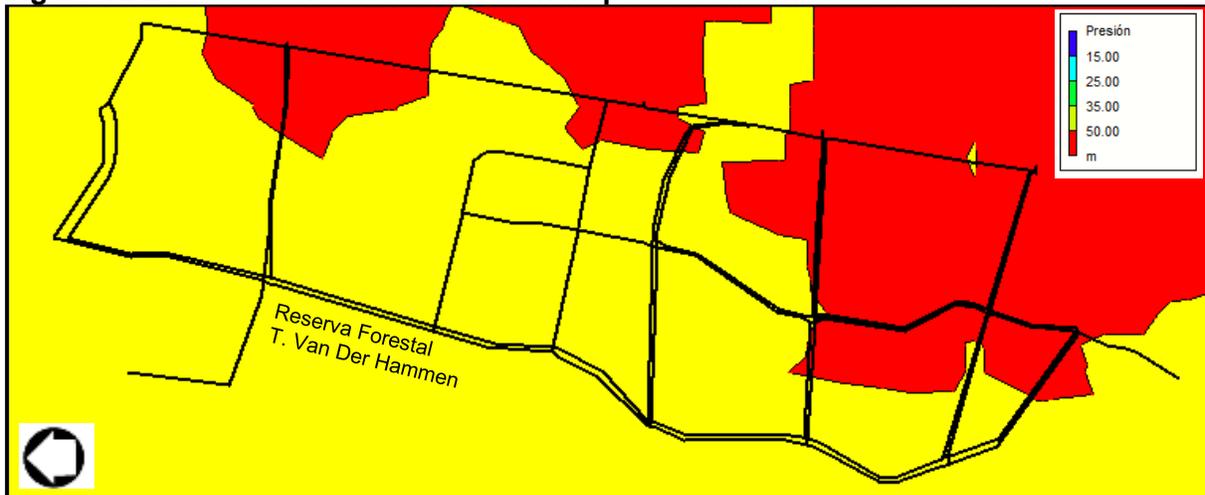
5.1.1.2 Evaluación hidráulica 3:00 horas

Figura 11 Escenario 3:00 Horas Presión Alternativa 1



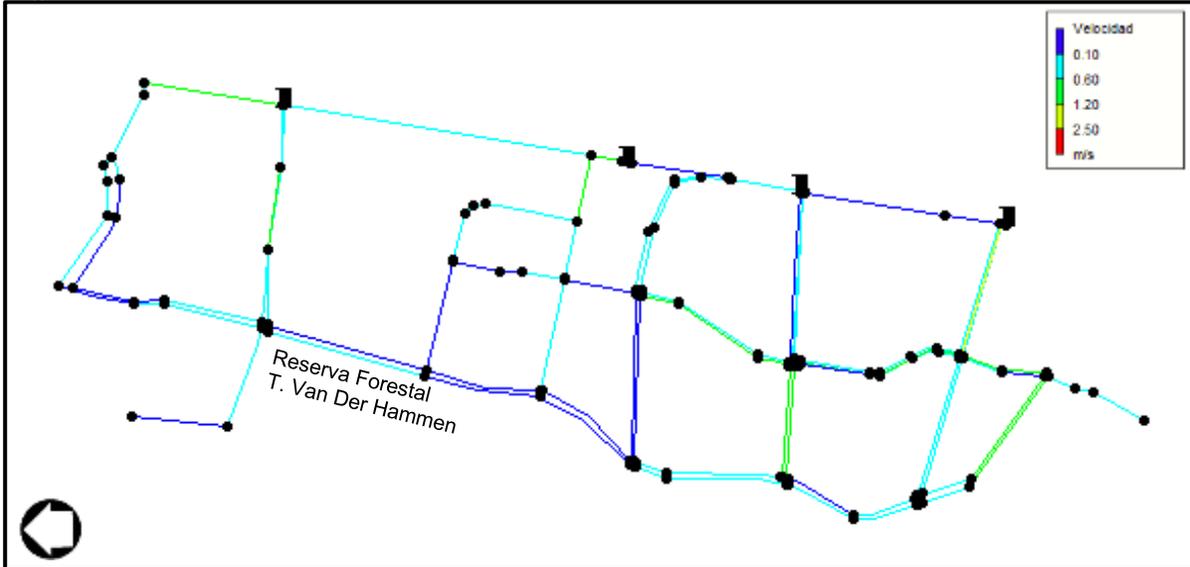
Fuente: WSP; 2020

Figura 12 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

Figura 13 Escenario 3:00 Horas Velocidades Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

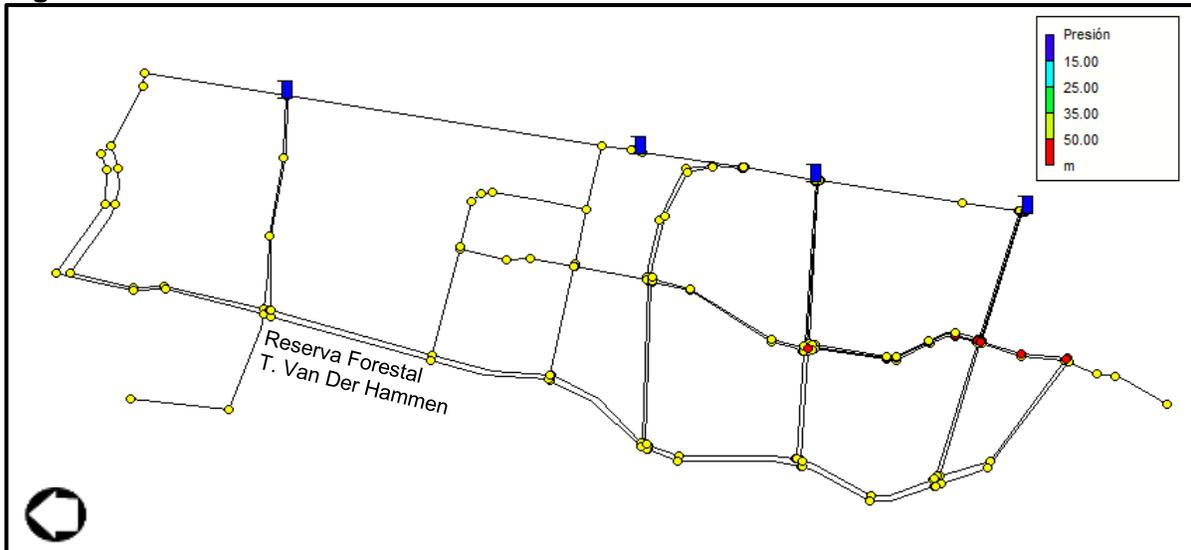
Para el escenario de las 3:00 horas se presentan presiones entre 42,46 m.c.a y 50 m.c.a en las redes proyectadas para el proyecto Torca, garantizando así que en la hora de mayor presión las redes proyectadas no tengan problemas de operación y todos los sectores hidráulicos proyectados funciones correctamente. Sin embargo, a las salidas de la red matriz Tibitoc-Casablanca y antes de las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) se presentan presiones entre los 50 m.c.a y 80 m.c.a., condición que es regulada posteriormente. De igual forma es importantes resaltar que la presión para las líneas matrices proyectadas de Ø16" y Ø27" varía entre 70 y 77.8 m.c.a. Esto debido a la condición hidráulica de la red matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72". Así mismo se proponen Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a las salidas de las redes matrices, pero no se propone regulación sobre las mismas, por normatividad de la EAAB.

Una vez analizados los modelos hidráulicos, se puede evidenciar que las velocidades de las redes secundarias no superan el valor de 2.50 m/s cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma se puede evidenciar que las velocidades de las redes matrices están por encima de 0.50 m/s y no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

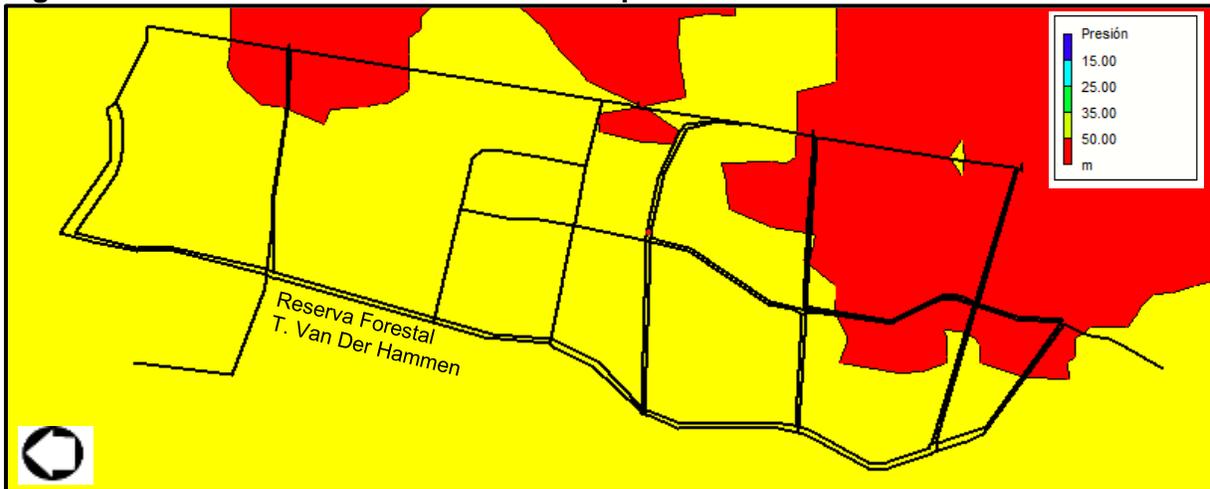
5.1.1.3 Evaluación hidráulica 10:00 horas

Figura 14 Escenario 10:00 Horas Presión Alternativa 1



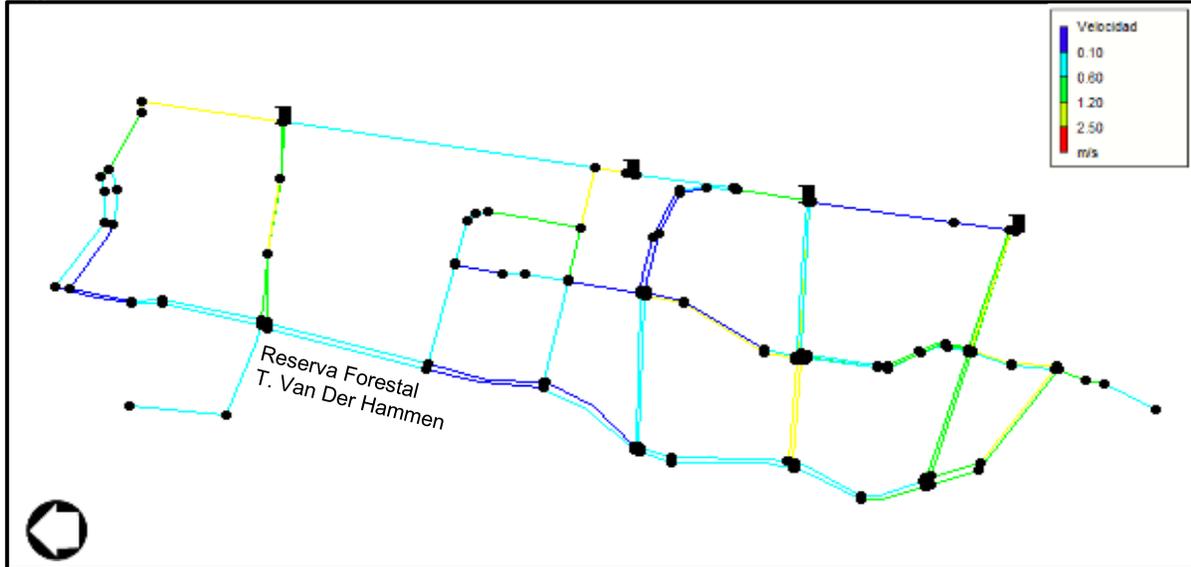
Fuente: WSP; 2020

Figura 15 Escenario 10:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

Figura 16 Escenario 10:00 Horas Velocidades Alternativa 1



Fuente: WSP; 2020

Para el escenario de las 10:00 horas se evidencia que las presiones son estables en todos los sectores, los valores varían entre 37,33 m.c.a y 49,94 m.c.a en las redes proyectadas para el Proyecto Torca, garantizando así que en la hora de menor presión las redes proyectadas no presenten problemas de operación y se garantice el correcto funcionamiento de todos los sectores hidráulicos proyectados. Sin embargo, a las salidas de la red matriz Tibitoc-Casablanca y antes de las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) se presentan presiones entre los 50 m.c.a y 80 m.c.a., condición que es regulada posteriormente. De igual forma es importante resaltar que la presión para las líneas matrices proyectadas de Ø16" y Ø27" varía entre 70 y 77.45 m.c.a. Esto debido a la condición hidráulica de la red matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72". Así mismo, que se proponen Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a las salidas de las redes matrices, pero no se propone regulación sobre las mismas, por normatividad de la EAAB.

Una vez analizados los modelos hidráulicos, se puede evidenciar que las velocidades de las redes secundarias no superan el valor de 2.50 m/s cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma se puede evidenciar que las velocidades de las redes matrices están por encima de 0.50 m/s y no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

En la Tabla 13 se presenta el cuadro de nodos con los valores de presión a las 3:00 horas y 10:00 horas para la alternativa 1.

Tabla 13 Nodos georeferenciados con valores de presión Alternativa 1

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-9581	103,347.62	121,798.28	42.46	37.33	Red Secundaria
J-9639	103,366.15	121,794.56	42.46	37.36	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-3	103,016.60	123,693.95	43.34	37.85	Red Secundaria
J-14	103,249.01	121,308.86	43.88	41.74	Red Secundaria
J-15	103,248.20	121,305.47	43.93	41.8	Red Secundaria
J-16	103,280.50	121,307.85	43.73	41.61	Red Secundaria
J-55	103,258.01	121,345.93	43.75	41.59	Red Secundaria
J-67	102,630.50	121,949.79	43.91	38.69	Red Secundaria
J-68	102,600.23	121,957.79	43.91	38.68	Red Secundaria
J-9567	102,758.33	122,683.01	43.92	38.69	Red Secundaria
J-9576	103,256.20	121,339.68	43.72	41.57	Red Secundaria
J-9580	103,395.58	122,217.20	43.93	38.71	Red Secundaria
J-9614	103,282.12	121,314.48	43.71	41.59	Red Secundaria
J-9628	103,204.47	121,070.08	44.45	42.48	Red Secundaria
J-9629	103,281.55	121,340.81	43.71	41.56	Red Secundaria
J-9643	102,728.57	122,691.99	43.92	38.69	Red Secundaria
J-9645	103,057.19	123,697.68	43.46	38.36	Red Secundaria
J-9660	103,250.14	121,314.19	43.74	41.59	Red Secundaria
J-9665	103,401.96	122,070.81	43.53	38.33	Red Secundaria
J-17	103,279.84	121,304.81	44.74	42.62	Red Secundaria
J-22	102,836.34	120,329.28	45.47	45.14	Red Secundaria
J-57	102,820.04	120,365.43	45.54	43.97	Red Secundaria
J-9568	103,461.09	122,513.47	44.93	39.72	Red Secundaria
J-9577	103,659.88	121,266.78	45.44	43.46	Red Secundaria
J-9586	103,192.03	121,073.85	45.44	43.7	Red Secundaria
J-9633	102,864.60	120,560.61	45.17	43.5	Red Secundaria
J-9637	103,481.54	122,508.91	44.93	39.73	Red Secundaria
J-9640	103,683.80	121,227.88	45.44	43.47	Red Secundaria
J-10	102,170.37	121,342.46	45.83	43.41	Red Secundaria
J-11	102,139.60	121,342.86	45.88	43.45	Red Secundaria
J-12	102,137.46	121,338.59	45.98	43.54	Red Secundaria
J-13	102,168.71	121,338.82	45.91	43.49	Red Secundaria
J-48	102,155.63	121,377.32	45.64	43.21	Red Secundaria
J-49	102,183.40	121,377.13	45.64	43.22	Red Secundaria
J-50	102,023.48	120,375.93	46.17	43.64	Red Secundaria
J-52	102,063.22	120,375.28	46.18	43.66	Red Secundaria
J-54	102,074.98	120,412.77	46.38	43.87	Red Secundaria
J-66	103,346.98	121,794.68	45.6	43.43	Red Secundaria
J-9552	104,631.45	124,487.87	45.48	42.09	Red Secundaria
J-9553	104,545.82	124,494.17	45.39	41.73	Red Secundaria
J-9555	104,000.28	124,648.02	45.5	40.56	Red Secundaria
J-9569	103,779.89	122,437.25	45.46	40.35	Red Secundaria
J-9570	103,834.28	122,377.83	45.47	40.4	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-9571	103,839.31	122,306.32	45.48	40.45	Red Secundaria
J-9575	102,181.77	121,371.83	45.63	43.21	Red Secundaria
J-9578	103,997.31	121,095.74	46.31	44.46	Red Secundaria
J-9582	102,095.34	121,144.78	45.75	43.29	Red Secundaria
J-9583	102,073.81	120,403.24	46.18	43.66	Red Secundaria
J-9615	104,144.93	124,693.61	45.21	40.31	Red Secundaria
J-9616	104,093.76	124,754.04	45.18	40.18	Red Secundaria
J-9619	103,986.61	124,724.46	45.45	40.37	Red Secundaria
J-9626	103,972.73	121,090.98	46.32	44.46	Red Secundaria
J-9632	102,818.98	120,356.17	45.61	44.04	Red Secundaria
J-9634	103,764.02	124,731.42	45.91	40.72	Red Secundaria
J-9646	102,057.32	121,146.83	45.71	43.24	Red Secundaria
J-9647	102,154.10	121,371.50	45.63	43.21	Red Secundaria
J-9648	102,025.18	120,380.53	46.17	43.64	Red Secundaria
J-9653	102,064.25	120,378.74	46.18	43.66	Red Secundaria
J-9659	102,174.65	121,352.12	45.64	43.21	Red Secundaria
J-9694	102,145.16	121,354.35	45.64	43.21	Red Secundaria
J-2	103,058.05	123,700.57	46.04	41.23	Red Secundaria
J-64	102,628.73	121,942.66	47.12	44.68	Red Secundaria
J-65	102,598.40	121,950.58	47.09	44.57	Red Secundaria
J-9556	103,759.37	124,667.96	45.99	41.04	Red Secundaria
J-9557	103,303.97	124,949.67	46.49	41.54	Red Secundaria
J-9561	103,207.24	124,556.89	46.29	41.35	Red Secundaria
J-9562	103,219.27	124,363.70	46.2	41.27	Red Secundaria
J-9563	103,071.02	123,737.17	46.04	41.23	Red Secundaria
J-9564	103,547.55	123,703.35	46.98	43.6	Red Secundaria
J-9566	102,470.82	124,575.08	45.95	40.88	Red Secundaria
J-9588	102,064.10	119,197.58	47.52	44.37	Red Secundaria
J-9612	102,398.09	123,957.84	45.98	40.98	Red Secundaria
J-9620	103,305.10	125,040.73	46.37	41.06	Red Secundaria
J-9630	103,188.52	124,555.03	46.17	40.86	Red Secundaria
J-9631	103,197.96	124,356.99	46.09	40.83	Red Secundaria
J-9650	103,036.74	123,738.69	46.03	41.19	Red Secundaria
J-9651	102,011.94	119,214.58	47.38	43.88	Red Secundaria
J-9658	103,017.56	123,696.69	46.03	41.18	Red Secundaria
J-9	104,006.49	120,734.09	48.1	46.54	Red Secundaria
J-24	102,908.42	119,413.33	48.4	44.84	Red Secundaria
J-25	102,857.09	119,580.36	48.27	44.32	Red Secundaria
J-32	101,897.03	119,535.82	48.06	43.95	Red Secundaria
J-33	101,894.47	119,541.96	48.05	43.91	Red Secundaria
J-34	101,933.79	119,554.04	48.15	44.37	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-46	102,727.18	118,729.36	48.47	48.23	Red Secundaria
J-9585	102,846.58	120,567.38	48.51	47.89	Red Secundaria
J-9591	102,751.40	119,004.65	48.49	48.28	Red Secundaria
J-9595	101,965.64	119,513.91	48.16	44.41	Red Secundaria
J-9598	102,836.20	119,576.39	48.48	48.22	Red Secundaria
J-9657	101,954.26	119,540.83	48.16	44.4	Red Secundaria
J-9681	101,907.15	119,506.20	48.15	44.31	Red Secundaria
J-9695	104,478.39	123,588.15	48.15	45.31	Red Secundaria
J-1	104,072.29	123,615.49	48.92	48.2	Red Secundaria
J-5	103,999.81	120,742.36	48.9	47.31	Red Secundaria
J-6	104,007.64	120,740.61	48.89	47.32	Red Secundaria
J-7	103,995.93	120,743.15	48.9	47.31	Red Secundaria
J-8	104,009.42	120,751.06	48.89	47.32	Red Secundaria
J-18	104,007.25	120,737.92	48.89	47.33	Red Secundaria
J-26	102,751.00	119,783.85	48.65	44.31	Red Secundaria
J-27	102,752.31	119,840.51	48.63	44.24	Red Secundaria
J-29	102,845.44	119,279.58	48.51	48.36	Red Secundaria
J-31	102,866.65	119,272.64	48.54	45.46	Red Secundaria
J-44	102,846.08	119,274.57	48.52	48.37	Red Secundaria
J-47	102,840.99	119,251.18	48.55	45.49	Red Secundaria
J-51	102,021.12	120,369.33	48.58	42.94	Red Secundaria
J-53	102,061.24	120,368.75	49.07	45.06	Red Secundaria
J-61	104,105.90	121,368.45	49.09	47.49	Red Secundaria
J-63	104,120.87	121,438.13	49.23	48.58	Red Secundaria
J-69	102,829.97	120,290.38	49.48	44.87	Red Secundaria
J-71	103,915.90	120,256.58	48.67	48.58	Red Secundaria
J-9572	103,729.89	121,725.24	48.83	44.31	Red Secundaria
J-9579	104,018.87	120,930.00	49.26	47.46	Red Secundaria
J-9587	101,831.73	119,944.41	49.09	45.12	Red Secundaria
J-9592	102,838.00	119,251.93	48.52	48.43	Red Secundaria
J-9594	103,771.80	119,370.90	49.47	49.39	Red Secundaria
J-9596	102,733.80	119,840.66	48.96	48.65	Red Secundaria
J-9597	102,730.80	119,778.66	48.96	48.66	Red Secundaria
J-9599	102,885.44	119,410.18	48.5	48.29	Red Secundaria
J-9600	104,151.04	121,623.01	49.33	47.09	Red Secundaria
J-9602	102,642.99	118,531.72	49.27	48.54	Red Secundaria
J-9603	102,621.77	118,415.23	49.19	48.24	Red Secundaria
J-9610	104,009.27	120,929.72	49.26	47.46	Red Secundaria
J-9624	102,859.56	119,247.18	48.55	45.5	Red Secundaria
J-9649	101,795.39	119,945.24	48.67	43.33	Red Secundaria
J-9655	102,865.31	119,268.30	48.55	45.48	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-9662	102,844.01	119,275.18	48.51	48.37	Red Secundaria
J-9668	103,997.13	120,750.04	48.91	47.31	Red Secundaria
J-19	103,921.25	120,292.05	49.65	49.52	Red Secundaria
J-20	103,915.40	120,285.55	50.04	49.98	Red Secundaria
J-21	103,919.86	120,285.11	49.94	49.85	Red Secundaria
J-28	103,720.51	119,017.36	49.98	49.9	Red Secundaria
J-43	102,839.36	119,256.30	49.98	49.89	Red Secundaria
J-45	102,838.41	119,253.42	49.98	49.89	Red Secundaria
J-56	102,788.89	120,369.57	49.66	49.47	Red Secundaria
J-59	104,116.98	121,384.07	49.98	49.91	Red Secundaria
J-60	104,109.64	121,385.42	49.96	49.81	Red Secundaria
J-62	104,106.69	121,372.30	49.96	49.81	Red Secundaria
J-70	102,801.73	120,287.19	49.85	49.51	Red Secundaria
J-72	104,476.24	123,602.12	49.98	49.95	Red Secundaria
J-9551	104,479.41	123,602.18	49.99	49.96	Red Secundaria
J-9584	102,787.15	120,359.52	49.77	49.6	Red Secundaria
J-9589	102,726.54	118,726.38	49.98	49.92	Red Secundaria
J-9593	103,718.27	118,996.51	49.98	49.92	Red Secundaria
J-9601	104,118.54	121,426.05	49.84	49.3	Red Secundaria
J-9604	102,434.19	118,086.25	49.6	48.35	Red Secundaria
J-9607	103,919.68	120,282.75	49.94	49.84	Red Secundaria
J-9608	103,918.16	120,270.34	49.94	49.84	Red Secundaria
J-9652	102,784.50	120,333.47	49.95	49.9	Red Secundaria
J-9654	103,719.76	119,011.56	49.98	49.9	Red Secundaria
J-9663	102,719.38	118,705.37	49.95	49.82	Red Secundaria
J-9680	102,784.79	120,335.43	49.95	49.9	Red Secundaria
J-9622	102,742.38	119,779.72	71.38	66.86	Red Matriz
J-9623	102,741.67	119,840.62	71.22	66.71	Red Matriz
J-9627	102,848.75	119,578.19	71.54	66.98	Red Matriz
J-9661	102,814.13	120,333.72	70.87	66.54	Red Matriz
J-9625	102,897.28	119,412.00	72.05	67.48	Red Matriz
J-9635	102,747.82	118,715.69	72.1	66.18	Red Matriz
J-9636	102,769.78	119,000.10	72.32	67.07	Red Matriz
J-9677	102,814.74	120,346.70	72.38	68.08	Red Matriz
J-30	102,859.82	119,274.36	73.8	69.22	Red Matriz
J-42	102,852.91	119,251.77	73.98	69.38	Red Matriz
J-9671	102,855.06	119,258.21	74.03	69.45	Red Matriz
J-39	103,715.82	118,970.49	74.79	74.63	Red Matriz
J-58	104,118.91	121,395.08	76.31	76.19	Red Matriz
J-9664	103,915.97	120,290.51	76.3	75.59	Red Matriz
J-9669	103,707.26	118,971.93	76.27	76.07	Red Matriz

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-9670	103,712.41	119,005.45	76.21	75.85	Red Matriz
J-9675	103,913.62	120,290.64	77.8	77.08	Red Matriz
J-9676	103,912.40	120,277.30	77.79	77.02	Red Matriz
J-9696	104,478.84	123,596.16	77.75	77.45	Red Matriz

Fuente: WSP; 2020

Teniendo en cuenta la información presentada anteriormente, se puede evidenciar que las diferencias presentadas entre las dos horas de mayor y menor consumo no son representativas y que el sistema de redes de acueducto se encuentra estable en valores de presiones.

Los nodos que presentan valores mayores a 50 m.c.a son los correspondientes a las redes matrices proyectadas. Se evidencia que ningún nodo supera los 80 m.c.a. cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

En la Tabla 14 se presenta el cuadro de tramos con los valores de velocidad a las 3:00 horas y 10:00 horas para la alternativa 1.

Tabla 14 Tramos con características de tuberías y valores de velocidad Alternativa 1

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-6621	898.647	12	PVC	0.62	1.35	Red Secundaria
Tubería P-6622	85.859	12	PVC	0.58	1.25	Red Secundaria
Tubería P-6623	447.760	12	PVC	0.53	1.15	Red Secundaria
Tubería P-6624	152.435	12	PVC	0.15	0.32	Red Secundaria
Tubería P-6625	243.781	12	PVC	0.06	0.12	Red Secundaria
Tubería P-6626	537.593	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-6629	404.520	12	PVC	0.03	0.07	Red Secundaria
Tubería P-6631	193.558	12	PVC	0.07	0.16	Red Secundaria
Tubería P-6632	643.838	12	PVC	0.13	0.28	Red Secundaria
Tubería P-6635	477.921	12	PVC	0.55	1.2	Red Secundaria
Tubería P-6638	621.504	12	PVC	0.1	0.21	Red Secundaria
Tubería P-6639	722.923	12	PVC	0.05	0.1	Red Secundaria
Tubería P-6641	80.552	12	PVC	0.21	0.45	Red Secundaria
Tubería P-6642	71.683	12	PVC	0.24	0.52	Red Secundaria
Tubería P-6643	591.440	12	PVC	0.28	0.62	Red Secundaria
Tubería P-6647	1074.908	12	PVC	0.06	0.26	Red Secundaria
Tubería P-6649	380.249	12	PVC	0.33	0.03	Red Secundaria
Tubería P-6652	303.429	12	PVC	0.04	0.08	Red Secundaria
Tubería P-6657	714.682	8	PVC	0.98	1.32	Red Secundaria
Tubería P-6660	613.066	12	PVC	1.11	1.4	Red Secundaria
Tubería P-6667	262.000	8	PVC	0.15	0.33	Red Secundaria
Tubería P-6673	332.690	12	PVC	0.6	1.02	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-6674	912.351	8	PVC	0.27	0.98	Red Secundaria
Tubería P-6676	62.076	12	PVC	0.1	0.22	Red Secundaria
Tubería P-6677	228.084	12	PVC	0.14	0.29	Red Secundaria
Tubería P-6678	178.045	12	PVC	0.16	0.34	Red Secundaria
Tubería P-6680	433.383	12	PVC	0.75	1.61	Red Secundaria
Tubería P-6684	118.403	8	PVC	0.34	0.73	Red Secundaria
Tubería P-6685	379.892	8	PVC	0.21	0.45	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-1	9.598	12	PVC	0.28	0.08	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-9	79.192	12	PVC	0.35	0.75	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-10	111.158	12	PVC	0.27	0.59	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-24	60.912	16	ACERO	1.02	0.97	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-2	165.347	12	PVC	0.31	0.01	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-22	176.600	16	ACERO	1.05	1.03	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-38	198.259	8	PVC	0.11	0.24	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-11	222.700	12	PVC	0.21	0.46	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-23	227.874	16	ACERO	1.03	1	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-19	285.260	27	ACERO	0.78	1.62	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-3	319.723	12	PVC	0.34	0.06	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-42	770.234	8	PVC	0.33	0.31	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-12	553.420	12	PVC	0.14	0.29	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-39	638.978	8	PVC	0.19	0.42	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-27	612.436	8	PVC	0.29	0.07	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-35	721.681	8	PVC	1	1.35	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-7	892.190	8	PVC	0.45	0.98	Red Secundaria
Tubería P-6687	31.077	12	PVC	0.09	0.2	Red Secundaria
Tubería P-6689	1057.765	12	PVC	0.09	0.21	Red Secundaria
Tubería P-6693	34.316	12	PVC	0.3	0.65	Red Secundaria
Tubería P-6694	676.132	12	PVC	0.14	0.31	Red Secundaria
Tubería P-6695	46.172	8	PVC	0.08	0.16	Red Secundaria
Tubería P-6699	20.956	12	PVC	0.22	0.21	Red Secundaria
Tubería P-6703	25.382	12	PVC	0.39	0.11	Red Secundaria
Tubería P-6704	386.039	12	PVC	0.36	0.04	Red Secundaria
Tubería P-6707	31.979	12	PVC	0.57	0.24	Red Secundaria
Tubería P-6708	1076.157	12	PVC	0.02	0.28	Red Secundaria
Tubería P-6709	411.650	12	PVC	0.35	0.08	Red Secundaria
Tubería P-6714	498.575	16	ACERO	1	0.94	Red Matriz
Tubería P-6719	894.551	8	PVC	0.45	0.98	Red Secundaria
Tubería P-6723	928.586	8	PVC	0.26	0.97	Red Secundaria
Tubería P-6726	189.971	8	PVC	0.44	0.95	Red Secundaria
Tubería P-6728	871.638	8	PVC	0.61	1.13	Red Secundaria
Tubería P-6729	15.119	12	PVC	0.33	0.7	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-6735	1103.183	8	PVC	0.08	0.51	Red Secundaria
Tubería P-6737	26.297	12	PVC	0.1	0.04	Red Secundaria
Tubería P-6739	167.143	12	PVC	0.29	0.11	Red Secundaria
Tubería P-6743	146.525	12	PVC	0.07	0.14	Red Secundaria
Tubería P-6744	277.895	12	PVC	0.16	0.34	Red Secundaria
Tubería P-6745	20.951	12	PVC	0.13	0.28	Red Secundaria
Tubería P-6746	306.842	12	PVC	0.16	0.35	Red Secundaria
Tubería P-6750	499.628	8	PVC	0.01	0.01	Red Secundaria
Tubería P-6760	181.262	12	PVC	0.52	0.29	Red Secundaria
Tubería P-6766	33.915	27	ACERO	1.26	2.38	Red Matriz
Tubería P-6767	893.831	27	ACERO	1.26	2.38	Red Matriz
Tubería P-6774	12.497	12	PVC	0.1	0.22	Red Secundaria
Tubería P-6777	2.362	16	ACERO	0.56	1.27	Red Matriz
Tubería P-6778	13.388	16	ACERO	0.56	1.27	Red Matriz
Tubería P-6779	1099.859	16	ACERO	0.55	1.24	Red Matriz
Tubería P-6781	12.994	16	ACERO	0.53	1.19	Red Matriz
Tubería P-6822	812.930	12	PVC	0.79	1.45	Red Secundaria
Tubería P-6824	1.447	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-6828	1.125	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-6829	35.639	16	ACERO	1.08	2.33	Red Matriz
Tubería P-6841	13.646	12	PVC	0.22	0.3	Red Secundaria
Tubería P-6842	15.615	12	PVC	0.22	0.3	Red Secundaria
Tubería P-6846	309.990	8	PVC	0.38	0.62	Red Secundaria
Tubería P-6858	6.247	12	PVC	0.47	0.47	Red Secundaria
Tubería P-6859	5.405	12	PVC	1.16	1.5	Red Secundaria
Tubería P-6861	6.612	8	PVC	0.16	0.34	Red Secundaria
Tubería P-6871	4.588	12	PVC	0.06	0.12	Red Secundaria
Tubería P-6873	3.602	12	PVC	0.08	0.17	Red Secundaria
Tubería P-6878	27.668	12	PVC	0.03	0.17	Red Secundaria
Tubería P-6880	24.207	12	PVC	1.64	2.18	Red Secundaria
Tubería P-6882	39.103	12	PVC	0.25	0.36	Red Secundaria
Tubería P-6883	1.986	12	PVC	0.49	0.7	Red Secundaria
Tubería P-6887	58.992	12	PVC	0.31	0.76	Red Secundaria
Tubería P-6927	19.344	8	PVC	0.17	0.12	Red Secundaria
Tubería P-6928	29.577	12	PVC	0.06	0.21	Red Secundaria
Tubería P-6932	370.284	12	PVC	0.4	0.85	Red Secundaria
Tubería P-6933	18.905	12	PVC	0.34	0.73	Red Secundaria
Tubería P-6938	1992.218	12	PVC	0.16	0.35	Red Secundaria
Tubería P-6939	1428.654	8	PVC	0.3	0.66	Red Secundaria
Tubería P-6941	3.661	8	PVC	0.15	0.34	Red Secundaria
Tubería P-6944	187.326	12	PVC	0.95	2.06	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-6945	12.308	12	PVC	0.99	2.14	Red Secundaria
Tubería P-6951	3.472	16	ACERO	1.06	2.3	Red Matriz
Tubería P-6952	2.572	16	ACERO	1.06	2.3	Red Matriz
Tubería P-6955	5.883	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-7	532.044	12	PVC	0.72	1.57	Red Secundaria
Tubería P-9	38.821	12	PVC	0.03	0.07	Red Secundaria
Tubería P-10	1.907	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-13	1042.538	8	PVC	0.11	0.24	Red Secundaria
Tubería P-14	1.457	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-15	26.203	12	PVC	0.45	0.62	Red Secundaria
Tubería P-22	8.023	12	PVC	0.41	0.53	Red Secundaria
Tubería P-23	3.957	12	PVC	0.46	0.43	Red Secundaria
Tubería P-24	6.998	12	PVC	0.5	0.33	Red Secundaria
Tubería P-27	10.597	12	PVC	0.1	0.23	Red Secundaria
Tubería P-31	2.092	12	PVC	0.21	0.96	Red Secundaria
Tubería P-33	10.568	12	PVC	0.35	0.22	Red Secundaria
Tubería P-34	1.936	12	PVC	0.36	0.25	Red Secundaria
Tubería P-35	2.150	8	PVC	0.18	0.02	Red Secundaria
Tubería P-36	12.768	8	PVC	0.1	0.18	Red Secundaria
Tubería P-37	207.829	8	PVC	0.26	0.15	Red Secundaria
Tubería P-38	2.635	8	PVC	0.18	0.02	Red Secundaria
Tubería P-39	2.065	12	PVC	0.36	0.25	Red Secundaria
Tubería P-40	207.452	12	PVC	0.4	0.33	Red Secundaria
Tubería P-41	5.449	12	PVC	1.04	1.24	Red Secundaria
Tubería P-42	1.399	12	PVC	1.06	1.29	Red Secundaria
Tubería P-43	2.089	12	PVC	1.06	1.29	Red Secundaria
Tubería P-44	238.325	12	PVC	1.09	1.35	Red Secundaria
Tubería P-45	1.371	8	PVC	0.39	0.15	Red Secundaria
Tubería P-46	6.825	8	PVC	0.41	0.2	Red Secundaria
Tubería P-47	248.252	8	PVC	0.33	0.04	Red Secundaria
Tubería P-48	1.737	8	PVC	0.39	0.15	Red Secundaria
Tubería P-49	2.724	12	PVC	0.26	0.86	Red Secundaria
Tubería P-50	1.812	12	PVC	0.21	0.96	Red Secundaria
Tubería P-51	450.182	12	PVC	0.17	1.06	Red Secundaria
Tubería P-54	4.490	12	PVC	0.01	1.7	Red Secundaria
Tubería P-55	7.080	12	PVC	0.14	1.11	Red Secundaria
Tubería P-56	2.368	12	PVC	0.1	0.52	Red Secundaria
Tubería P-57	47.371	16	ACERO	0.58	2.49	Red Matriz
Tubería P-58	2.484	12	PVC	0	1.73	Red Secundaria
Tubería P-59	2.509	12	PVC	0	1.73	Red Secundaria
Tubería P-60	11.127	16	ACERO	1.24	1.7	Red Matriz

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-61	18.269	16	ACERO	1.24	1.7	Red Matriz
Tubería P-62	1083.432	8	PVC	0.1	0.22	Red Secundaria
Tubería P-66	177.802	8	PVC	0.37	0.79	Red Secundaria
Tubería P-67	229.492	8	PVC	0.32	0.68	Red Secundaria
Tubería P-68	56.668	8	PVC	0.24	0.52	Red Secundaria
Tubería P-70	3.131	12	PVC	0.08	0.17	Red Secundaria
Tubería P-72	2.723	12	PVC	0.08	0.17	Red Secundaria
Tubería P-73	357.237	12	PVC	0.04	0.09	Red Secundaria
Tubería P-74	3.057	8	PVC	0.49	1.07	Red Secundaria
Tubería P-77	2.888	12	PVC	0.21	0.46	Red Secundaria
Tubería P-78	136.763	12	PVC	0.19	0.41	Red Secundaria
Tubería P-79	1.739	12	PVC	0.21	0.46	Red Secundaria
Tubería P-80	142.648	16	ACERO	1.06	1.05	Red Matriz
Tubería P-82	1.489	8	PVC	0.49	1.07	Red Secundaria
Tubería P-83	146.950	8	PVC	0.44	0.96	Red Secundaria
Tubería P-84	31.297	8	PVC	0.76	1.64	Red Secundaria
Tubería P-87	11.412	12	PVC	0.28	0.6	Red Secundaria
Tubería P-88	3.506	8	PVC	0.55	1.19	Red Secundaria
Tubería P-90	3.153	8	PVC	0.55	1.19	Red Secundaria
Tubería P-91	420.535	8	PVC	0.42	0.9	Red Secundaria
Tubería P-92	409.020	12	PVC	0.21	0.45	Red Secundaria
Tubería P-93	12.958	12	PVC	0.28	0.6	Red Secundaria
Tubería P-100	8.682	27	ACERO	1.26	2.38	Red Matriz
Tubería P-102	33.448	27	ACERO	1.27	2.43	Red Matriz
Tubería P-103	7.162	12	PVC	0.57	1.24	Red Secundaria
Tubería P-104	18.970	12	PVC	0.57	1.24	Red Secundaria
Tubería P-105	21.889	8	PVC	0.17	0.36	Red Secundaria
Tubería P-109	6.793	27	ACERO	0.95	2.05	Red Matriz
Tubería P-110	265.042	27	ACERO	0.79	1.65	Red Matriz
Tubería P-113	2.159	12	PVC	0.38	0.99	Red Secundaria
Tubería P-114	19.469	12	PVC	0.42	1.09	Red Secundaria
Tubería P-115	3.034	12	PVC	0.3	0.83	Red Secundaria
Tubería P-116	1.547	12	PVC	0.26	0.73	Red Secundaria
Tubería P-117	4.351	12	PVC	0.77	2.03	Red Secundaria
Tubería P-118	9.938	12	PVC	0.77	2.03	Red Secundaria
Tubería P-119	9.815	16	ACERO	0.91	1.77	Red Matriz
Tubería P-120	14.000	16	ACERO	0.91	1.77	Red Matriz
Tubería P-122	276.355	8	PVC	0.08	0.17	Red Secundaria
Tubería P-127	1.334	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-128	18.994	8	PVC	0.1	0.23	Red Secundaria
Tubería P-129	1.749	8	PVC	0	0	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-131	1.109	16	ACERO	1.07	1.08	Red Matriz
Tubería P-132	15.729	16	ACERO	1.07	1.08	Red Matriz
Tubería P-133	2.355	8	PVC	0.15	0.34	Red Secundaria
Tubería P-135	1.935	12	PVC	0.08	0.17	Red Secundaria
Tubería P-137	3.132	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-138	4.902	8	PVC	0.08	0.17	Red Secundaria
Tubería P-139	481.123	8	PVC	0.18	0.4	Red Secundaria
Tubería P-140	3.877	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-143	3.611	12	PVC	0.02	0.05	Red Secundaria
Tubería P-144	3.082	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-145	3.738	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-146	484.414	12	PVC	0.08	0.18	Red Secundaria
Tubería P-147	733.237	12	PVC	0.43	0.4	Red Secundaria
Tubería P-148	3.362	12	PVC	0.47	0.47	Red Secundaria
Tubería P-150	1.915	12	PVC	0.06	0.12	Red Secundaria
Tubería P-151	4.828	12	PVC	1.16	1.5	Red Secundaria
Tubería P-152	207.049	12	PVC	1.13	1.44	Red Secundaria
Tubería P-153	2.705	8	PVC	0.16	0.34	Red Secundaria
Tubería P-154	200.605	8	PVC	0.24	0.18	Red Secundaria
Tubería P-155	27.442	16	ACERO	0.77	1.67	Red Matriz
Tubería P-157	41.586	12	PVC	1.01	2.18	Red Secundaria
Tubería P-159	7.463	12	PVC	1.08	2.33	Red Secundaria
Tubería P-160	5.260	12	PVC	1.12	2.43	Red Secundaria
Tubería P-161	5.922	12	PVC	1.12	2.43	Red Secundaria
Tubería P-162	2.362	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-163	624.879	12	PVC	0.05	0.1	Red Secundaria
Tubería P-164	13.448	12	PVC	0.02	0.05	Red Secundaria
Tubería P-165	1.576	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-166	1.983	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-172	730.199	12	PVC	0.03	0.07	Red Secundaria
Tubería P-173	4.405	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-174	731.828	8	PVC	0.08	0.17	Red Secundaria
Tubería P-175	3.848	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-176	1.670	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-177	457.587	12	PVC	0.03	0.07	Red Secundaria
Tubería P-178	2.945	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-179	748.369	12	PVC	0.01	0.02	Red Secundaria
Tubería P-180	3.602	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-181	749.071	8	PVC	0.01	0.02	Red Secundaria
Tubería P-182	732.943	12	PVC	0.11	0.23	Red Secundaria
Tubería P-183	31.310	12	PVC	0.04	0.09	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-185	6.574	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-187	24.145	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-188	29.616	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-190	456.527	8	PVC	0.16	0.35	Red Secundaria
Tubería P-191	15.278	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-192	19.998	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-193	451.664	12	PVC	0.07	0.15	Red Secundaria
Tubería P-194	897.332	12	PVC	0.02	0.05	Red Secundaria
Tubería P-195	7.373	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-196	404.268	16	ACERO	0.5	1.07	Red Matriz
Tubería P-197	3.170	16	ACERO	0.5	1.07	Red Matriz
Tubería P-198	8.361	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-199	22.315	12	PVC	0.63	1.28	Red Secundaria
Tubería P-201	1.478	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-202	1.569	8	PVC	0	0	Red Secundaria

Fuente: WSP; 2020

Los tramos proyectados presentan una longitud mayor a la establecida por la normatividad vigente de la EAAB para diseños detallados. Esto debido a que el alcance del producto 7 es de diseños conceptuales.

Se evidencia que las redes de acueducto proyectadas en la alternativa 1 cumplen con la normatividad vigente de la EAAB.

5.1.1.4 Accesorios alternativa 1

En la Tabla 15 se relacionan las válvulas de cierre temporal y permanente proyectadas en la alternativa 1.

Tabla 15 Válvulas de cierre temporal y permanente georreferenciadas Alternativa 1

VÁLVULAS	COORDENADAS		ESTADO
	X (m)	Y (m)	
TCV-125	103,017.11	123,695.31	Cerrada
TCV-127	103,057.62	123,698.72	Cerrada
TCV-128	104,106.35	121,370.77	Cerrada
TCV-133	101,960.23	119,528.56	Abierta
TCV-137	104,006.94	120,736.13	Abierta
TCV-138	102,074.45	120,409.45	Abierta
TCV-139	102,788.52	120,364.75	Abierta
TCV-140	102,819.78	120,362.73	Abierta
TCV-142	103,257.47	121,344.09	Abierta
TCV-143	102,182.88	121,375.26	Abierta
TCV-145	102,022.43	120,372.98	Cerrada

VÁLVULAS	COORDENADAS		ESTADO
	X (m)	Y (m)	
TCV-150	102,138.77	121,340.87	Abierta
TCV-151	102,155.14	121,375.01	Abierta
TCV-152	104,478.82	123,592.62	Cerrada
TCV-1	103,248.67	121,307.50	Abierta
TCV-2	103,280.21	121,306.51	Abierta
TCV-3	102,169.57	121,340.70	Abierta
TCV-5	103,720.11	119,014.67	Abierta
TCV-6	102,866.28	119,271.20	Abierta
TCV-7	102,844.95	119,277.91	Abierta
TCV-8	101,944.87	119,547.32	Abierta
TCV-9	101,895.70	119,539.06	Abierta
TCV-10	102,839.29	119,251.59	Cerrada
TCV-11	102,859.49	119,273.30	Abierta
TCV-12	102,062.34	120,372.32	Cerrada
TCV-13	103,347.29	121,796.32	Cerrada
TCV-14	102,599.56	121,954.25	Cerrada
TCV-15	102,629.89	121,946.91	Cerrada
TCV-16	103,916.96	120,263.88	Cerrada
TCV-17	102,832.71	120,305.41	Cerrada
TCV-18	102,793.99	120,305.41	Cerrada
TCV-19	102,726.83	118,727.83	Cerrada

Fuente: WSP; 2020

El estado de las válvulas se debe a circuitos hidráulicos y criterios de operación y mantenimiento del sistema de redes de acueducto proyectado.

En la Tabla 16 se relacionan las válvulas reductoras de presión proyectadas en la alternativa 1.

Tabla 16 Válvulas reductoras de presión georreferenciadas Alternativa 1

VÁLVULAS	COORDENADAS		PRESIÓN INICIAL (m.c.a)	ESTADO
	X (m)	Y (m)		
VRP-1	104,479.07	123,598.72	50	Activa
PRV-2	103,915.66	120,288.05	50	Activa
PRV-3	102,803.03	120,334.43	50	Activa
PRV-4	103,716.48	118,977.62	50	Activa
PRV-5	102,848.74	119,253.02	50	Activa
PRV-6	102,739.01	118,720.02	50	Activa
PRV-7	104,117.86	121,389.93	50	Activa

Fuente: WSP; 2020

Los diseños detallados de las válvulas reductoras de presión se realizarán en el producto 14 referente a la alternativa sugerida.

En el Anexo 1. “Memorias de Calculo”, 1.4 “Modelaciones Hidráulicas”, 1.4.1 “Alternativa 1”, se incluye el modelo hidráulico propuesto.

5.2 PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 2

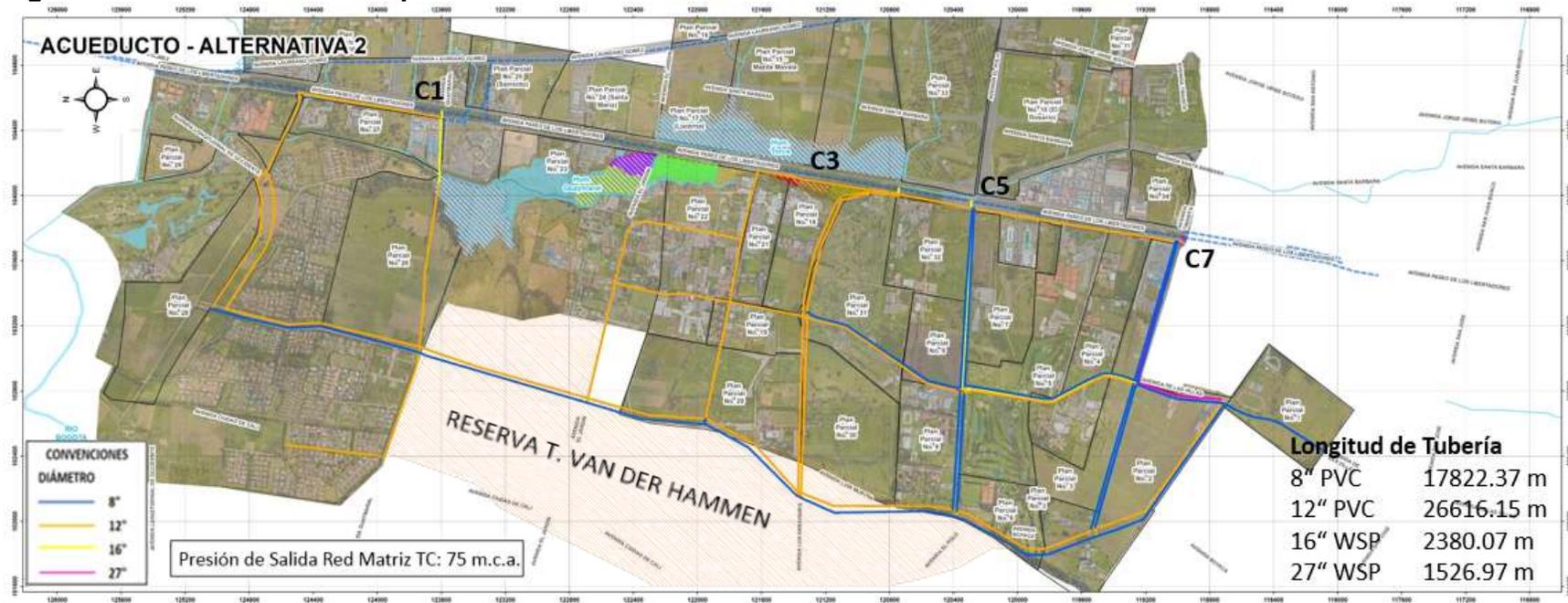
La alternativa No 2 se basa en el abastecimiento mediante cuatro (4) puntos de conexión a la Red Matriz Tibitoc – Casablanca de Ø72”. A continuación, se presentan los puntos seleccionados para la conexión de la Red Matriz.

- C1 Guaymaral Ø16”.
- C4 Escuela Colombiana de Ingeniería (Norte) Ø24”.
- C5 Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) Ø16”.
- C7 Makro (Calle 193) Ø27”.

Una vez seleccionados los puntos de conexión para el abastecimiento del Proyecto Torca, se hace necesario en la Alternativa 2 incluir siete (7) Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a la salida de cada punto o caja de la red matriz con el fin de garantizar las presiones máximas exigidas por la EAAB, los diámetros de estas válvulas son de Ø6” y están localizadas sobre las redes secundarias de Ø12”.

Esta alternativa corresponde a una longitud de 17822,37 metros en Ø8” PVC, 26616,15 metros en Ø12” PVC, 2380,07 metros en Ø16” Acero, 1526,97 metros Ø27” Acero. En la Figura 17 se presenta el planteamiento conceptual de la alternativa 2.

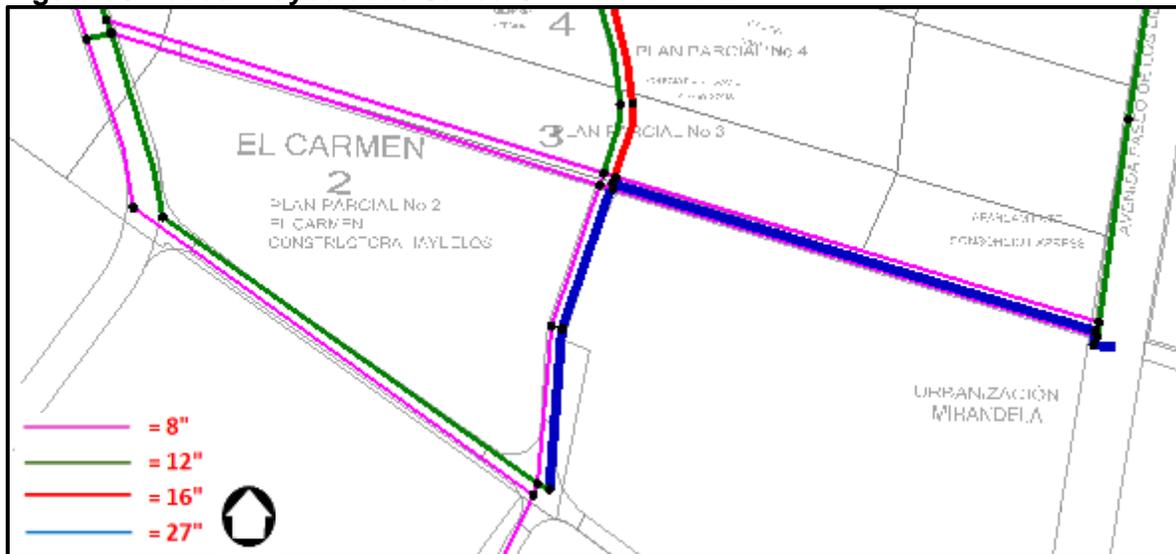
Figura 17 Planteamiento Conceptual Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

De la conexión C7 correspondiente a Makro (Calle 193) se proyecta una red matriz de Ø27" sobre la Calle 191 (Av. Tibabita) desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 55 (Av. Villas), y desde la Calle 191 hasta la Calle 183. De este punto se alimenta una red de Ø12" en PVC por el costado norte de la Calle 183 continuando hasta la AK 72 (Avenida Boyacá). De igual forma y para cerrar el anillo del sector, se proyectan redes de Ø8" por el costado sur de la Calle 183 y la Calle 191 (Av. Tibabita) entre AK 55 (Av. Villas) y AK 72 (Avenida Boyacá). De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. Es importante mencionar que con la proyección de la red matriz de Ø27" se contempla el abastecimiento del sector San José de Bavaria a un periodo de horizonte de crecimiento o redensificación. En la Figura 18 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

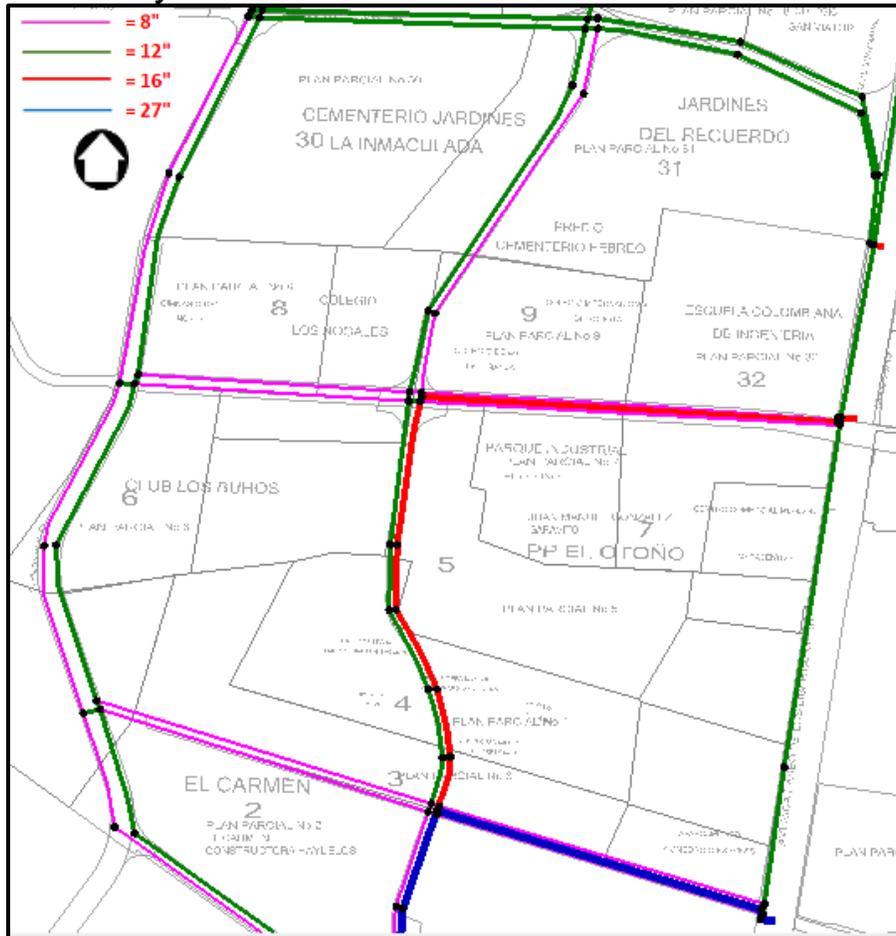
Figura 18 Redes Proyectadas Salida C7 Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

De la conexión C5 correspondiente a Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) se proyecta una red matriz de Ø16" sobre la AC 201 (Av. El Polo) desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 55 (Av. Villas), continuando por esta última hasta la Calle 191 (Av. Tibabita) y empatándose con la Red Matriz de Ø27" proyectada desde el punto C7. Por la AC 201 (Av. El Polo) se proyectan dos redes secundarias de Ø8" en PVC localizadas al costado sur y norte de la AC 201 (Av. El Polo), desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Avenida Boyacá), empatándose a la red proyectada de Ø12" en PVC sobre el costado oriental de la AK 72 (Avenida Boyacá). Adicionalmente se proyectan redes de Ø8" y Ø12" en PVC por el costado oriental y occidental de la AK 55 (Av. Villas) entre la AC 201 (Av. El Polo) y la Av. Arrayanes. Así mismo se proyecta una red de Ø12" en PVC sobre el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) en la cual se prolongará hasta la Av. Arrayanes. De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. En la Figura 19 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

Figura 19 Redes Proyectadas Salida C5 Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

De la conexión C4 correspondiente a la Escuela Colombiana de Ingeniería (Norte) se proyectan dos redes de Ø12" en PVC sobre el costado sur y norte de la Av. Arrayanes entre la AK 45 (Autopista Norte) y la AK 72 (Avenida Boyacá). De igual forma se realiza la prolongación de las redes de Ø8" y Ø12" en PVC por el costado oriental y occidental de la AK 55 (Av. Villas) respectivamente. Es importante mencionar que para la Alternativa 2 se proyectan redes de Ø8" y Ø12" en PVC por la AK 72 (Avenida Boyacá) por el corredor vial proyectado por la Avenida. Esto garantiza que en caso de que se presente un daño en la salida de la red matriz del sector hidráulico de El Bosque, se pueda abastecer dicho sector con la red de Ø12" PVC proyectada sobre la AK 72 (Avenida Boyacá). De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. En la Figura 20 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

Figura 20 Redes Proyectadas Salida C4 Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

De la conexión C1 correspondiente a Guaymaral, se proyecta la prolongación de la red de $\varnothing 12''$ en PVC sobre el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) hasta la Av. Longitudinal de Occidente. Así mismo se proyecta red de $\varnothing 12''$ en PVC sobre el costado norte de la Avenida Guaymaral desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Avenida Boyacá) cerrando el anillo con la red proyectada sobre la Av. Longitudinal de Occidente y el sector conocido como Hacienda San Simón. De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. En la Figura 21 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

Figura 21 Redes Proyectadas Salida C1 Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

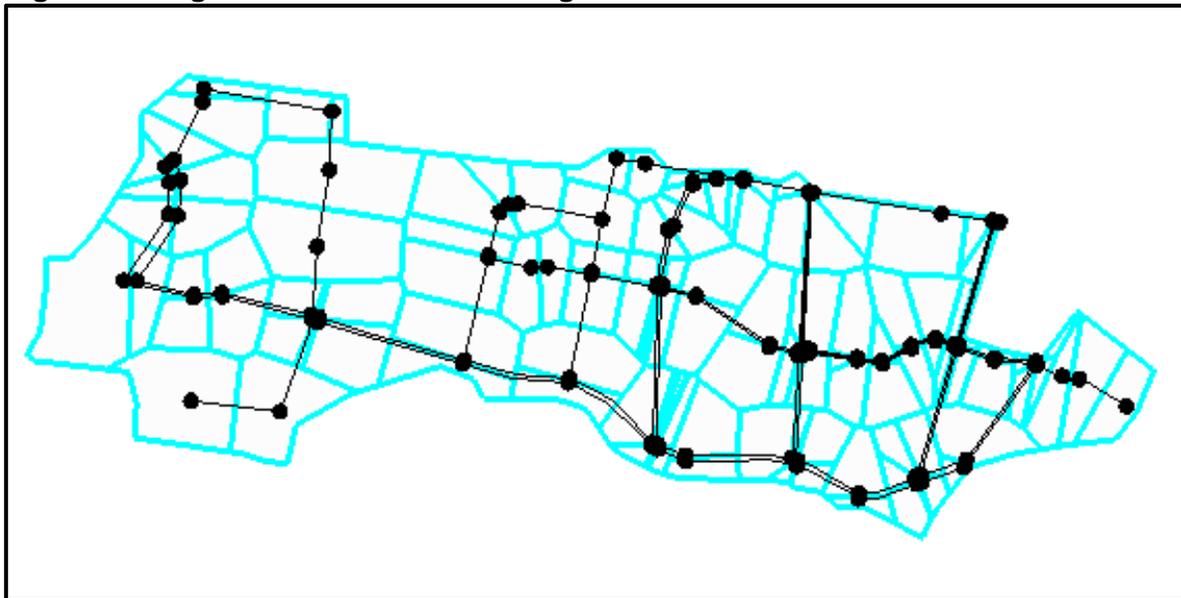
5.2.1 Modelación hidráulica de Alternativa 2

En la evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento, se evaluó el comportamiento hidráulico de las redes proyectadas para abastecer y suministrar agua al proyecto Lagos de Torca.

5.2.1.1 Asignación de demandas modelos hidráulico Alternativa 2

Una vez calculada la demanda total, fue necesario distribuir esta demanda entre los nodos del modelo. Para tal efecto se empleó el método de los polígonos de Thiessen, mediante el cual se asigna un área aferente a cada nodo del modelo, la cual está definida por el polígono limitado por las mediatrices entre cada nodo y sus nodos aledaños. En la Figura 22 se presentan los polígonos de thiessen y los nodos seleccionados para la alternativa 2.

Figura 22 Asignación de demandas Polígonos de Thiessen Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

Una vez se realiza la distribución de caudales por medio de la metodología de polígonos de Thiessen, en la Tabla 17 se relacionan los nodos con coordenadas y sus respectivas demandas.

Tabla 17 Cuadro de nodos georreferenciados con demandas Alternativa 2

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-1	104.072,29	123.615,49	12,57
J-2	103.056,15	123.693,35	1,71
J-3	103.016,60	123.693,95	2,09
J-4	104.001,23	120.748,84	1,15
J-5	103.999,81	120.742,36	1,11
J-6	104.007,64	120.740,61	1,19
J-7	103.995,93	120.743,15	2,19

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-8	104.009,42	120.751,06	2,19
J-9	104.006,49	120.734,09	3,19
J-10	102.170,75	121.342,50	1,11
J-11	102.139,97	121.342,90	2,19
J-12	102.137,83	121.338,63	6,19
J-13	102.169,08	121.338,86	12,19
J-14	103.249,01	121.308,86	1,01
J-15	103.248,20	121.305,47	16,19
J-16	103.280,50	121.307,85	1,09
J-17	103.279,84	121.304,81	1,19
J-18	104.007,25	120.737,92	1,19
J-19	103.921,25	120.292,05	2,19
J-20	103.915,40	120.285,55	2,69
J-21	103.919,86	120.285,11	1,80
J-22	102.836,42	120.329,65	6,20
J-24	102.907,53	119.413,60	3,03
J-25	102.858,06	119.579,22	3,20
J-26	102.751,09	119.784,03	2,20
J-27	102.771,87	119.955,40	3,20
J-28	103.720,51	119.017,36	2,02
J-29	102.845,44	119.279,58	3,20
J-30	102.859,82	119.274,36	1,92
J-31	102.866,65	119.272,64	3,20
J-32	101.897,93	119.534,98	7,92
J-33	101.895,37	119.541,12	4,92
J-34	101.933,20	119.554,49	5,92
J-39	103.715,82	118.970,49	1,87
J-42	102.852,91	119.251,77	3,93
J-43	102.839,36	119.255,92	3,93
J-44	102.846,08	119.274,57	3,93
J-45	102.838,41	119.253,42	3,93
J-46	102.727,18	118.729,36	3,21
J-47	102.840,99	119.251,18	3,43
J-48	102.156,00	121.377,36	3,19
J-49	102.183,77	121.377,17	3,19
J-50	102.023,48	120.375,93	2,93
J-51	102.021,12	120.369,33	9,21
J-52	102.063,22	120.375,28	1,93
J-53	102.061,24	120.368,75	12,21
J-54	102.074,98	120.412,77	7,93
J-55	103.258,01	121.345,93	1,21
J-56	102.789,28	120.367,80	6,21

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-57	102.820,04	120.365,43	4,21
J-58	102.628,37	121.950,17	2,21
J-59	102.597,43	121.958,69	2,20
J-60	102.802,40	120.286,69	3,20
J-61	102.829,36	120.287,43	3,20
J-62	103.916,71	120.261,85	1,47
J-9551	104.479,41	123.602,18	3,03
J-9552	104.631,45	124.487,87	3,03
J-9553	104.545,82	124.494,17	4,12
J-9555	104.000,28	124.648,02	11,90
J-9556	103.759,37	124.667,96	4,92
J-9557	103.303,97	124.949,67	2,73
J-9561	103.207,24	124.556,89	3,03
J-9562	103.219,27	124.363,70	4,92
J-9563	103.071,02	123.737,17	3,04
J-9564	103.541,57	123.701,86	14,18
J-9566	102.470,82	124.575,08	13,03
J-9567	102.755,32	122.683,01	2,53
J-9568	103.461,09	122.513,47	2,01
J-9569	103.779,89	122.437,25	3,01
J-9570	103.834,28	122.377,83	2,01
J-9571	103.839,31	122.306,32	2,11
J-9572	103.729,89	121.725,24	2,11
J-9575	102.182,14	121.371,87	3,50
J-9576	103.256,20	121.339,68	2,31
J-9577	103.659,48	121.266,41	3,10
J-9578	103.996,19	121.097,97	1,11
J-9579	104.018,87	120.930,00	2,01
J-9580	103.395,58	122.217,20	2,21
J-9581	103.347,62	121.798,28	2,11
J-9582	102.094,96	121.148,34	15,11
J-9583	102.073,81	120.403,24	7,84
J-9584	102.787,15	120.359,52	13,82
J-9585	102.846,88	120.567,52	8,12
J-9586	103.192,22	121.073,55	7,32
J-9587	101.830,86	119.944,36	10,84
J-9588	102.064,10	119.197,58	12,12
J-9589	102.726,50	118.726,16	16,84
J-9591	102.751,40	119.004,65	2,12
J-9592	102.838,00	119.251,93	5,84
J-9593	103.718,01	118.997,62	2,34
J-9594	103.771,80	119.370,90	1,34

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-9595	101.965,46	119.514,58	12,84
J-9596	102.752,58	119.954,95	2,12
J-9597	102.730,58	119.779,14	2,12
J-9598	102.836,20	119.576,39	3,12
J-9599	102.885,78	119.410,76	3,12
J-9600	104.151,04	121.623,01	1,11
J-9601	104.118,54	121.426,05	0,97
J-9602	102.642,99	118.531,72	3,92
J-9603	102.621,77	118.415,23	4,85
J-9604	102.434,19	118.086,25	7,85
J-9607	103.919,68	120.282,75	3,12
J-9608	103.918,16	120.270,34	1,12
J-9610	104.009,27	120.929,72	0,97
J-9612	102.398,09	123.957,84	3,93
J-9614	103.282,12	121.314,48	2,11
J-9615	104.144,93	124.693,61	2,95
J-9616	104.093,76	124.754,04	5,23
J-9619	103.986,61	124.724,46	3,85
J-9620	103.305,10	125.040,73	15,06
J-9622	102.742,16	119.779,89	1,85
J-9623	102.760,75	119.958,41	1,85
J-9624	102.859,56	119.247,18	3,03
J-9625	102.897,93	119.414,12	0,85
J-9626	103.972,73	121.093,37	0,97
J-9627	102.848,75	119.578,19	1,85
J-9628	103.204,10	121.070,24	1,13
J-9629	103.281,55	121.340,81	2,50
J-9630	103.188,52	124.555,03	3,34
J-9631	103.197,96	124.356,99	3,24
J-9632	102.818,98	120.356,17	6,13
J-9633	102.864,71	120.561,59	4,13
J-9634	103.764,02	124.731,42	4,15
J-9636	102.769,78	119.000,10	5,85
J-9637	103.481,54	122.508,91	0,97
J-9639	103.366,15	121.794,56	1,13
J-9640	103.684,20	121.227,45	3,42
J-9643	102.728,57	122.691,99	1,95
J-9645	103.055,28	123.690,45	2,03
J-9646	102.053,24	121.144,87	4,13
J-9647	102.154,48	121.371,54	0,97
J-9648	102.025,18	120.380,53	5,86
J-9649	101.793,00	119.944,27	8,86

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-9650	103.036,74	123.738,69	3,06
J-9651	102.011,94	119.214,58	9,13
J-9652	102.784,50	120.333,47	17,90
J-9653	102.064,25	120.378,74	7,86
J-9654	103.719,76	119.011,56	2,36
J-9655	102.865,31	119.268,30	3,13
J-9657	101.954,10	119.541,04	4,86
J-9658	103.017,56	123.696,69	1,66
J-9659	102.175,03	121.352,16	2,36
J-9660	103.250,14	121.314,19	3,04
J-9661	102.813,96	120.333,72	24,86
J-9662	102.844,01	119.275,18	3,86
J-9663	102.719,38	118.705,37	6,93
J-9664	103.915,97	120.290,51	1,87
J-9665	103.400,79	122.102,36	2,11
J-9667	104.009,56	120.746,68	0,97
J-9668	103.997,13	120.750,04	0,97
J-9671	102.855,06	119.258,21	3,87
J-9676	103.912,40	120.277,30	1,87
J-9677	102.814,56	120.346,90	2,50
J-9680	102.784,79	120.335,43	19,82
J-9681	101.908,05	119.505,36	9,89
J-9694	102.145,53	121.354,39	2,18
J-9696	104.478,84	123.596,16	1,91
Caudal Total			703,36

Fuente: WSP; 2020

Adicionalmente se contempló la demanda de caudal en condición de saturación de la redensificación del sector de San José de Bavaria, teniendo en cuenta lo estipulado en el número de Proyecto 32462 correspondiente al diseño detallado de redes de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial del sector de San José de Bavaria, elaborado por el consorcio San José. En la Tabla 18 se relaciona el nodo con coordenadas y su respectiva demanda correspondiente al sector San José de Bavaria.

Tabla 18 Cuadro de nodo georreferenciado con demanda Sector San José de Bavaria

CAUDAL MEDIO SAN JOSE DE BAVARIA P32462			
NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-9635	102,747.82	118,715.69	216.53

Fuente: WSP; 2020

Por lo anterior, en la Tabla 19 se presenta la demanda total de los modelos hidráulicos para el sector occidental.

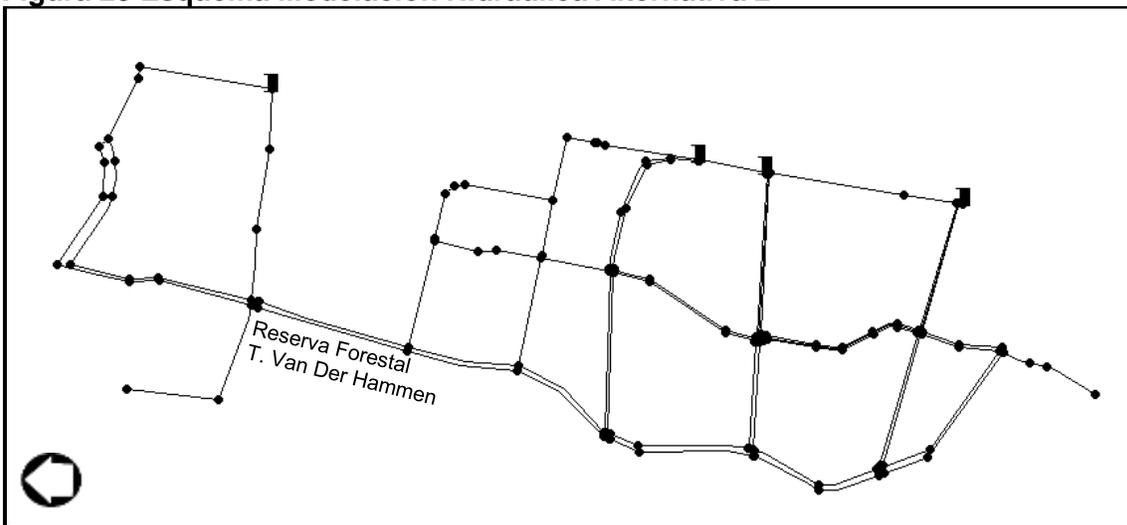
Tabla 19 Demanda total modelos hidráulicos sector occidental

SECTOR	Qmd (L/s)
Costado Occidental Lagos de Torca	703.36
San José de Bavaria	216.53
Caudal medio diario Total	919.89

Fuente: WSP; 2020

Una vez se asignaron las demandas en los nodos seleccionados, se procedió a realizar la evaluación hidráulica del sistema de acueducto. En la Figura 23 se presenta el esquema de la modelación hidráulica de la alternativa 2.

Figura 23 Esquema Modelación Hidráulica Alternativa 2

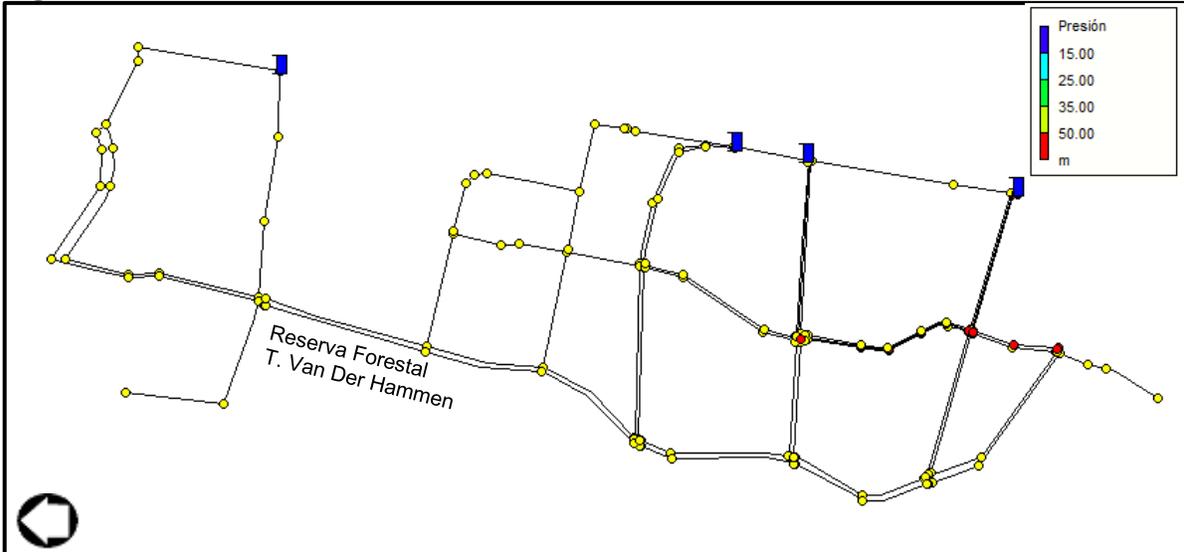


Fuente: WSP; 2020

Teniendo en cuenta el patrón de demanda unificado entre las dos consultorías (WSP&HVM) realizado con base en la información suministrada por la zona 1 de la EAAB. Se evidencia que la hora de mayor presión en el sistema es a las 3:00 horas, esto debido a la condición normal del sistema y consumo de la Ciudad. Por otra parte, la hora de mayor demanda y menor presión se presenta a las 10:00 horas. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, los análisis hidráulicos presentados en el informe corresponderán a esas dos horas. La Figura 24, Figura 25 y Figura 26 muestran los análisis hidráulicos de presión y velocidad a las 3:00 horas, mientras que la Figura 27, Figura 28 y Figura 29 lo hacen para las 10:00 horas.

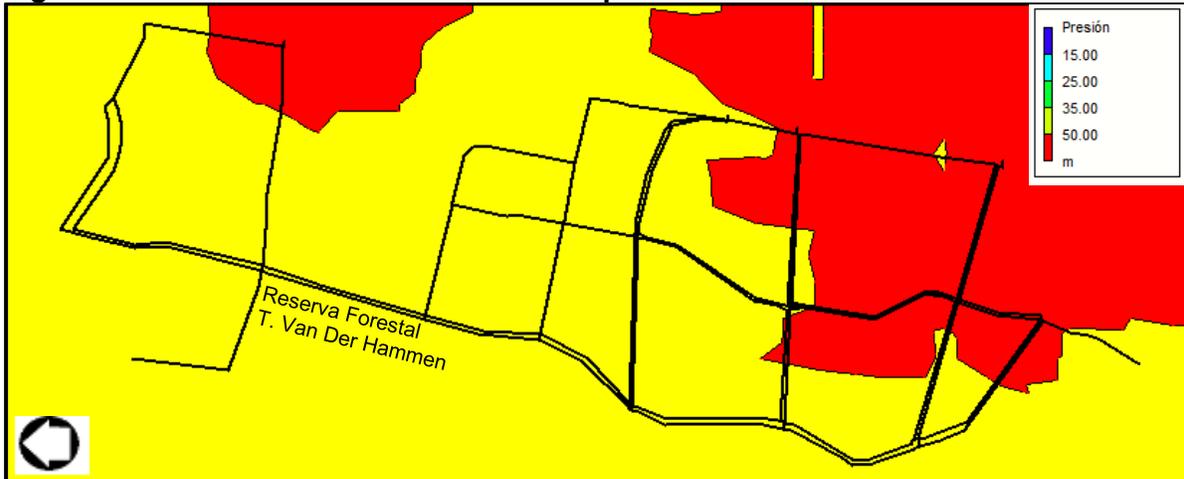
5.2.1.2 Evaluación hidráulica 3:00 horas

Figura 24 Escenario 3:00 Horas Presión Alternativa 2



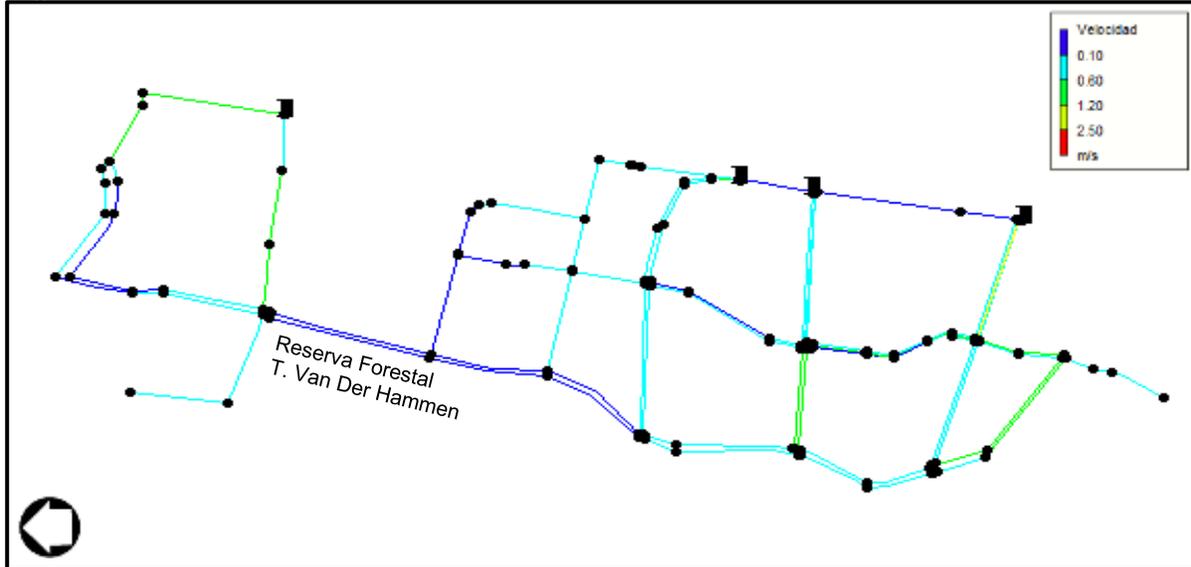
Fuente: WSP; 2020

Figura 25 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

Figura 26 Escenario 3:00 Horas Velocidades Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

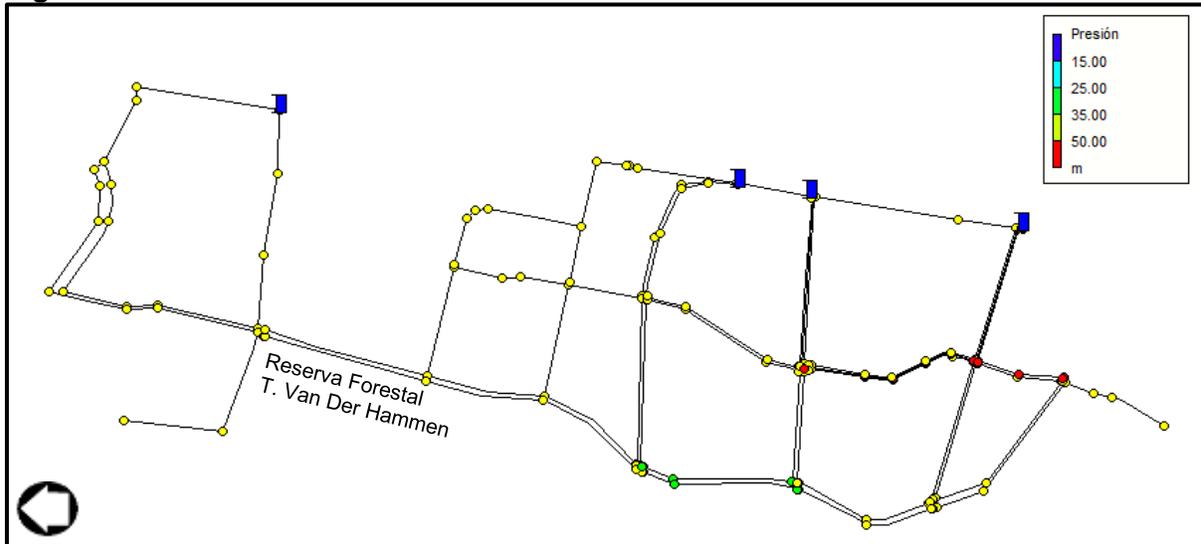
Para el escenario de las 3:00 horas se presentan presiones entre 41,55 m.c.a y 50 m.c.a en las redes proyectadas para el proyecto Torca, garantizando así que en la hora de mayor presión las redes proyectadas no tengan problemas de operación y todos los sectores hidráulicos proyectados funciones correctamente. Sin embargo, a las salidas de la red matriz Tibitoc-Casablanca y antes de las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) se presentan presiones entre los 50 m.c.a y 80 m.c.a., condición que es regulada posteriormente. De igual forma es importantes resaltar que la presión para las líneas matrices proyectadas de Ø16" y Ø27" varía entre 70 y 77.76 m.c.a. Esto debido a la condición hidráulica de la red matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72". Así mismo se proponen Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a las salidas de las redes matrices, pero no se propone regulación sobre las mismas, por normatividad de la EAAB.

Una vez analizados los modelos hidráulicos, se puede evidenciar que las velocidades de las redes secundarias no superan el valor de 2.50 m/s cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma se puede evidenciar que las velocidades de las redes matrices están por encima de 0.50 m/s y no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

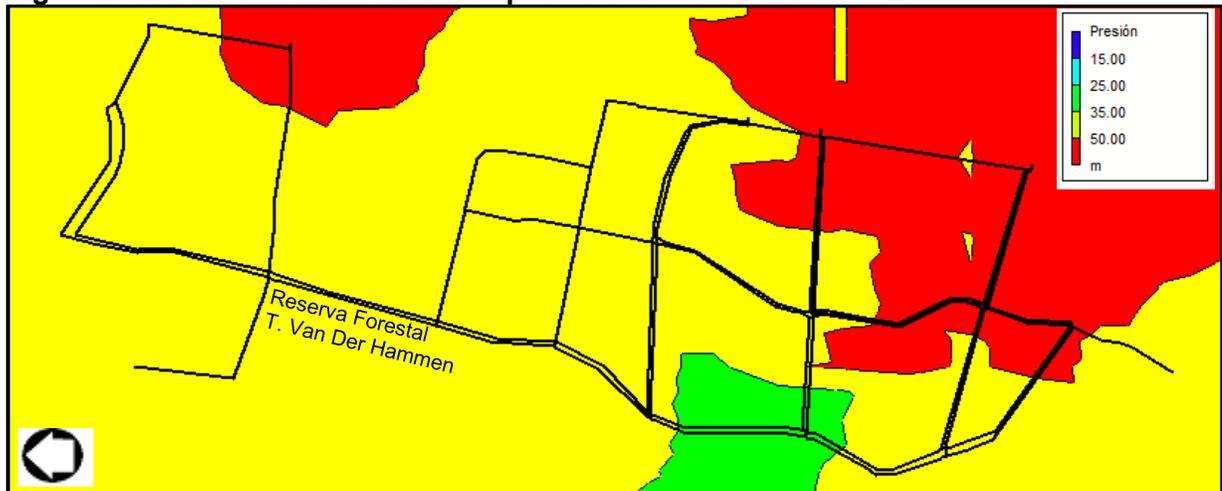
5.2.1.3 Evaluación hidráulica 10:00 horas

Figura 27 Escenario 10:00 Horas Presión Alternativa 2



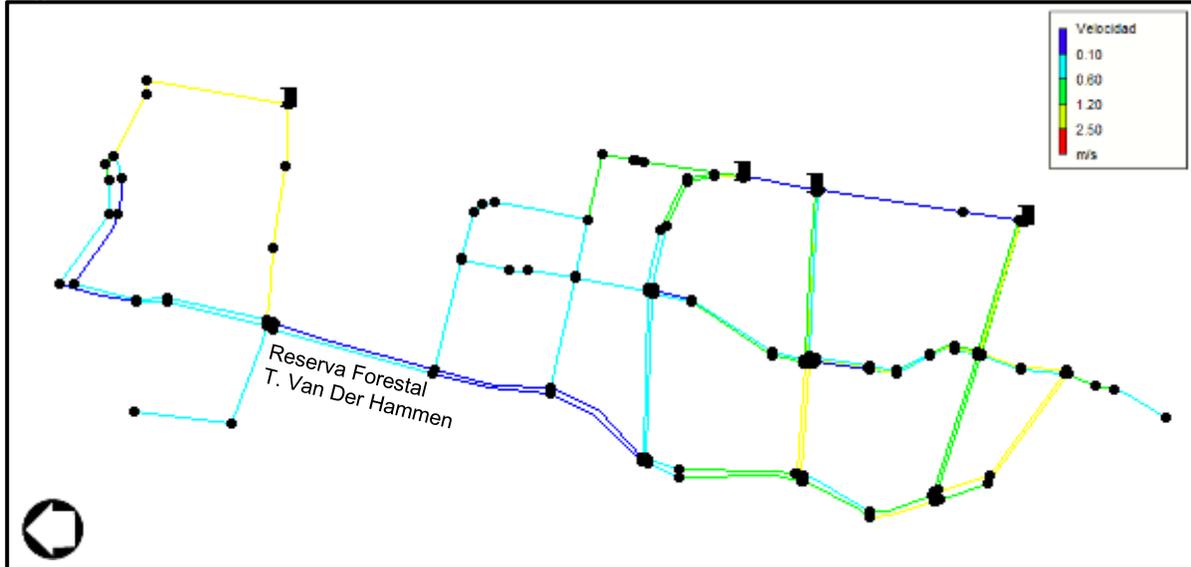
Fuente: WSP; 2020

Figura 28 Escenario 10:00 Horas Mapa de Contorno Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

Figura 29 Escenario 10:00 Horas Velocidades Alternativa 2



Fuente: WSP; 2020

Para el escenario de las 10:00 horas se evidencia que las presiones son estables en todos los sectores, los valores varían entre 26.17 m.c.a y 49,98 m.c.a en las redes proyectadas para el Proyecto Torca, garantizando así que en la hora de menor presión las redes proyectadas no presentan problemas de operación y se garantice el correcto funcionamiento de todos los sectores hidráulicos proyectados. Sin embargo, a las salidas de la red matriz Tibitoc-Casablanca y antes de las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) se presentan presiones entre los 50 m.c.a y 70 m.c.a., condición que es regulada posteriormente. De igual forma es importantes resaltar que la presión para las líneas matrices proyectadas de Ø16” y Ø27” varía entre 61.73 y 77.46 m.c.a. Esto debido a la condición hidráulica de la red matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72”. Así mismo, que se proponen Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a las salidas de las redes matrices, pero no se propone regulación sobre las mismas, por normatividad de la EAAB.

Una vez analizados los modelos hidráulicos, se puede evidenciar que las velocidades de las redes secundarias no superan el valor de 2.50 m/s cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma se puede evidenciar que las velocidades de las redes matrices están por encima de 0.50 m/s y no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

En la Tabla 20 se presenta el cuadro de nodos con los valores de presión a las 3:00 horas y 10:00 horas para la alternativa 2.

Tabla 20 Nodos georeferenciados con valores de presión Alternativa 2

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-14	103,249.01	121,308.86	41.67	39.86	Red Secundaria
J-16	103,280.50	121,307.85	41.58	39.79	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-17	103,279.84	121,304.81	42.29	36.3	Red Secundaria
J-55	103,258.01	121,345.93	41.58	39.76	Red Secundaria
J-9576	103,256.20	121,339.68	41.55	39.73	Red Secundaria
J-9614	103,282.12	121,314.48	41.56	39.76	Red Secundaria
J-9628	103,204.10	121,070.24	42.16	36.17	Red Secundaria
J-9629	103,281.55	121,340.81	41.56	39.75	Red Secundaria
J-9660	103,250.14	121,314.19	41.55	39.74	Red Secundaria
J-48	102,156.00	121,377.36	43.39	41.38	Red Secundaria
J-49	102,183.77	121,377.17	43.39	41.38	Red Secundaria
J-9575	102,182.14	121,371.87	43.38	41.38	Red Secundaria
J-9581	103,347.62	121,798.28	43.42	41.53	Red Secundaria
J-9633	102,864.71	120,561.59	43.18	37.28	Red Secundaria
J-9639	103,366.15	121,794.56	43.42	41.54	Red Secundaria
J-9647	102,154.48	121,371.54	43.38	41.37	Red Secundaria
J-9659	102,175.03	121,352.16	43.38	41.38	Red Secundaria
J-9694	102,145.53	121,354.39	43.38	41.37	Red Secundaria
J-3	103,016.60	123,693.95	44.34	42.21	Red Secundaria
J-10	102,170.75	121,342.50	43.57	41.57	Red Secundaria
J-11	102,139.97	121,342.90	43.62	41.61	Red Secundaria
J-12	102,137.83	121,338.63	44.42	26.29	Red Secundaria
J-13	102,169.08	121,338.86	44.57	27.09	Red Secundaria
J-50	102,023.48	120,375.93	44.64	28.25	Red Secundaria
J-52	102,063.22	120,375.28	44.65	28.29	Red Secundaria
J-57	102,820.04	120,365.43	43.67	37.94	Red Secundaria
J-58	102,628.37	121,950.17	44.13	42.13	Red Secundaria
J-59	102,597.43	121,958.69	44.13	42.12	Red Secundaria
J-9577	103,659.48	121,266.41	43.55	42.04	Red Secundaria
J-9582	102,094.96	121,148.34	44.32	26.9	Red Secundaria
J-9583	102,073.81	120,403.24	44.65	28.29	Red Secundaria
J-9632	102,818.98	120,356.17	43.75	38.03	Red Secundaria
J-9640	103,684.20	121,227.45	43.56	42.08	Red Secundaria
J-9645	103,055.28	123,690.45	44.37	42.34	Red Secundaria
J-9646	102,053.24	121,144.87	44.14	26.17	Red Secundaria
J-9648	102,025.18	120,380.53	44.64	28.25	Red Secundaria
J-9653	102,064.25	120,378.74	44.65	28.29	Red Secundaria
J-9665	103,400.79	122,102.36	44.5	42.56	Red Secundaria
J-22	102,836.42	120,329.65	45.22	44.34	Red Secundaria
J-54	102,074.98	120,412.77	44.85	28.47	Red Secundaria
J-9567	102,755.32	122,683.01	44.88	42.86	Red Secundaria
J-9578	103,996.19	121,097.97	44.66	43.54	Red Secundaria
J-9580	103,395.58	122,217.20	44.9	42.94	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-9626	103,972.73	121,093.37	44.66	43.52	Red Secundaria
J-9643	102,728.57	122,691.99	44.87	42.86	Red Secundaria
J-9552	104,631.45	124,487.87	45.16	40.72	Red Secundaria
J-9553	104,545.82	124,494.17	45.04	40.23	Red Secundaria
J-9555	104,000.28	124,648.02	45.01	38.46	Red Secundaria
J-9556	103,759.37	124,667.96	45.51	38.95	Red Secundaria
J-9566	102,470.82	124,575.08	45.38	38.42	Red Secundaria
J-9568	103,461.09	122,513.47	45.89	43.92	Red Secundaria
J-9569	103,779.89	122,437.25	46.39	44.44	Red Secundaria
J-9570	103,834.28	122,377.83	46.4	44.45	Red Secundaria
J-9571	103,839.31	122,306.32	46.4	44.47	Red Secundaria
J-9615	104,144.93	124,693.61	44.74	38.25	Red Secundaria
J-9616	104,093.76	124,754.04	44.7	38.1	Red Secundaria
J-9619	103,986.61	124,724.46	44.96	38.26	Red Secundaria
J-9634	103,764.02	124,731.42	45.42	38.56	Red Secundaria
J-9637	103,481.54	122,508.91	45.89	43.92	Red Secundaria
J-2	103,056.15	123,693.35	45.59	39.29	Red Secundaria
J-15	103,248.20	121,305.47	47.26	45.63	Red Secundaria
J-32	101,897.93	119,534.98	47.54	41.45	Red Secundaria
J-33	101,895.37	119,541.12	47.52	41.37	Red Secundaria
J-51	102,021.12	120,369.33	47.5	38.05	Red Secundaria
J-9557	103,303.97	124,949.67	46.01	39.46	Red Secundaria
J-9561	103,207.24	124,556.89	45.82	39.28	Red Secundaria
J-9562	103,219.27	124,363.70	45.73	39.22	Red Secundaria
J-9563	103,071.02	123,737.17	45.59	39.29	Red Secundaria
J-9564	103,541.57	123,701.86	46.64	42.12	Red Secundaria
J-9588	102,064.10	119,197.58	47.22	42.85	Red Secundaria
J-9612	102,398.09	123,957.84	45.45	38.71	Red Secundaria
J-9620	103,305.10	125,040.73	45.84	38.75	Red Secundaria
J-9630	103,188.52	124,555.03	45.64	38.55	Red Secundaria
J-9631	103,197.96	124,356.99	45.56	38.55	Red Secundaria
J-9650	103,036.74	123,738.69	45.58	39.22	Red Secundaria
J-9651	102,011.94	119,214.58	46.94	41.81	Red Secundaria
J-9658	103,017.56	123,696.69	45.58	39.22	Red Secundaria
J-5	103,999.81	120,742.36	47.79	47.75	Red Secundaria
J-6	104,007.64	120,740.61	47.79	47.73	Red Secundaria
J-7	103,995.93	120,743.15	47.79	47.72	Red Secundaria
J-8	104,009.42	120,751.06	47.78	47.71	Red Secundaria
J-9	104,006.49	120,734.09	47.99	47.97	Red Secundaria
J-18	104,007.25	120,737.92	47.79	47.73	Red Secundaria
J-24	102,907.53	119,413.60	48.29	44.42	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-25	102,858.06	119,579.22	48.15	43.81	Red Secundaria
J-26	102,751.09	119,784.03	48.54	43.87	Red Secundaria
J-27	102,771.87	119,955.40	48.49	43.67	Red Secundaria
J-31	102,866.65	119,272.64	48.48	45.21	Red Secundaria
J-34	101,933.20	119,554.49	47.71	42.2	Red Secundaria
J-46	102,727.18	118,729.36	48.44	48.11	Red Secundaria
J-47	102,840.99	119,251.18	48.49	45.27	Red Secundaria
J-53	102,061.24	120,368.75	48.53	42.45	Red Secundaria
J-9579	104,018.87	120,930.00	47.72	46.78	Red Secundaria
J-9586	103,192.22	121,073.55	48.04	46.53	Red Secundaria
J-9591	102,751.40	119,004.65	48.47	48.2	Red Secundaria
J-9595	101,965.46	119,514.58	47.73	42.27	Red Secundaria
J-9598	102,836.20	119,576.39	48.47	48.2	Red Secundaria
J-9610	104,009.27	120,929.72	47.71	46.76	Red Secundaria
J-9624	102,859.56	119,247.18	48.5	45.27	Red Secundaria
J-9649	101,793.00	119,944.27	47.76	39.11	Red Secundaria
J-9655	102,865.31	119,268.30	48.49	45.24	Red Secundaria
J-9657	101,954.10	119,541.04	47.72	42.25	Red Secundaria
J-9668	103,997.13	120,750.04	47.78	47.68	Red Secundaria
J-9681	101,908.05	119,505.36	47.7	42.13	Red Secundaria
J-1	104,072.29	123,615.49	48.8	47.68	Red Secundaria
J-29	102,845.44	119,279.58	48.5	48.32	Red Secundaria
J-44	102,846.08	119,274.57	48.5	48.33	Red Secundaria
J-61	102,829.36	120,287.43	49.38	44.49	Red Secundaria
J-62	103,916.71	120,261.85	48.68	48.6	Red Secundaria
J-9585	102,846.88	120,567.52	49.24	48.38	Red Secundaria
J-9587	101,830.86	119,944.36	48.57	42.65	Red Secundaria
J-9592	102,838.00	119,251.93	48.52	48.4	Red Secundaria
J-9594	103,771.80	119,370.90	49.48	49.41	Red Secundaria
J-9596	102,752.58	119,954.95	48.96	48.64	Red Secundaria
J-9597	102,730.58	119,779.14	48.96	48.66	Red Secundaria
J-9599	102,885.78	119,410.76	48.49	48.25	Red Secundaria
J-9602	102,642.99	118,531.72	49.15	48.03	Red Secundaria
J-9603	102,621.77	118,415.23	49.04	47.56	Red Secundaria
J-9604	102,434.19	118,086.25	49.39	47.44	Red Secundaria
J-9662	102,844.01	119,275.18	48.5	48.33	Red Secundaria
J-19	103,921.25	120,292.05	49.6	49.58	Red Secundaria
J-20	103,915.40	120,285.55	50	49.99	Red Secundaria
J-21	103,919.86	120,285.11	50	49.98	Red Secundaria
J-28	103,720.51	119,017.36	49.98	49.92	Red Secundaria
J-43	102,839.36	119,255.92	49.98	49.87	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-45	102,838.41	119,253.42	49.98	49.86	Red Secundaria
J-56	102,789.28	120,367.80	49.78	49.31	Red Secundaria
J-60	102,802.40	120,286.69	49.85	49.53	Red Secundaria
J-63	104,120.87	121,438.13	49.68	48.65	Red Secundaria
J-9551	104,479.41	123,602.18	49.99	49.96	Red Secundaria
J-9572	103,729.89	121,725.24	49.64	47.87	Red Secundaria
J-9584	102,787.15	120,359.52	49.87	49.41	Red Secundaria
J-9589	102,726.50	118,726.16	49.97	49.88	Red Secundaria
J-9593	103,718.01	118,997.62	49.98	49.93	Red Secundaria
J-9600	104,151.04	121,623.01	49.6	48.34	Red Secundaria
J-9601	104,118.54	121,426.05	49.68	48.67	Red Secundaria
J-9607	103,919.68	120,282.75	49.99	49.97	Red Secundaria
J-9608	103,918.16	120,270.34	49.99	49.97	Red Secundaria
J-9652	102,784.50	120,333.47	49.96	49.81	Red Secundaria
J-9654	103,719.76	119,011.56	49.98	49.92	Red Secundaria
J-9663	102,719.38	118,705.37	49.95	49.79	Red Secundaria
J-9680	102,784.79	120,335.43	49.96	49.82	Red Secundaria
J-9622	102,742.16	119,779.89	71.45	64.15	Red Matriz
J-9623	102,760.75	119,958.41	70.95	63.01	Red Matriz
J-9661	102,813.96	120,333.72	70.92	61.73	Red Matriz
J-9625	102,897.93	119,414.12	72.13	66.33	Red Matriz
J-9627	102,848.75	119,578.19	71.61	65.14	Red Matriz
J-9635	102,747.82	118,715.69	72.22	65.76	Red Matriz
J-9636	102,769.78	119,000.10	72.41	66.61	Red Matriz
J-9677	102,814.56	120,346.90	72.43	63.33	Red Matriz
J-30	102,859.82	119,274.36	73.89	68.66	Red Matriz
J-42	102,852.91	119,251.77	74.07	68.88	Red Matriz
J-9671	102,855.06	119,258.21	74.11	68.95	Red Matriz
J-39	103,715.82	118,970.49	74.79	74.62	Red Matriz
J-4	104,001.23	120,748.84	76.29	76.12	Red Matriz
J-9664	103,915.97	120,290.51	76.26	75.58	Red Matriz
J-9667	104,009.56	120,746.68	76.31	76.16	Red Matriz
J-9669	103,707.26	118,971.93	76.28	76.06	Red Matriz
J-9670	103,712.42	119,005.04	76.21	75.82	Red Matriz
J-9675	103,913.62	120,290.64	77.75	77.06	Red Matriz
J-9676	103,912.40	120,277.30	77.74	76.95	Red Matriz
J-9696	104,478.84	123,596.16	77.76	77.46	Red Matriz

Fuente: WSP; 2020

Teniendo en cuenta la información presentada anteriormente, se puede evidenciar que de las tres (3) alternativas evaluadas, esta es la que mayor diferencia presenta entre las dos horas de mayor y menor consumo, esto se debe a las restricciones que se presentan en el

sistema, el cual no permite que se cierren los anillos hidráulicos de todos los sectores, condición que reduce la presión en el sistema. Sin embargo, las presiones están dentro del rango establecido por la normatividad de la EAAB y se garantiza un correcto funcionamiento hidráulico del sistema de redes de acueducto

Teniendo en cuenta la información presentada anteriormente, se puede evidenciar que las diferencias presentadas entre las dos horas de mayor y menor consumo no son representativas y que el sistema de redes de acueducto se encuentra estable en valores de presiones.

Los nodos que presentan valores mayores a 50 m.c.a son los correspondientes a las redes matrices proyectadas. Se evidencia que ningún nodo supera los 80 m.c.a. cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

En la Tabla 21 se presenta el cuadro de tramos con los valores de velocidad a las 3:00 horas y 10:00 horas para la alternativa 2.

Tabla 21 Tramos con características de tuberías y valores de velocidad Alternativa 2

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-6621	898,647	12	PVC	0,69	1,5	Red Secundaria
Tubería P-6622	85,859	12	PVC	0,65	1,42	Red Secundaria
Tubería P-6623	447,760	12	PVC	0,6	1,3	Red Secundaria
Tubería P-6624	152,435	12	PVC	0,2	0,43	Red Secundaria
Tubería P-6625	243,781	12	PVC	0,04	0,09	Red Secundaria
Tubería P-6626	537,593	12	PVC	0,02	0,05	Red Secundaria
Tubería P-6629	404,520	12	PVC	0,06	0,13	Red Secundaria
Tubería P-6631	193,558	12	PVC	0,1	0,21	Red Secundaria
Tubería P-6632	643,838	12	PVC	0,16	0,35	Red Secundaria
Tubería P-6635	472,013	12	PVC	0,6	1,31	Red Secundaria
Tubería P-6638	621,504	12	PVC	0,17	0,37	Red Secundaria
Tubería P-6639	725,845	12	PVC	0,07	0,15	Red Secundaria
Tubería P-6641	80,552	12	PVC	0,09	0,2	Red Secundaria
Tubería P-6642	71,683	12	PVC	0,12	0,26	Red Secundaria
Tubería P-6643	591,440	12	PVC	0,15	0,32	Red Secundaria
Tubería P-6647	1074,535	12	PVC	0,12	0,26	Red Secundaria
Tubería P-6649	378,366	12	PVC	0,3	0,65	Red Secundaria
Tubería P-6652	303,429	12	PVC	0,06	0,12	Red Secundaria
Tubería P-6657	714,682	8	PVC	1,15	2,48	Red Secundaria
Tubería P-6660	612,637	12	PVC	0,31	0,67	Red Secundaria
Tubería P-6667	262,000	8	PVC	0,17	0,37	Red Secundaria
Tubería P-6673	333,886	12	PVC	0,69	1,28	Red Secundaria
Tubería P-6674	912,692	8	PVC	0,39	1,16	Red Secundaria
Tubería P-6676	177,541	12	PVC	0,07	0,15	Red Secundaria
Tubería P-6677	228,614	12	PVC	0,1	0,21	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-6678	177,892	12	PVC	0,14	0,3	Red Secundaria
Tubería P-6680	433,383	12	PVC	0,33	0,71	Red Secundaria
Tubería P-6684	118,403	8	PVC	0,41	0,88	Red Secundaria
Tubería P-6685	379,892	8	PVC	0,25	0,54	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-1	9,598	12	PVC	0,33	0,72	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-9	79,192	12	PVC	0,36	0,79	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-10	111,158	12	PVC	0,3	0,64	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-24	180,091	16	ACERO	1,02	1,55	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-2	167,684	12	PVC	0,32	0,69	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-22	174,561	16	ACERO	1,05	1,61	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-38	198,259	8	PVC	0,13	0,27	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-11	222,700	12	PVC	0,24	0,53	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-23	228,131	16	ACERO	1,04	1,58	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-19	285,260	27	ACERO	0,75	1,59	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-3	318,155	12	PVC	0,31	0,67	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-42	768,166	8	PVC	0,33	0,71	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-12	553,420	12	PVC	0,19	0,41	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-39	638,978	8	PVC	0,23	0,5	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-27	611,484	8	PVC	0,07	0,16	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-35	721,681	8	PVC	1,15	2,5	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-7	892,190	8	PVC	0,44	0,96	Red Secundaria
Tubería P-6687	28,213	12	PVC	0,04	0,1	Red Secundaria
Tubería P-6689	1051,485	12	PVC	0,03	0,06	Red Secundaria
Tubería P-6693	34,316	12	PVC	0,38	0,82	Red Secundaria
Tubería P-6694	676,132	12	PVC	0,22	0,48	Red Secundaria
Tubería P-6695	46,172	8	PVC	0,05	0,11	Red Secundaria
Tubería P-6699	20,956	12	PVC	0,02	0,03	Red Secundaria
Tubería P-6703	25,382	12	PVC	0,23	0,49	Red Secundaria
Tubería P-6704	385,799	12	PVC	0,26	0,56	Red Secundaria
Tubería P-6707	31,979	12	PVC	0,22	0,48	Red Secundaria
Tubería P-6708	1075,784	12	PVC	0,12	0,26	Red Secundaria
Tubería P-6709	412,141	12	PVC	0,26	0,57	Red Secundaria
Tubería P-6714	379,161	16	ACERO	1,01	1,52	Red Matriz
Tubería P-6719	893,997	8	PVC	0,44	0,95	Red Secundaria
Tubería P-6723	928,772	8	PVC	0,38	1,14	Red Secundaria
Tubería P-6726	189,971	8	PVC	0,53	1,15	Red Secundaria
Tubería P-6728	871,638	8	PVC	0,65	1,27	Red Secundaria
Tubería P-6729	14,047	12	PVC	0,28	0,6	Red Secundaria
Tubería P-6735	1103,183	8	PVC	0,54	1,16	Red Secundaria
Tubería P-6737	26,297	12	PVC	0,09	0,2	Red Secundaria
Tubería P-6739	169,498	12	PVC	0,32	0,68	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-6743	115,450	12	PVC	0,09	0,19	Red Secundaria
Tubería P-6744	308,696	12	PVC	0,11	0,25	Red Secundaria
Tubería P-6745	20,951	12	PVC	0,04	0,09	Red Secundaria
Tubería P-6746	306,842	12	PVC	0,05	0,11	Red Secundaria
Tubería P-6750	499,628	8	PVC	0,02	0,04	Red Secundaria
Tubería P-6760	181,262	12	PVC	0,68	1,46	Red Secundaria
Tubería P-6766	33,513	27	ACERO	1,23	2,47	Red Matriz
Tubería P-6767	893,964	27	ACERO	1,23	2,47	Red Matriz
Tubería P-6774	12,497	12	PVC	0,1	0,21	Red Secundaria
Tubería P-6777	2,362	16	ACERO	0,53	1,82	Red Matriz
Tubería P-6778	13,388	16	ACERO	0,53	1,82	Red Matriz
Tubería P-6779	1100,045	16	ACERO	0,52	1,78	Red Matriz
Tubería P-6781	13,190	16	ACERO	0,5	1,74	Red Matriz
Tubería P-6822	813,026	12	PVC	0,84	1,62	Red Secundaria
Tubería P-6824	1,447	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-6828	1,125	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-6829	35,639	16	ACERO	1,06	2,28	Red Matriz
Tubería P-6841	13,578	12	PVC	0,29	0,49	Red Secundaria
Tubería P-6842	15,243	12	PVC	0,29	0,49	Red Secundaria
Tubería P-6846	308,925	8	PVC	0,36	0,64	Red Secundaria
Tubería P-6858	6,247	12	PVC	0,46	1	Red Secundaria
Tubería P-6859	5,405	12	PVC	0,5	1,08	Red Secundaria
Tubería P-6861	6,612	8	PVC	0,34	0,74	Red Secundaria
Tubería P-6871	4,588	12	PVC	0,13	0,28	Red Secundaria
Tubería P-6873	3,602	12	PVC	0,03	0,07	Red Secundaria
Tubería P-6878	27,668	12	PVC	0,06	0,12	Red Secundaria
Tubería P-6880	24,207	12	PVC	1,15	2,49	Red Secundaria
Tubería P-6882	39,103	12	PVC	0,25	0,54	Red Secundaria
Tubería P-6883	1,986	12	PVC	0,71	1,53	Red Secundaria
Tubería P-6887	58,147	12	PVC	0,39	0,9	Red Secundaria
Tubería P-6896	56,610	12	PVC	0,35	0,77	Red Secundaria
Tubería P-6927	19,344	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-6928	29,577	12	PVC	0,06	0,12	Red Secundaria
Tubería P-6932	370,284	12	PVC	0,15	0,33	Red Secundaria
Tubería P-6933	18,905	12	PVC	0,14	0,3	Red Secundaria
Tubería P-6941	3,661	8	PVC	0,11	0,23	Red Secundaria
Tubería P-6944	187,326	12	PVC	0,34	0,74	Red Secundaria
Tubería P-6945	12,308	12	PVC	0,34	0,74	Red Secundaria
Tubería P-6951	3,472	16	ACERO	1,04	2,25	Red Matriz
Tubería P-6952	2,572	16	ACERO	1,04	2,25	Red Matriz
Tubería P-7	537,704	12	PVC	0,79	1,71	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-8	407,435	16	ACERO	0,59	1,27	Red Matriz
Tubería P-9	46,275	12	PVC	0,02	0,05	Red Secundaria
Tubería P-10	1,907	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-13	1042,538	8	PVC	0,07	0,14	Red Secundaria
Tubería P-14	1,457	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-15	26,203	12	PVC	0,05	0,11	Red Secundaria
Tubería P-17	8,606	16	ACERO	0,71	1,55	Red Matriz
Tubería P-22	8,023	12	PVC	0,41	0,9	Red Secundaria
Tubería P-23	3,957	12	PVC	0,72	1,55	Red Secundaria
Tubería P-24	6,998	12	PVC	0,69	1,49	Red Secundaria
Tubería P-25	627,239	12	PVC	0,35	0,77	Red Secundaria
Tubería P-27	10,597	12	PVC	0,38	0,83	Red Secundaria
Tubería P-28	29,429	16	ACERO	0,72	1,56	Red Matriz
Tubería P-29	3,285	12	PVC	1,15	2,48	Red Secundaria
Tubería P-30	3,357	12	PVC	1,15	2,48	Red Secundaria
Tubería P-31	2,092	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-33	10,568	12	PVC	0,01	0,03	Red Secundaria
Tubería P-34	1,936	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-35	2,150	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-36	12,768	8	PVC	0,07	0,15	Red Secundaria
Tubería P-37	211,420	8	PVC	0,2	0,43	Red Secundaria
Tubería P-38	2,635	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-39	2,065	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-40	204,437	12	PVC	0,16	0,35	Red Secundaria
Tubería P-41	5,449	12	PVC	0,01	0,03	Red Secundaria
Tubería P-42	1,399	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-43	2,089	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-44	238,577	12	PVC	0,21	0,46	Red Secundaria
Tubería P-45	1,371	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-46	6,825	8	PVC	0,03	0,08	Red Secundaria
Tubería P-47	248,532	8	PVC	0,04	0,08	Red Secundaria
Tubería P-48	1,737	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-49	2,724	12	PVC	0,02	0,03	Red Secundaria
Tubería P-50	1,812	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-51	450,182	12	PVC	0,04	0,09	Red Secundaria
Tubería P-54	4,490	12	PVC	0,45	0,98	Red Secundaria
Tubería P-55	7,080	12	PVC	0,07	0,15	Red Secundaria
Tubería P-56	2,368	12	PVC	0,36	0,77	Red Secundaria
Tubería P-57	47,371	16	ACERO	0,85	2,5	Red Matriz
Tubería P-58	2,484	12	PVC	0,49	1,05	Red Secundaria
Tubería P-59	2,509	12	PVC	0,49	1,05	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-60	10,956	16	ACERO	1,07	2,31	Red Matriz
Tubería P-61	18,269	16	ACERO	1,07	2,31	Red Matriz
Tubería P-62	1083,369	8	PVC	0,2	0,43	Red Secundaria
Tubería P-66	176,122	8	PVC	0,38	0,82	Red Secundaria
Tubería P-67	231,064	8	PVC	0,27	0,59	Red Secundaria
Tubería P-68	173,302	8	PVC	0,2	0,44	Red Secundaria
Tubería P-70	3,131	12	PVC	0,06	0,14	Red Secundaria
Tubería P-72	2,723	12	PVC	0,06	0,14	Red Secundaria
Tubería P-73	357,237	12	PVC	0,04	0,08	Red Secundaria
Tubería P-74	3,057	8	PVC	0,58	1,25	Red Secundaria
Tubería P-77	2,888	12	PVC	0,22	0,48	Red Secundaria
Tubería P-78	137,392	12	PVC	0,18	0,39	Red Secundaria
Tubería P-79	1,739	12	PVC	0,22	0,48	Red Secundaria
Tubería P-80	144,866	16	ACERO	1,06	1,63	Red Matriz
Tubería P-82	1,489	8	PVC	0,58	1,25	Red Secundaria
Tubería P-83	147,024	8	PVC	0,47	1,03	Red Secundaria
Tubería P-84	31,297	8	PVC	0,99	2,14	Red Secundaria
Tubería P-87	11,656	12	PVC	0,38	0,82	Red Secundaria
Tubería P-88	3,506	8	PVC	0,74	1,59	Red Secundaria
Tubería P-90	3,153	8	PVC	0,74	1,59	Red Secundaria
Tubería P-91	420,900	8	PVC	0,58	1,25	Red Secundaria
Tubería P-92	408,542	12	PVC	0,3	0,66	Red Secundaria
Tubería P-93	13,202	12	PVC	0,38	0,82	Red Secundaria
Tubería P-100	8,682	27	ACERO	1,23	2,47	Red Matriz
Tubería P-102	33,448	27	ACERO	1,22	2,46	Red Matriz
Tubería P-103	7,162	12	PVC	0,49	1,06	Red Secundaria
Tubería P-104	20,052	12	PVC	0,49	1,06	Red Secundaria
Tubería P-105	21,889	8	PVC	0,23	0,51	Red Secundaria
Tubería P-109	6,793	27	ACERO	0,92	2	Red Matriz
Tubería P-110	265,042	27	ACERO	0,77	1,61	Red Matriz
Tubería P-113	2,159	12	PVC	0,43	1,06	Red Secundaria
Tubería P-114	19,823	12	PVC	0,48	1,17	Red Secundaria
Tubería P-115	2,679	12	PVC	0,36	0,9	Red Secundaria
Tubería P-116	1,547	12	PVC	0,3	0,79	Red Secundaria
Tubería P-117	4,351	12	PVC	0,89	2,19	Red Secundaria
Tubería P-118	9,820	12	PVC	0,89	2,19	Red Secundaria
Tubería P-119	9,815	16	ACERO	1,01	2,03	Red Matriz
Tubería P-120	13,937	16	ACERO	1,01	2,03	Red Matriz
Tubería P-122	276,355	8	PVC	0,1	0,22	Red Secundaria
Tubería P-127	1,334	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-128	18,994	8	PVC	0,11	0,24	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-129	1,749	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-131	1,109	16	ACERO	1,08	1,66	Red Matriz
Tubería P-132	15,729	16	ACERO	1,08	1,66	Red Matriz
Tubería P-133	2,355	8	PVC	0,11	0,23	Red Secundaria
Tubería P-135	1,935	12	PVC	0,03	0,07	Red Secundaria
Tubería P-137	3,132	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-138	4,902	8	PVC	0,09	0,2	Red Secundaria
Tubería P-139	483,702	8	PVC	0,29	0,64	Red Secundaria
Tubería P-140	3,877	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-143	3,611	12	PVC	0,03	0,05	Red Secundaria
Tubería P-144	3,082	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-145	3,738	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-146	484,892	12	PVC	0,16	0,35	Red Secundaria
Tubería P-147	736,725	12	PVC	0,36	0,78	Red Secundaria
Tubería P-148	3,362	12	PVC	0,46	1	Red Secundaria
Tubería P-149	461,239	12	PVC	0,11	0,24	Red Secundaria
Tubería P-150	1,915	12	PVC	0,13	0,28	Red Secundaria
Tubería P-151	3,144	12	PVC	0,5	1,08	Red Secundaria
Tubería P-152	208,726	12	PVC	0,42	0,9	Red Secundaria
Tubería P-153	2,705	8	PVC	0,34	0,74	Red Secundaria
Tubería P-154	201,599	8	PVC	0,21	0,45	Red Secundaria
Tubería P-155	738,097	12	PVC	0,01	0,02	Red Secundaria
Tubería P-156	747,555	12	PVC	0,03	0,07	Red Secundaria
Tubería P-157	735,108	12	PVC	0,11	0,24	Red Secundaria
Tubería P-158	738,297	8	PVC	0,01	0,01	Red Secundaria
Tubería P-159	748,840	8	PVC	0,02	0,04	Red Secundaria
Tubería P-160	32,092	8	PVC	0,09	0,18	Red Secundaria
Tubería P-162	26,126	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-163	29,016	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-165	21,079	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-166	335,766	12	PVC	0,04	0,09	Red Secundaria
Tubería P-167	336,971	8	PVC	0,1	0,22	Red Secundaria
Tubería P-168	16,681	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-170	4,636	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-171	902,656	12	PVC	0,02	0,04	Red Secundaria
Tubería P-172	3,985	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-173	22,089	12	PVC	0,58	1,19	Red Secundaria
Tubería P-175	1,591	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-176	1,683	8	PVC	0	0	Red Secundaria

Fuente: WSP; 2020

Los tramos proyectados presentan una longitud mayor a la establecida por la normatividad vigente de la EAAB para diseños detallados. Esto debido a que el alcance del producto 7 es de diseños conceptuales.

Se evidencia que las redes de acueducto proyectadas en la alternativa 2 cumplen con la normatividad vigente de la EAAB.

5.2.1.4 Accesorios alternativa 2

En la Tabla 22 se relacionan las válvulas de cierre temporal y permanente proyectadas en la alternativa 2.

Tabla 22 Válvulas de cierre temporal y permanente georreferenciadas Alternativa 2

VÁLVULAS	COORDENADAS		ESTADO
	X (m)	Y (m)	
TCV-125	103,017.11	123,695.31	Cerrada
TCV-127	103,055.71	123,691.49	Cerrada
TCV-133	101,960.05	119,528.83	Abierta
TCV-137	104,006.94	120,736.13	Cerrada
TCV-138	102,074.45	120,409.45	Abierta
TCV-139	102,788.52	120,364.75	Abierta
TCV-140	102,819.78	120,362.73	Abierta
TCV-142	103,257.47	121,344.09	Abierta
TCV-143	102,183.25	121,375.30	Abierta
TCV-145	102,022.43	120,372.98	Cerrada
TCV-150	102,139.14	121,340.91	Cerrada
TCV-151	102,155.52	121,375.05	Abierta
TCV-1	103,248.67	121,307.50	Cerrada
TCV-2	103,280.21	121,306.51	Cerrada
TCV-3	102,169.94	121,340.74	Cerrada
TCV-5	103,720.11	119,014.67	Abierta
TCV-6	102,866.28	119,271.20	Abierta
TCV-7	102,844.95	119,277.91	Abierta
TCV-8	101,944.28	119,547.32	Abierta
TCV-9	101,896.60	119,538.22	Abierta
TCV-10	102,839.29	119,251.59	Cerrada
TCV-11	102,859.49	119,273.30	Abierta
TCV-12	102,062.34	120,372.32	Cerrada
TCV-13	102,831.98	120,303.91	Cerrada
TCV-14	102,795.29	120,306.53	Cerrada
TCV-15	103,917.40	120,265.77	Cerrada
TCV-16	102,726.82	118,727.72	Cerrada

Fuente: WSP; 2020

El estado de las válvulas se debe a circuitos hidráulicos y criterios de operación y mantenimiento del sistema de redes de acueducto proyectado.

En la Tabla 23 se relacionan las válvulas reductoras de presión proyectadas en la alternativa 2.

Tabla 23 Válvulas reductoras de presión georreferenciadas Alternativa 2

VÁLVULAS	COORDENADAS		PRESIÓN INICIAL (m.c.a)	ESTADO
	X (m)	Y (m)		
VRP-1	104,479.07	123,598.72	50	Activa
PRV-1	104,000.48	120,745.64	50	Activa
PRV-2	103,915.66	120,288.05	50	Activa
PRV-3	102,803.03	120,334.43	50	Activa
PRV-4	103,716.48	118,977.62	50	Activa
PRV-5	102,848.74	119,253.02	50	Activa
PRV-6	102,739.01	118,720.02	50	Activa

Fuente: WSP; 2020

En el Anexo 1. “Memorias de Calculo”, 1.4 “Modelaciones Hidráulicas”, 1.4.2 “Alternativa 2”, se incluye el modelo hidráulico propuesto.

5.3 PLANTEAMIENTO CONCEPTUAL ALTERNATIVA 3

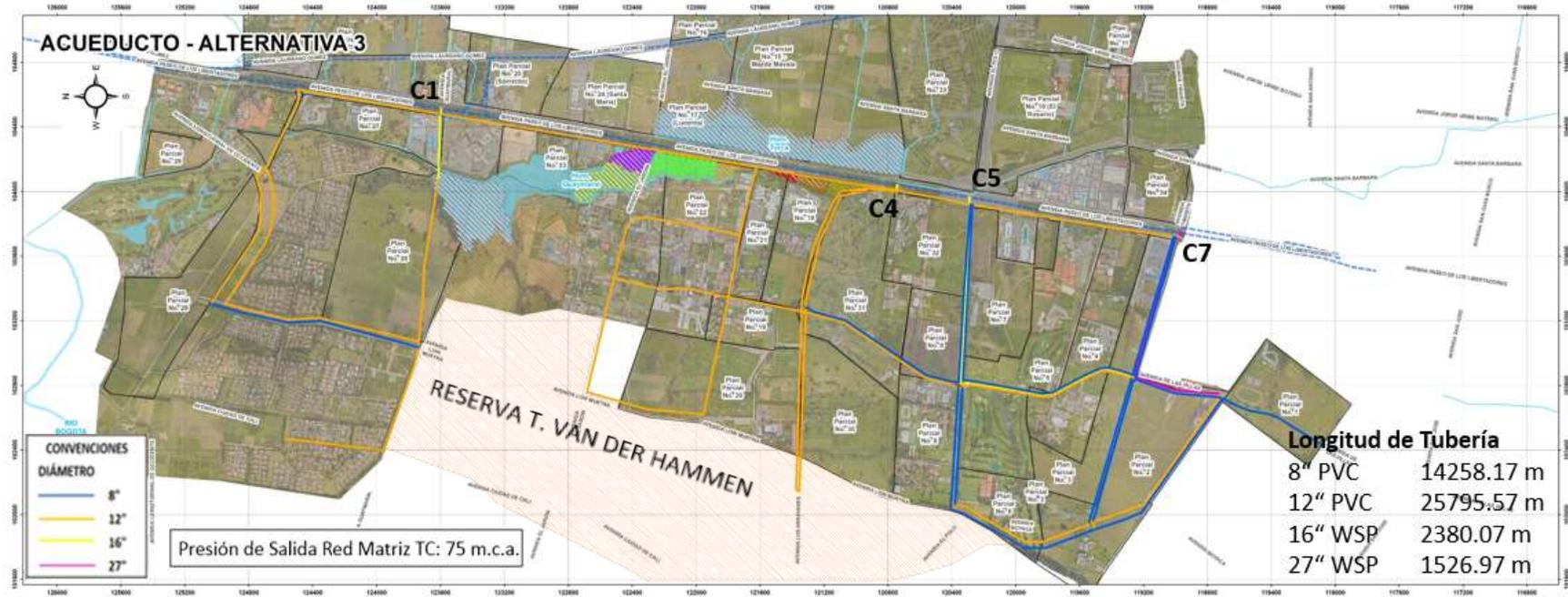
La alternativa No 3 se basa en el abastecimiento mediante cuatro (4) puntos de conexión a la Red Matriz Tibitoc – Casablanca de Ø72”. A continuación, se presentan los puntos seleccionados para la conexión de la Red Matriz.

- C1 Guaymaral Ø16”.
- C4 Escuela Colombiana de Ingeniería (Norte) Ø24”.
- C5 Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) Ø16”.
- C7 Makro (Calle 193) Ø27”.

Una vez seleccionados los puntos de conexión para el abastecimiento del Proyecto Torca, se hace necesario en la Alternativa 3 incluir siete (7) Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a la salida de cada punto o caja de la red matriz con el fin de garantizar las presiones máximas exigidas por la EAAB, los diámetros de estas válvulas son de Ø6” y están localizadas sobre las redes secundarias de Ø12”.

Esta alternativa corresponde a una longitud de 14258,17 metros en Ø8” PVC, 25795,57 metros en Ø12” PVC, 2380,07 metros en Ø16” Acero, 1526,97 metros Ø27” Acero. En la Figura 30 se presenta el planteamiento conceptual de la alternativa 3.

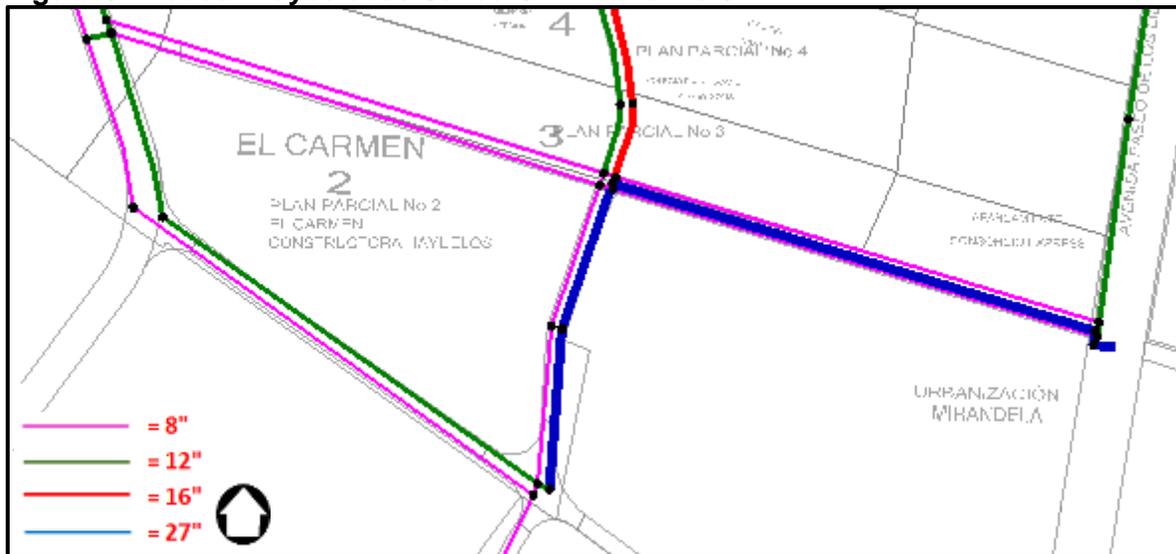
Figura 30 Planteamiento Conceptual Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

De la conexión C7 correspondiente a Makro (Calle 193) se proyecta una red matriz de Ø27" sobre la Calle 191 (Av. Tibabita) desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 55 (Av. Villas), y desde la Calle 191 hasta la Calle 183. De este punto se alimenta una red de Ø12" en PVC por el costado norte de la Calle 183 continuando hasta la AK 72 (Avenida Boyacá). De igual forma y para cerrar la malla del sector, se proyectan redes de Ø8" por el costado sur de la Calle 183 y la Calle 191 (Av. Tibabita) entre AK 55 (Av. Villas) y AK 72 (Avenida Boyacá). De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. Es importante mencionar que con la proyección de la red matriz de Ø27" se contempla el abastecimiento del sector San José de Bavaria a un periodo de horizonte de crecimiento o redensificación. En la Figura 31 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

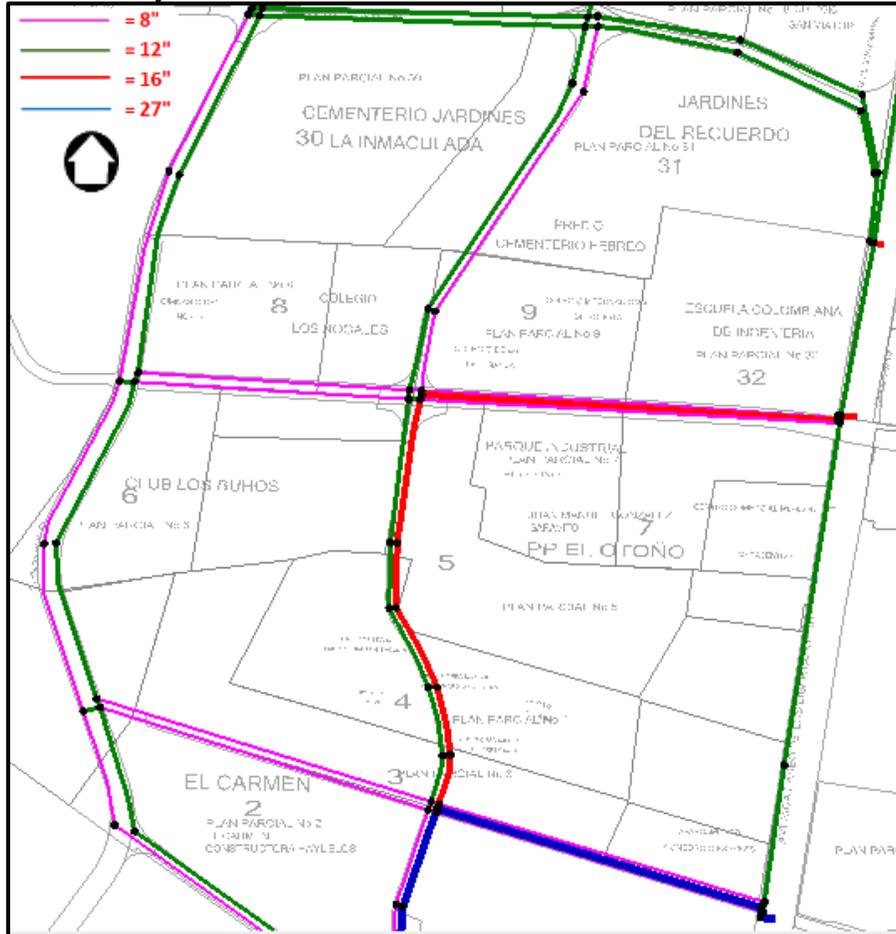
Figura 31 Redes Proyectadas Salida C7 Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

De la conexión C5 correspondiente a la Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) se proyecta una red matriz de Ø16" sobre la AC 201 (Av. El Polo) desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 55 (Av. Villas), continuando por esta última hasta la Calle 191 (Av. Tibabita) y empátándose con la Red Matriz de Ø27" proyectada desde el punto C7. Por la AC 201 (Av. El Polo) se proyectan dos redes secundarias de Ø8" en PVC localizadas al costado sur y norte de la AC 201 (Av. El Polo), desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Avenida Boyacá), empátándose a la red proyectada de Ø12" en PVC sobre el costado oriental de la AK 72 (Avenida Boyacá). Adicionalmente se proyectan redes de Ø8" y Ø12" en PVC por el costado oriental y occidental de la AK 55 (Av. Villas) entre la AC 201 (Av. El Polo) y la Av. Arrayanes. Así mismo se proyecta una red de Ø12" en PVC sobre el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) en la cual se prolongará hasta la Av. Arrayanes. De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. En la Figura 32 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

Figura 32 Redes Proyectadas Salida C5 Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

De la conexión C4 correspondiente a la Escuela Colombiana de Ingeniería (Norte) se proyectan dos redes de Ø12" en PVC sobre el costado sur y norte de la Av. Arrayanes entre la AK 45 (Autopista Norte) y la AK 72 (Avenida Boyacá). De igual forma se realiza la prolongación de las redes de Ø8" y Ø12" en PVC por el costado oriental y occidental de la AK 55 (Av. Villas) respectivamente. Así mismo se realiza con las redes de Ø8" y Ø12" en PVC sobre el costado occidental y oriental de la AK 72 (Avenida Boyacá) hasta la Av. El Jardín cerrando la malla del sector hidráulico y evitando así cruzar la AK 72 (Avenida Boyacá) a la altura de la Reserva Forestal T. Van Der Hammen. Adicionalmente por el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) se prolonga red de Ø12" en PVC esto se realiza con el fin de reforzar y cerrar las mallas hidráulicas del sector del Bosque, esto garantiza que en caso de que se presente un daño en la salida de la red matriz se pueda abastecer dicho sector con la red de Ø12" PVC proyectada sobre la AK 45 (Autopista Norte). De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. En la Figura 33 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

Figura 33 Redes Proyectadas Salida C4 Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

De la conexión C1 correspondiente a Guaymaral se proyecta la prolongación de la red de $\varnothing 12''$ en PVC sobre el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) hasta la Av. Longitudinal de Occidente. Así mismo se proyecta red de $\varnothing 12''$ en PVC sobre el costado norte de la Avenida Guaymaral desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Avenida Boyacá) cerrando el anillo con la red proyectada sobre la Av. Longitudinal de Occidente y el sector de conocido como Hacienda San Simón. De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. En la Figura 34 se presenta el esquema de redes de la descripción anterior.

Figura 34 Redes Proyectadas Salida C1 Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

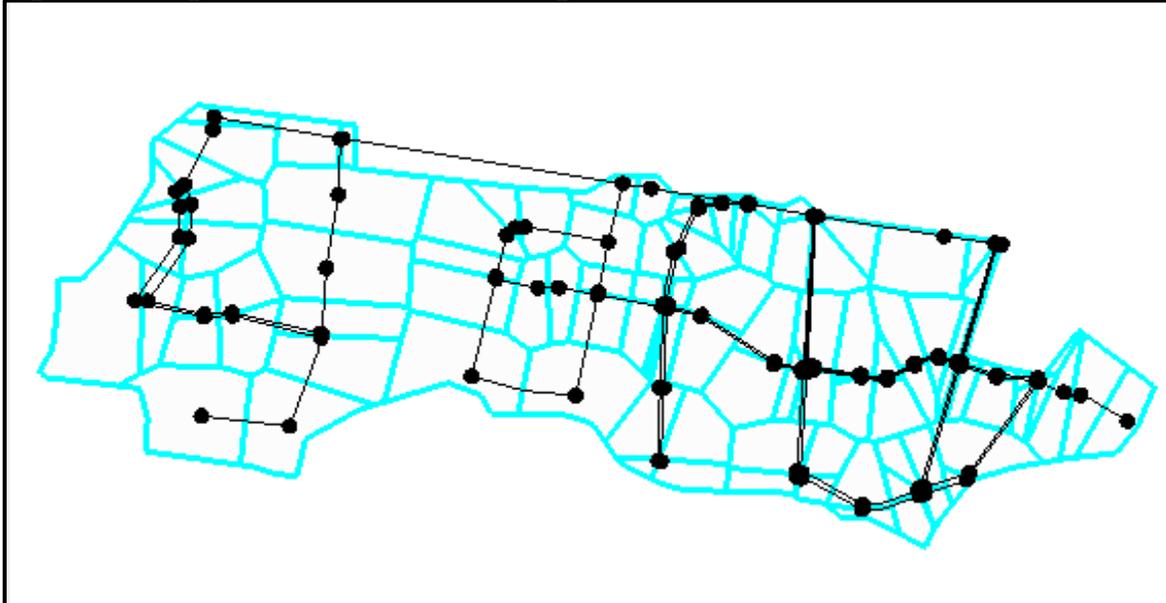
5.3.1 Modelación hidráulica de Alternativa 3

En la evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento, se evaluó el comportamiento hidráulico de las redes proyectadas para abastecer y suministrar agua al proyecto Lagos de Torca.

5.3.1.1 Asignación de demandas modelos hidráulico Alternativa 3

Una vez calculada la demanda total, fue necesario distribuir esta demanda entre los nodos del modelo. Para tal efecto se empleó el método de los polígonos de Thiessen, mediante el cual se asigna un área aferente a cada nodo del modelo, la cual está definida por el polígono limitado por las mediatrices entre cada nodo y sus nodos aledaños. En la Figura 35 se presentan los polígonos de Thiessen y los nodos seleccionados para la alternativa 3.

Figura 35 Asignación de demandas Polígonos de Thiessen Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

Una vez se realiza la distribución de caudales por medio de la metodología de polígonos de Thiessen, en la Tabla 24 se relacionan los nodos con coordenadas y sus respectivas demandas.

Tabla 24 Cuadro de nodos georreferenciados con demandas Alternativa 3

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-1	104.072,29	123.615,49	12,17
J-4	104.001,23	120.748,84	0,53
J-5	103.999,81	120.742,36	0,53
J-6	104.007,64	120.740,61	1,32
J-7	103.995,93	120.743,15	0,53
J-8	104.009,42	120.751,06	0,88
J-9	104.006,49	120.734,09	3,19
J-14	103.249,01	121.308,86	1,01
J-15	103.248,20	121.305,47	18,19
J-16	103.280,50	121.307,85	1,09
J-17	103.279,84	121.304,81	1,19
J-18	104.007,25	120.737,92	0,53
J-19	103.921,25	120.292,05	1,19
J-20	103.915,40	120.285,55	1,29
J-21	103.919,86	120.285,11	1,60
J-22	102.836,57	120.330,05	6,20
J-24	102.908,71	119.412,93	3,03
J-25	102.856,40	119.581,33	3,20
J-26	102.755,85	119.769,04	2,20

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-27	102.772,37	119.957,63	2,20
J-28	103.720,51	119.017,36	2,24
J-29	102.845,44	119.279,58	4,54
J-30	102.859,82	119.274,36	1,92
J-31	102.866,65	119.272,64	3,20
J-32	101.897,64	119.535,85	7,92
J-33	101.895,08	119.542,00	4,92
J-34	101.933,14	119.554,55	5,92
J-39	103.715,82	118.970,49	1,87
J-42	102.852,91	119.251,77	3,93
J-43	102.839,36	119.255,92	3,93
J-44	102.846,08	119.274,57	4,54
J-45	102.838,41	119.253,42	3,93
J-46	102.727,18	118.729,36	3,21
J-47	102.840,99	119.251,18	3,43
J-50	102.023,48	120.375,93	4,55
J-51	102.021,12	120.369,33	9,21
J-52	102.063,22	120.375,28	4,55
J-53	102.061,24	120.368,75	12,21
J-55	103.258,01	121.345,93	1,21
J-56	102.789,28	120.367,80	6,21
J-57	102.820,04	120.365,43	4,21
J-58	102.619,87	121.953,20	4,88
J-59	102.031,13	120.407,07	15,53
J-61	103.916,27	120.258,94	3,06
J-62	102.802,52	120.286,16	3,20
J-63	102.828,81	120.285,79	2,20
J-65	102.794,01	120.306,87	16,00
J-9551	104.479,41	123.602,18	4,01
J-9552	104.631,45	124.487,87	2,83
J-9553	104.545,82	124.494,17	4,12
J-9555	104.000,28	124.648,02	12,00
J-9556	103.759,37	124.667,96	4,82
J-9557	103.303,97	124.949,67	2,63
J-9561	103.207,24	124.556,89	3,07
J-9562	103.219,27	124.363,70	5,38
J-9563	103.071,02	123.737,17	2,34
J-9564	103.541,57	123.701,86	13,78
J-9566	102.470,82	124.575,08	13,02
J-9567	102.758,33	122.683,01	4,44
J-9568	103.461,09	122.513,47	1,44
J-9569	103.779,89	122.437,25	2,51

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-9570	103.834,28	122.377,83	0,53
J-9571	103.839,31	122.306,32	3,44
J-9572	103.729,89	121.725,24	3,44
J-9575	102.676,05	121.363,12	3,63
J-9576	103.256,20	121.339,68	2,31
J-9577	103.659,47	121.266,95	3,40
J-9578	103.997,17	121.096,94	1,11
J-9579	104.018,87	120.930,00	2,01
J-9580	103.396,53	122.218,63	2,44
J-9581	103.347,62	121.798,28	2,74
J-9583	102.073,81	120.403,24	7,44
J-9584	102.787,15	120.359,52	16,82
J-9585	102.847,08	120.567,54	7,12
J-9586	103.191,94	121.074,04	9,32
J-9587	101.831,19	119.944,34	10,84
J-9588	102.062,60	119.196,08	12,12
J-9589	102.726,62	118.725,81	16,84
J-9591	102.751,40	119.004,65	4,03
J-9592	102.838,00	119.251,93	5,84
J-9593	103.718,01	118.996,78	3,25
J-9594	103.771,80	119.370,90	2,03
J-9595	101.965,50	119.513,93	12,84
J-9596	102.750,68	119.953,32	2,12
J-9597	102.733,34	119.769,59	2,12
J-9598	102.836,20	119.576,39	3,12
J-9599	102.886,19	119.410,08	3,12
J-9600	104.151,04	121.623,01	4,45
J-9601	104.118,54	121.426,05	3,86
J-9602	102.642,99	118.531,72	3,92
J-9603	102.621,77	118.415,23	4,85
J-9604	102.434,19	118.086,25	7,85
J-9607	103.919,68	120.282,75	2,72
J-9608	103.918,16	120.270,34	2,72
J-9610	104.009,27	120.929,72	0,97
J-9612	102.398,09	123.957,84	3,93
J-9614	103.282,12	121.314,48	2,11
J-9615	104.144,93	124.693,61	2,95
J-9616	104.093,76	124.754,04	5,03
J-9619	103.986,61	124.724,46	3,85
J-9620	103.305,10	125.040,73	16,06
J-9622	102.744,55	119.771,03	1,85
J-9623	102.759,58	119.955,61	1,85

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-9624	102.859,56	119.247,18	3,03
J-9625	102.897,27	119.411,90	0,85
J-9626	103.973,30	121.090,62	0,97
J-9627	102.848,75	119.578,19	1,85
J-9628	103.203,33	121.069,03	1,13
J-9629	103.281,55	121.340,81	2,50
J-9630	103.188,52	124.555,03	4,34
J-9631	103.197,96	124.356,99	2,94
J-9632	102.818,98	120.356,17	6,13
J-9633	102.864,91	120.560,38	4,13
J-9634	103.764,02	124.731,42	4,15
J-9636	102.769,78	119.000,10	5,85
J-9637	103.481,54	122.508,91	0,53
J-9639	103.366,15	121.794,56	2,32
J-9640	103.682,14	121.228,97	3,42
J-9647	102.146,38	121.374,32	3,21
J-9648	102.025,18	120.380,53	9,46
J-9649	101.794,70	119.944,95	8,86
J-9650	103.036,74	123.738,69	2,36
J-9651	102.011,94	119.214,58	9,13
J-9652	102.784,20	120.333,57	18,90
J-9653	102.064,25	120.378,74	7,46
J-9654	103.719,76	119.011,56	2,27
J-9655	102.865,31	119.268,30	3,13
J-9657	101.954,26	119.540,53	4,86
J-9659	102.673,96	121.337,32	4,07
J-9660	103.250,14	121.314,19	3,04
J-9661	102.813,72	120.333,60	24,86
J-9662	102.844,01	119.275,18	4,47
J-9663	102.719,38	118.705,37	6,93
J-9664	103.915,97	120.290,51	1,87
J-9665	103.400,79	122.070,58	2,30
J-9667	104.009,56	120.746,68	0,53
J-9668	103.997,13	120.750,04	1,48
J-9671	102.855,06	119.258,21	3,87
J-9676	103.912,40	120.277,30	1,87
J-9677	102.814,91	120.346,65	2,50
J-9680	102.784,79	120.335,43	19,82
J-9681	101.907,77	119.506,24	9,89
J-9694	102.144,26	121.355,85	3,28
J-9695	104.478,40	123.588,42	2,88
J-9696	104.478,84	123.596,16	1,91

NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
Caudal Total			703,36

Fuente: WSP; 2020

Adicionalmente se contempló la demanda de caudal en condición de saturación de la redensificación del sector de San José de Bavaria, teniendo en cuenta lo estipulado en el número de Proyecto 32462 correspondiente al diseño detallado de redes de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial del sector de San José de Bavaria, elaborado por el consorcio San José. En la Tabla 25 se relaciona el nodo con coordenadas y su respectiva demanda correspondiente al sector San José de Bavaria.

Tabla 25 Cuadro de nodo georreferenciado con demanda Sector San José de Bavaria

CAUDAL MEDIO SAN JOSE DE BAVARIA P32462			
NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-9635	102,747.82	118,715.69	216.53

Fuente: WSP; 2020

Por lo anterior, en la Tabla 26 se presenta la demanda total de los modelos hidráulicos para el sector occidental.

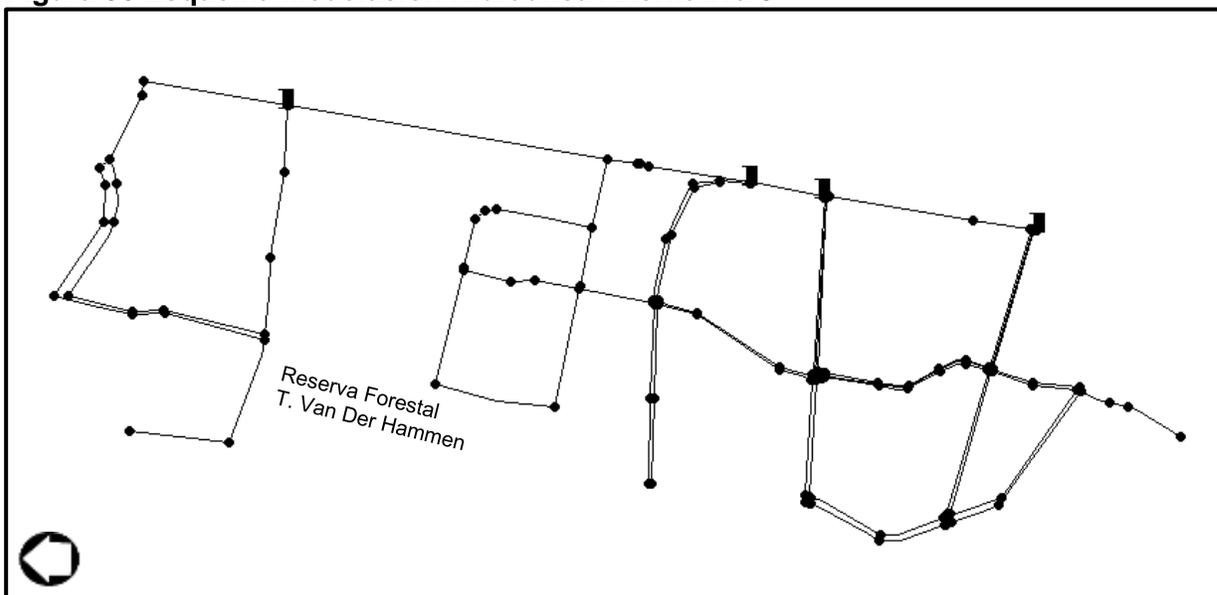
Tabla 26 Demanda total modelos hidráulicos sector occidental

SECTOR	Qmd (L/s)
Costado Occidental Lagos de Torca	703.36
San José de Bavaria	216.53
Caudal medio diario Total	919.89

Fuente: WSP; 2020

Una vez se asignaron las demandas en los nodos seleccionados, se procedió a realizar la evaluación hidráulica del sistema de acueducto. En la Figura 36 se presenta el esquema de la modelación hidráulica de la alternativa 3.

Figura 36 Esquema Modelación Hidráulica Alternativa 3

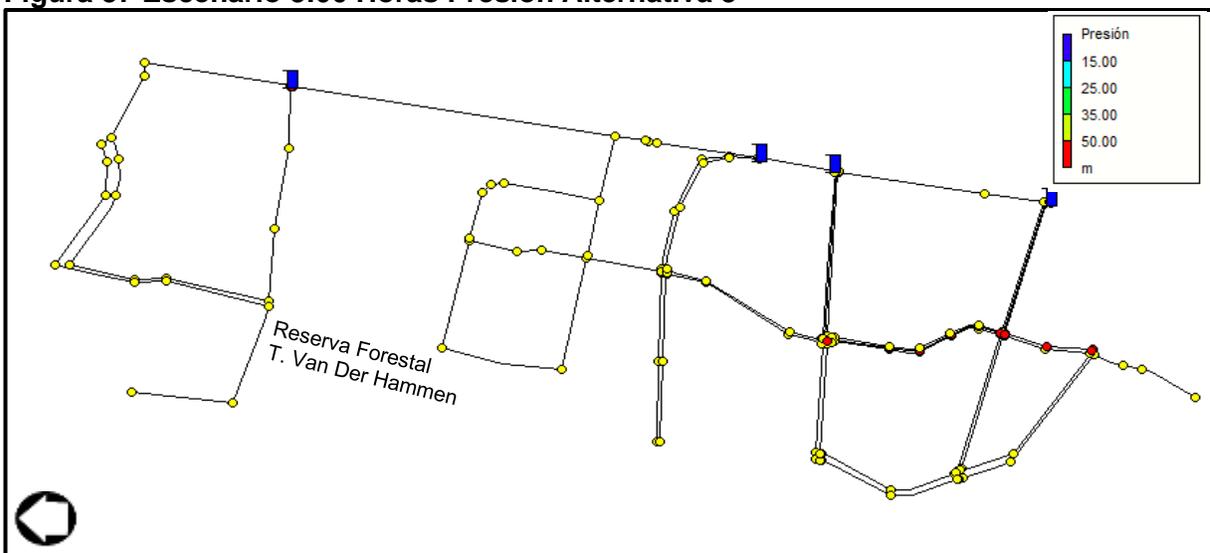


Fuente: WSP; 2020

Teniendo en cuenta el patrón de demanda unificado entre las dos consultorías (WSP&HMV) realizado con base en la información suministrada por la zona 1 de la EAAB. Se evidencia que la hora de mayor presión en el sistema es a las 3:00 horas, esto debido a la condición normal del sistema y consumo de la Ciudad. Por otra parte, la hora de mayor demanda y menor presión se presenta a las 10:00 horas. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, los análisis hidráulicos presentados en el informe corresponderán a esas dos horas. La Figura 37, Figura 38 y Figura 39 muestran los análisis hidráulicos de presión y velocidad a las 3:00 horas, mientras que la Figura 40, Figura 41 y Figura 42 lo hacen para las 10:00 horas.

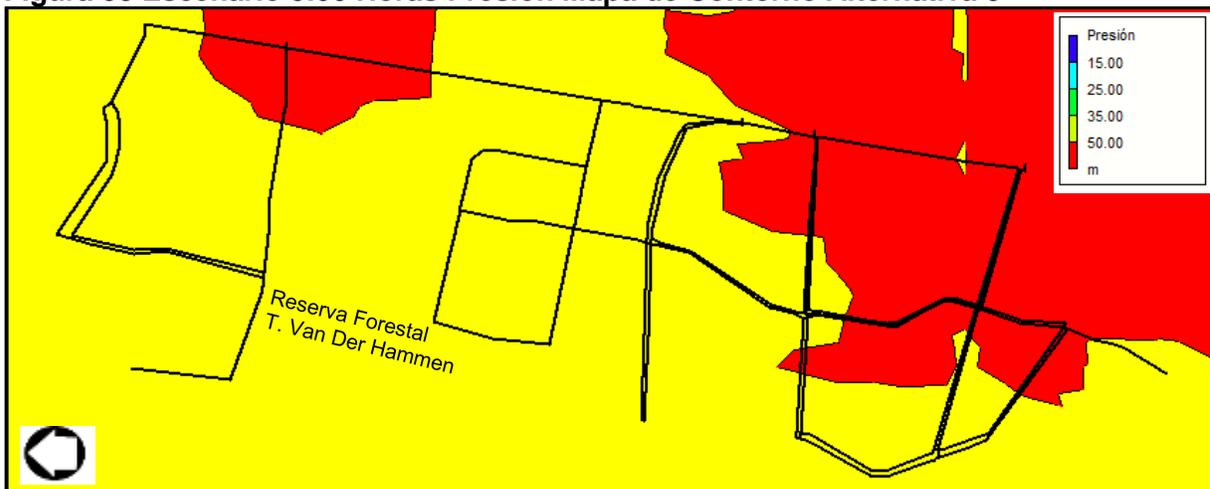
5.3.1.2 Evaluación hidráulica 3:00 horas

Figura 37 Escenario 3:00 Horas Presión Alternativa 3



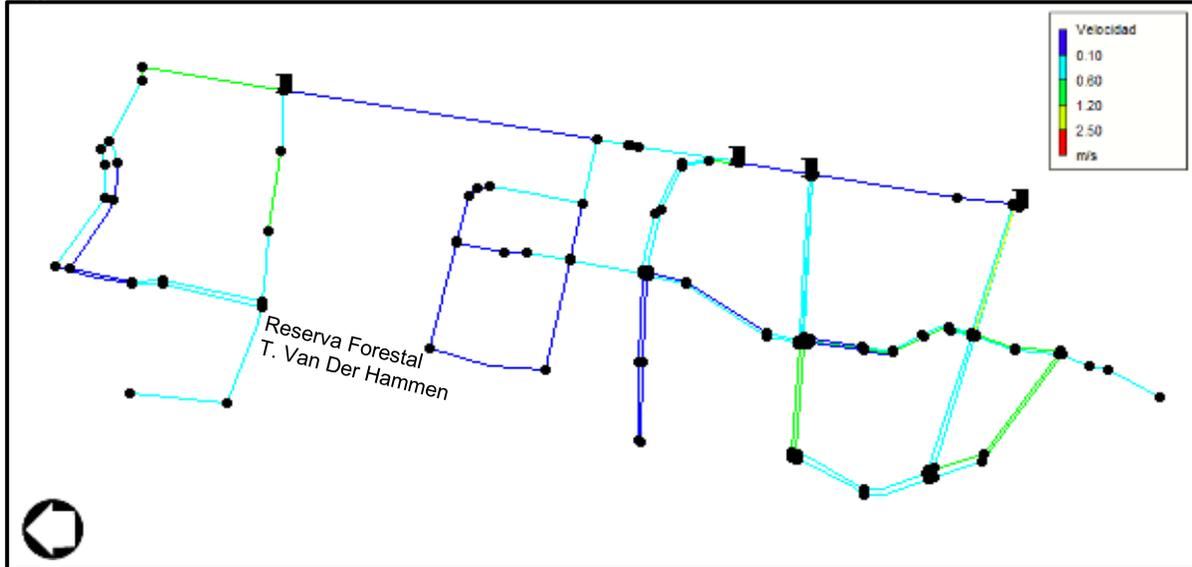
Fuente: WSP; 2020

Figura 38 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

Figura 39 Escenario 3:00 Horas Velocidades Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

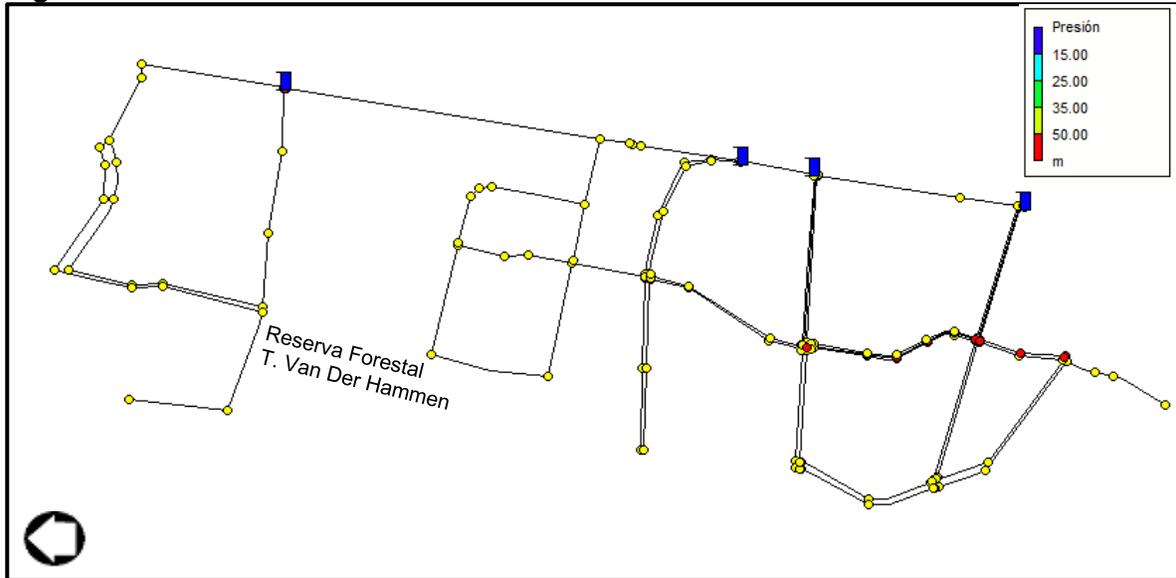
Para el escenario de las 3:00 horas se presentan presiones entre 41,57 m.c.a y 50.00 m.c.a en las redes proyectadas para el proyecto Torca, garantizando así que en la hora de mayor presión las redes proyectadas no tengan problemas de operación y todos los sectores hidráulicos proyectados funciones correctamente. Sin embargo, a las salidas de la red matriz Tibitoc-Casablanca y antes de las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) se presentan presiones entre los 50 m.c.a y 80 m.c.a., condición que es regulada posteriormente. De igual forma es importantes resaltar que la presión para las líneas matrices proyectadas de Ø16" y Ø27" varía entre 70 y 77.76 m.c.a. Esto debido a la condición hidráulica de la red matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72". Así mismo se proponen Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a las salidas de las redes matrices, pero no se propone regulación sobre las mismas, por normatividad de la EAAB.

Una vez analizados los modelos hidráulicos, se puede evidenciar que las velocidades de las redes secundarias no superan el valor de 2.50 m/s cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma se puede evidenciar que las velocidades de las redes matrices están por encima de 0.50 m/s y no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

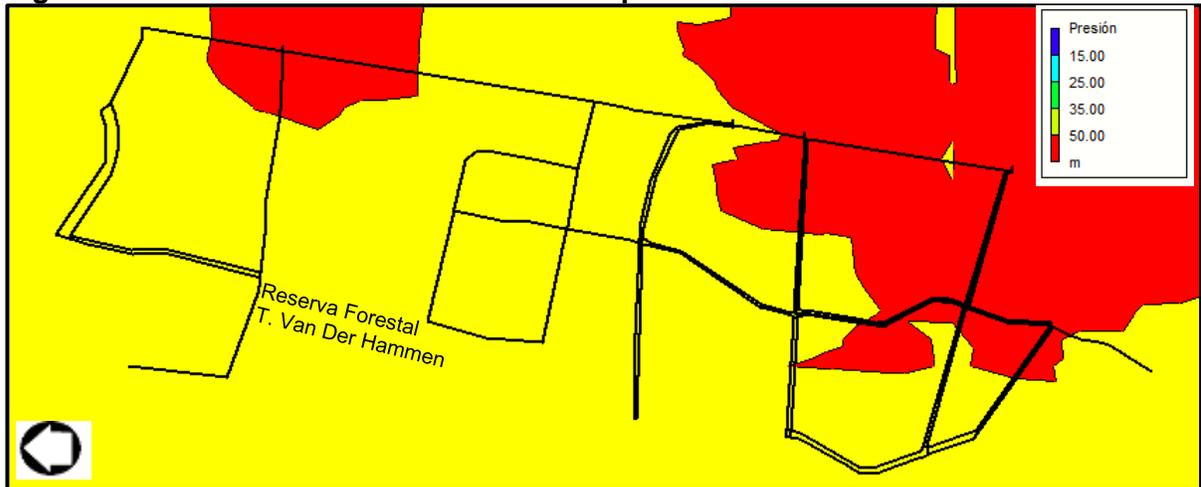
5.3.1.3 Evaluación hidráulica 10:00 horas

Figura 40 Escenario 10:00 Horas Presión Alternativa 3



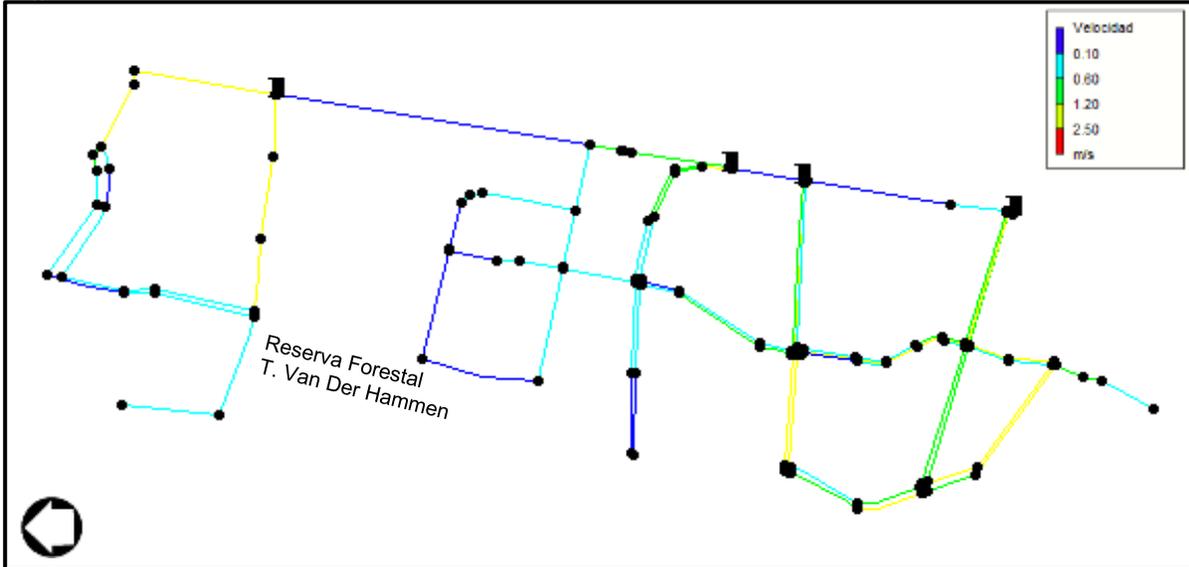
Fuente: WSP; 2020

Figura 41 Escenario 10:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

Figura 42 Escenario 10:00 Horas Velocidades Alternativa 3



Fuente: WSP; 2020

Para el escenario de las 10:00 horas se evidencia que las presiones son estables en todos los sectores, los valores varían entre 36.3 m.c.a y 49,98 m.c.a en las redes proyectadas para el Proyecto Torca, garantizando así que en la hora de menor presión las redes proyectadas no presenten problemas de operación y se garantice el correcto funcionamiento de todos los sectores hidráulicos proyectados. Sin embargo, a las salidas de la red matriz Tibitoc-Casablanca y antes de las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) se presentan presiones entre los 50 m.c.a y 80 m.c.a., condición que es regulada posteriormente. De igual forma es importantes resaltar que la presión para las líneas matrices proyectadas de Ø16” y Ø27” varía entre 60 y 77.48 m.c.a. Esto debido a la condición hidráulica de la red matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72”. Así mismo, que se proponen Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a las salidas de las redes matrices, pero no se propone regulación sobre las mismas, por normatividad de la EAAB.

Una vez analizados los modelos hidráulicos, se puede evidenciar que las velocidades de las redes secundarias no superan el valor de 2.50 m/s cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma se puede evidenciar que las velocidades de las redes matrices están por encima de 0.50 m/s y no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

En la Tabla 27 se presenta el cuadro de nodos con los valores de presión a las 3:00 horas y 10:00 horas para la alternativa 3.

Tabla 27 Nodos georeferenciados con valores de presión Alternativa 3

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-14	103,249.01	121,308.86	41.69	39.93	Red Secundaria
J-16	103,280.50	121,307.85	41.6	39.85	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-17	103,279.84	121,304.81	42.29	36.3	Red Secundaria
J-55	103,258.01	121,345.93	41.59	39.82	Red Secundaria
J-9576	103,256.20	121,339.68	41.57	39.8	Red Secundaria
J-9614	103,282.12	121,314.48	41.57	39.83	Red Secundaria
J-9629	103,281.55	121,340.81	41.57	39.82	Red Secundaria
J-9660	103,250.14	121,314.19	41.57	39.8	Red Secundaria
J-9575	102,676.05	121,363.12	43.44	41.61	Red Secundaria
J-9581	103,347.62	121,798.28	43.42	41.52	Red Secundaria
J-9628	103,203.33	121,069.03	43.16	37.17	Red Secundaria
J-9633	102,864.91	120,560.38	43.18	37.28	Red Secundaria
J-9639	103,366.15	121,794.56	43.42	41.52	Red Secundaria
J-9647	102,146.38	121,374.32	43.44	41.59	Red Secundaria
J-9659	102,673.96	121,337.32	43.44	41.61	Red Secundaria
J-9694	102,144.26	121,355.85	43.44	41.59	Red Secundaria
J-57	102,820.04	120,365.43	43.67	37.94	Red Secundaria
J-9577	103,659.47	121,266.95	43.56	42.09	Red Secundaria
J-9632	102,818.98	120,356.17	43.75	38.03	Red Secundaria
J-9640	103,682.14	121,228.97	43.57	42.13	Red Secundaria
J-9665	103,400.79	122,070.58	44.5	42.57	Red Secundaria
J-22	102,836.57	120,330.05	45.22	44.34	Red Secundaria
J-58	102,619.87	121,953.20	44.89	42.93	Red Secundaria
J-9567	102,758.33	122,683.01	44.89	42.92	Red Secundaria
J-9578	103,997.17	121,096.94	44.67	43.58	Red Secundaria
J-9580	103,396.53	122,218.63	44.9	42.95	Red Secundaria
J-9626	103,973.30	121,090.62	44.67	43.56	Red Secundaria
J-9552	104,631.45	124,487.87	45.22	40.99	Red Secundaria
J-9553	104,545.82	124,494.17	45.11	40.52	Red Secundaria
J-9555	104,000.28	124,648.02	45.1	38.87	Red Secundaria
J-9568	103,461.09	122,513.47	45.9	43.94	Red Secundaria
J-9569	103,779.89	122,437.25	46.4	44.45	Red Secundaria
J-9570	103,834.28	122,377.83	46.4	44.45	Red Secundaria
J-9571	103,839.31	122,306.32	46.4	44.46	Red Secundaria
J-9615	104,144.93	124,693.61	44.82	38.64	Red Secundaria
J-9616	104,093.76	124,754.04	44.79	38.49	Red Secundaria
J-9619	103,986.61	124,724.46	45.05	38.63	Red Secundaria
J-9634	103,764.02	124,731.42	45.49	38.91	Red Secundaria
J-9637	103,481.54	122,508.91	45.9	43.94	Red Secundaria
J-15	103,248.20	121,305.47	47.17	45.25	Red Secundaria
J-32	101,897.64	119,535.85	47.54	41.45	Red Secundaria
J-33	101,895.08	119,542.00	47.52	41.36	Red Secundaria
J-50	102,023.48	120,375.93	47.09	39.14	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-51	102,021.12	120,369.33	47.5	38.04	Red Secundaria
J-52	102,063.22	120,375.28	47.11	39.18	Red Secundaria
J-59	102,031.13	120,407.07	47.09	39.1	Red Secundaria
J-9556	103,759.37	124,667.96	45.6	39.37	Red Secundaria
J-9557	103,303.97	124,949.67	46.11	39.89	Red Secundaria
J-9561	103,207.24	124,556.89	45.92	39.74	Red Secundaria
J-9562	103,219.27	124,363.70	45.83	39.69	Red Secundaria
J-9563	103,071.02	123,737.17	45.72	39.86	Red Secundaria
J-9564	103,541.57	123,701.86	46.73	42.52	Red Secundaria
J-9566	102,470.82	124,575.08	45.51	39	Red Secundaria
J-9583	102,073.81	120,403.24	47.11	39.19	Red Secundaria
J-9588	102,062.60	119,196.08	47.22	42.84	Red Secundaria
J-9612	102,398.09	123,957.84	45.58	39.28	Red Secundaria
J-9620	103,305.10	125,040.73	45.91	39.07	Red Secundaria
J-9630	103,188.52	124,555.03	45.71	38.88	Red Secundaria
J-9631	103,197.96	124,356.99	45.65	38.92	Red Secundaria
J-9648	102,025.18	120,380.53	47.1	39.14	Red Secundaria
J-9650	103,036.74	123,738.69	45.71	39.8	Red Secundaria
J-9651	102,011.94	119,214.58	46.94	41.81	Red Secundaria
J-9653	102,064.25	120,378.74	47.11	39.18	Red Secundaria
J-5	103,999.81	120,742.36	47.79	47.76	Red Secundaria
J-6	104,007.64	120,740.61	47.79	47.74	Red Secundaria
J-7	103,995.93	120,743.15	47.79	47.74	Red Secundaria
J-8	104,009.42	120,751.06	47.78	47.72	Red Secundaria
J-9	104,006.49	120,734.09	47.99	47.97	Red Secundaria
J-18	104,007.25	120,737.92	47.79	47.74	Red Secundaria
J-24	102,908.71	119,412.93	48.47	45.17	Red Secundaria
J-25	102,856.40	119,581.33	48.36	44.73	Red Secundaria
J-34	101,933.14	119,554.55	47.71	42.19	Red Secundaria
J-46	102,727.18	118,729.36	48.4	47.93	Red Secundaria
J-53	102,061.24	120,368.75	48.52	42.44	Red Secundaria
J-9579	104,018.87	120,930.00	47.73	46.81	Red Secundaria
J-9586	103,191.94	121,074.04	47.96	46.19	Red Secundaria
J-9591	102,751.40	119,004.65	48.43	48.02	Red Secundaria
J-9595	101,965.50	119,513.93	47.73	42.26	Red Secundaria
J-9598	102,836.20	119,576.39	48.47	48.17	Red Secundaria
J-9610	104,009.27	120,929.72	47.72	46.8	Red Secundaria
J-9649	101,794.70	119,944.95	47.75	39.09	Red Secundaria
J-9657	101,954.26	119,540.53	47.72	42.24	Red Secundaria
J-9681	101,907.77	119,506.24	47.7	42.12	Red Secundaria
J-9695	104,478.40	123,588.42	48.51	46.94	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-1	104,072.29	123,615.49	48.82	47.78	Red Secundaria
J-26	102,755.85	119,769.04	48.8	44.98	Red Secundaria
J-27	102,772.37	119,957.63	48.77	44.87	Red Secundaria
J-29	102,845.44	119,279.58	48.5	48.3	Red Secundaria
J-31	102,866.65	119,272.64	48.61	45.77	Red Secundaria
J-44	102,846.08	119,274.57	48.5	48.31	Red Secundaria
J-47	102,840.99	119,251.18	48.62	45.81	Red Secundaria
J-61	103,916.27	120,258.94	48.67	48.55	Red Secundaria
J-9585	102,847.08	120,567.54	49.23	48.33	Red Secundaria
J-9587	101,831.19	119,944.34	48.57	42.64	Red Secundaria
J-9592	102,838.00	119,251.93	48.51	48.39	Red Secundaria
J-9594	103,771.80	119,370.90	49.47	49.38	Red Secundaria
J-9596	102,750.68	119,953.32	48.95	48.62	Red Secundaria
J-9597	102,733.34	119,769.59	48.96	48.63	Red Secundaria
J-9599	102,886.19	119,410.08	48.48	48.23	Red Secundaria
J-9602	102,642.99	118,531.72	49.15	48.04	Red Secundaria
J-9603	102,621.77	118,415.23	49.04	47.57	Red Secundaria
J-9604	102,434.19	118,086.25	49.39	47.45	Red Secundaria
J-9624	102,859.56	119,247.18	48.62	45.82	Red Secundaria
J-9655	102,865.31	119,268.30	48.62	45.79	Red Secundaria
J-9662	102,844.01	119,275.18	48.5	48.3	Red Secundaria
J-19	103,921.25	120,292.05	50	49.98	Red Secundaria
J-20	103,915.40	120,285.55	50	49.99	Red Secundaria
J-21	103,919.86	120,285.11	50	49.98	Red Secundaria
J-28	103,720.51	119,017.36	49.98	49.91	Red Secundaria
J-43	102,839.36	119,255.92	49.97	49.86	Red Secundaria
J-45	102,838.41	119,253.42	49.97	49.85	Red Secundaria
J-56	102,789.28	120,367.80	49.79	49.35	Red Secundaria
J-60	104,477.59	123,602.11	49.98	49.95	Red Secundaria
J-62	102,802.52	120,286.16	49.85	49.5	Red Secundaria
J-63	102,828.81	120,285.79	49.68	45.74	Red Secundaria
J-64	104,120.87	121,438.13	49.6	48.33	Red Secundaria
J-65	102,794.01	120,306.87	49.88	49.71	Red Secundaria
J-9551	104,479.41	123,602.18	49.99	49.97	Red Secundaria
J-9572	103,729.89	121,725.24	49.62	47.77	Red Secundaria
J-9584	102,787.15	120,359.52	49.88	49.46	Red Secundaria
J-9589	102,726.62	118,725.81	49.97	49.88	Red Secundaria
J-9593	103,718.01	118,996.78	49.98	49.93	Red Secundaria
J-9600	104,151.04	121,623.01	49.53	48	Red Secundaria
J-9601	104,118.54	121,426.05	49.61	48.35	Red Secundaria
J-9607	103,919.68	120,282.75	49.99	49.97	Red Secundaria

NODOS	COORDENADAS		PRESIÓN (m.c.a)		TIPO DE RED
	X (m)	Y (m)	3:00H	10:00H	
J-9608	103,918.16	120,270.34	49.99	49.97	Red Secundaria
J-9652	102,784.20	120,333.57	49.96	49.81	Red Secundaria
J-9654	103,719.76	119,011.56	49.98	49.91	Red Secundaria
J-9663	102,719.38	118,705.37	49.95	49.79	Red Secundaria
J-9668	103,997.13	120,750.04	49.97	49.89	Red Secundaria
J-9680	102,784.79	120,335.43	49.96	49.82	Red Secundaria
J-9622	102,744.55	119,771.03	71.46	64.12	Red Matriz
J-9623	102,759.58	119,955.61	70.95	62.96	Red Matriz
J-9627	102,848.75	119,578.19	71.59	65.05	Red Matriz
J-9661	102,813.72	120,333.60	70.91	61.67	Red Matriz
J-9625	102,897.27	119,411.90	72.11	66.24	Red Matriz
J-9635	102,747.82	118,715.69	72.19	65.65	Red Matriz
J-9636	102,769.78	119,000.10	72.39	66.5	Red Matriz
J-9677	102,814.91	120,346.65	72.42	63.27	Red Matriz
J-30	102,859.82	119,274.36	73.86	68.55	Red Matriz
J-42	102,852.91	119,251.77	74.04	68.77	Red Matriz
J-9671	102,855.06	119,258.21	74.08	68.84	Red Matriz
J-39	103,715.82	118,970.49	74.79	74.62	Red Matriz
J-4	104,001.23	120,748.84	76.3	76.12	Red Matriz
J-9664	103,915.97	120,290.51	76.26	75.59	Red Matriz
J-9667	104,009.56	120,746.68	76.31	76.16	Red Matriz
J-9669	103,707.26	118,971.93	76.27	76.05	Red Matriz
J-9670	103,712.22	119,005.60	76.21	75.81	Red Matriz
J-9675	103,913.62	120,290.64	77.75	77.07	Red Matriz
J-9676	103,912.40	120,277.30	77.74	76.96	Red Matriz
J-9696	104,478.84	123,596.16	77.76	77.48	Red Matriz

Fuente: WSP; 2020

Teniendo en cuenta la información presentada anteriormente, se puede evidenciar que las diferencias presentadas entre las dos horas de mayor y menor consumo no son representativas y que el sistema de redes de acueducto se encuentra estable en valores de presiones.

Los nodos que presentan valores mayores a 50 m.c.a son los correspondientes a las redes matrices proyectadas. Se evidencia que ningún nodo supera los 80 m.c.a. cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

En la Tabla 28 se presenta el cuadro de tramos con los valores de velocidad a las 3:00 horas y 10:00 horas para la alternativa 3.

Tabla 28 Tramos con características de tuberías y valores de velocidad Alternativa 3

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-6621	898,647	12	PVC	0,68	1,46	Red Secundaria
Tubería P-6622	85,859	12	PVC	0,64	1,38	Red Secundaria
Tubería P-6623	447,760	12	PVC	0,59	1,27	Red Secundaria
Tubería P-6624	152,435	12	PVC	0,17	0,38	Red Secundaria
Tubería P-6625	243,781	12	PVC	0,02	0,04	Red Secundaria
Tubería P-6626	537,593	12	PVC	0,05	0,1	Red Secundaria
Tubería P-6629	404,520	12	PVC	0,08	0,18	Red Secundaria
Tubería P-6631	193,558	12	PVC	0,12	0,26	Red Secundaria
Tubería P-6632	643,838	12	PVC	0,19	0,42	Red Secundaria
Tubería P-6635	472,013	12	PVC	0,58	1,26	Red Secundaria
Tubería P-6638	621,504	12	PVC	0,17	0,37	Red Secundaria
Tubería P-6639	722,923	12	PVC	0,04	0,09	Red Secundaria
Tubería P-6641	80,552	12	PVC	0,06	0,13	Red Secundaria
Tubería P-6642	71,683	12	PVC	0,07	0,14	Red Secundaria
Tubería P-6643	591,440	12	PVC	0,11	0,24	Red Secundaria
Tubería P-6647	580,618	12	PVC	0,09	0,2	Red Secundaria
Tubería P-6649	379,738	12	PVC	0,3	0,65	Red Secundaria
Tubería P-6652	301,821	12	PVC	0,04	0,09	Red Secundaria
Tubería P-6657	714,682	8	PVC	0,78	1,68	Red Secundaria
Tubería P-6660	612,764	12	PVC	0,36	0,78	Red Secundaria
Tubería P-6667	262,000	8	PVC	0,23	0,5	Red Secundaria
Tubería P-6673	333,946	12	PVC	0,69	1,28	Red Secundaria
Tubería P-6674	912,605	8	PVC	0,39	1,16	Red Secundaria
Tubería P-6676	185,879	12	PVC	0,07	0,15	Red Secundaria
Tubería P-6677	218,871	12	PVC	0,1	0,21	Red Secundaria
Tubería P-6678	178,255	12	PVC	0,14	0,3	Red Secundaria
Tubería P-6680	433,383	12	PVC	0,25	0,55	Red Secundaria
Tubería P-6684	118,403	8	PVC	0,41	0,88	Red Secundaria
Tubería P-6685	379,892	8	PVC	0,25	0,54	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-1	9,598	12	PVC	0,33	0,71	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-9	79,192	12	PVC	0,37	0,81	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-10	111,158	12	PVC	0,31	0,66	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-24	186,413	16	ACERO	1,02	1,54	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-2	164,867	12	PVC	0,32	0,68	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-22	176,722	16	ACERO	1,05	1,61	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-38	198,259	8	PVC	0,16	0,35	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-11	222,700	12	PVC	0,26	0,55	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-23	219,190	16	ACERO	1,04	1,58	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-19	285,260	27	ACERO	0,75	1,59	Red Matriz
Tubería 0(Polyline)-3	322,369	12	PVC	0,3	0,66	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería 0(Polyline)-12	553,420	12	PVC	0,2	0,44	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-39	638,978	8	PVC	0,26	0,55	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-27	610,944	8	PVC	0,07	0,16	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-35	721,374	8	PVC	0,79	1,71	Red Secundaria
Tubería 0(Polyline)-7	892,190	8	PVC	0,41	0,89	Red Secundaria
Tubería P-6693	34,316	12	PVC	0,36	0,78	Red Secundaria
Tubería P-6694	676,132	12	PVC	0,22	0,48	Red Secundaria
Tubería P-6703	25,382	12	PVC	0,22	0,48	Red Secundaria
Tubería P-6704	385,608	12	PVC	0,25	0,55	Red Secundaria
Tubería P-6707	31,979	12	PVC	0,22	0,47	Red Secundaria
Tubería P-6708	576,647	12	PVC	0,09	0,2	Red Secundaria
Tubería P-6709	409,771	12	PVC	0,26	0,56	Red Secundaria
Tubería P-6714	382,014	16	ACERO	1,01	1,51	Red Matriz
Tubería P-6719	894,228	8	PVC	0,41	0,89	Red Secundaria
Tubería P-6723	928,481	8	PVC	0,38	1,14	Red Secundaria
Tubería P-6726	189,971	8	PVC	0,53	1,15	Red Secundaria
Tubería P-6728	871,638	8	PVC	0,66	1,27	Red Secundaria
Tubería P-6729	14,879	12	PVC	0,29	0,64	Red Secundaria
Tubería P-6735	1103,183	8	PVC	0,54	1,16	Red Secundaria
Tubería P-6737	26,297	12	PVC	0,11	0,23	Red Secundaria
Tubería P-6739	168,348	12	PVC	0,31	0,68	Red Secundaria
Tubería P-6743	148,114	12	PVC	0,07	0,16	Red Secundaria
Tubería P-6744	277,443	12	PVC	0,1	0,22	Red Secundaria
Tubería P-6745	20,951	12	PVC	0,02	0,04	Red Secundaria
Tubería P-6746	306,842	12	PVC	0,03	0,06	Red Secundaria
Tubería P-6750	499,628	8	PVC	0,02	0,05	Red Secundaria
Tubería P-6760	181,262	12	PVC	0,67	1,45	Red Secundaria
Tubería P-6766	34,030	27	ACERO	1,24	2,49	Red Matriz
Tubería P-6767	893,609	27	ACERO	1,24	2,49	Red Matriz
Tubería P-6774	12,497	12	PVC	0,12	0,25	Red Secundaria
Tubería P-6777	2,362	16	ACERO	0,54	1,82	Red Matriz
Tubería P-6778	13,388	16	ACERO	0,54	1,82	Red Matriz
Tubería P-6779	1099,683	16	ACERO	0,52	1,79	Red Matriz
Tubería P-6781	13,105	16	ACERO	0,5	1,75	Red Matriz
Tubería P-6822	813,679	12	PVC	0,85	1,62	Red Secundaria
Tubería P-6829	35,639	16	ACERO	1,03	2,23	Red Matriz
Tubería P-6841	14,922	12	PVC	0,29	0,49	Red Secundaria
Tubería P-6842	13,974	12	PVC	0,29	0,49	Red Secundaria
Tubería P-6846	309,872	8	PVC	0,36	0,64	Red Secundaria
Tubería P-6859	5,405	12	PVC	0,54	1,16	Red Secundaria
Tubería P-6861	6,612	8	PVC	0,34	0,74	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-6871	4,588	12	PVC	0,17	0,36	Red Secundaria
Tubería P-6878	529,789	12	PVC	0,04	0,1	Red Secundaria
Tubería P-6880	24,207	12	PVC	1,08	2,33	Red Secundaria
Tubería P-6882	39,103	12	PVC	0,27	0,59	Red Secundaria
Tubería P-6883	1,954	12	PVC	0,78	1,69	Red Secundaria
Tubería P-6887	58,243	12	PVC	0,39	0,9	Red Secundaria
Tubería P-6896	56,610	12	PVC	0,4	0,87	Red Secundaria
Tubería P-6927	18,600	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-6928	530,020	12	PVC	0,04	0,09	Red Secundaria
Tubería P-6932	370,284	12	PVC	0,1	0,22	Red Secundaria
Tubería P-6933	18,905	12	PVC	0,07	0,15	Red Secundaria
Tubería P-6938	1992,481	12	PVC	0,04	0,08	Red Secundaria
Tubería P-6944	187,326	12	PVC	0,35	0,76	Red Secundaria
Tubería P-6945	12,308	12	PVC	0,35	0,76	Red Secundaria
Tubería P-6951	3,472	12	PVC	1,02	2,2	Red Secundaria
Tubería P-6952	2,572	16	ACERO	1,02	2,2	Red Matriz
Tubería P-6955	5,334	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-7	537,704	12	PVC	0,76	1,65	Red Secundaria
Tubería P-15	26,203	12	PVC	0,07	0,15	Red Secundaria
Tubería P-17	8,606	16	ACERO	0,71	1,53	Red Matriz
Tubería P-22	8,023	12	PVC	0,44	0,95	Red Secundaria
Tubería P-23	3,957	12	PVC	0,7	1,5	Red Secundaria
Tubería P-24	6,998	12	PVC	0,69	1,49	Red Secundaria
Tubería P-25	627,239	12	PVC	0,4	0,87	Red Secundaria
Tubería P-27	10,597	12	PVC	0,41	0,9	Red Secundaria
Tubería P-28	29,429	16	ACERO	0,71	1,54	Red Matriz
Tubería P-29	3,285	12	PVC	1,02	2,21	Red Secundaria
Tubería P-30	3,357	12	PVC	1,02	2,21	Red Secundaria
Tubería P-31	2,092	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-41	5,449	12	PVC	0,01	0,03	Red Secundaria
Tubería P-42	1,399	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-43	2,089	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-44	238,162	12	PVC	0,24	0,52	Red Secundaria
Tubería P-45	1,371	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-46	6,825	8	PVC	0,03	0,08	Red Secundaria
Tubería P-47	249,539	8	PVC	0,04	0,08	Red Secundaria
Tubería P-48	1,737	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-49	2,724	12	PVC	0,01	0,02	Red Secundaria
Tubería P-50	1,812	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-51	450,182	12	PVC	0,04	0,09	Red Secundaria
Tubería P-54	4,490	12	PVC	0,45	0,98	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-55	7,080	12	PVC	0,06	0,12	Red Secundaria
Tubería P-56	2,368	12	PVC	0,37	0,81	Red Secundaria
Tubería P-57	47,371	16	ACERO	0,84	2,48	Red Matriz
Tubería P-58	2,484	12	PVC	0,47	1,01	Red Secundaria
Tubería P-59	2,509	12	PVC	0,47	1,01	Red Secundaria
Tubería P-60	10,721	16	ACERO	1,07	2,31	Red Matriz
Tubería P-61	18,269	16	ACERO	1,07	2,31	Red Matriz
Tubería P-62	1083,245	8	PVC	0,2	0,43	Red Secundaria
Tubería P-66	179,259	8	PVC	0,31	0,68	Red Secundaria
Tubería P-67	212,945	8	PVC	0,21	0,46	Red Secundaria
Tubería P-68	191,075	8	PVC	0,14	0,3	Red Secundaria
Tubería P-70	3,131	12	PVC	0,1	0,21	Red Secundaria
Tubería P-72	2,723	12	PVC	0,1	0,21	Red Secundaria
Tubería P-73	357,237	12	PVC	0,07	0,14	Red Secundaria
Tubería P-74	3,057	8	PVC	0,51	1,11	Red Secundaria
Tubería P-77	2,888	12	PVC	0,24	0,52	Red Secundaria
Tubería P-78	136,897	12	PVC	0,18	0,39	Red Secundaria
Tubería P-79	1,739	12	PVC	0,24	0,52	Red Secundaria
Tubería P-80	142,559	16	ACERO	1,06	1,62	Red Matriz
Tubería P-82	1,489	8	PVC	0,51	1,11	Red Secundaria
Tubería P-83	146,585	8	PVC	0,41	0,89	Red Secundaria
Tubería P-84	31,297	8	PVC	0,99	2,14	Red Secundaria
Tubería P-87	14,128	12	PVC	0,38	0,82	Red Secundaria
Tubería P-88	3,506	8	PVC	0,74	1,59	Red Secundaria
Tubería P-90	3,153	8	PVC	0,74	1,59	Red Secundaria
Tubería P-91	421,268	8	PVC	0,58	1,25	Red Secundaria
Tubería P-92	408,331	12	PVC	0,3	0,66	Red Secundaria
Tubería P-93	11,284	12	PVC	0,38	0,82	Red Secundaria
Tubería P-100	8,682	27	ACERO	1,24	2,49	Red Matriz
Tubería P-102	33,448	27	ACERO	1,23	2,49	Red Matriz
Tubería P-103	7,162	12	PVC	0,51	1,09	Red Secundaria
Tubería P-104	19,216	12	PVC	0,51	1,09	Red Secundaria
Tubería P-105	21,889	8	PVC	0,2	0,44	Red Secundaria
Tubería P-109	6,793	27	ACERO	0,93	2,02	Red Matriz
Tubería P-110	265,042	27	ACERO	0,77	1,61	Red Matriz
Tubería P-113	2,159	12	PVC	0,45	1,11	Red Secundaria
Tubería P-114	19,823	12	PVC	0,51	1,24	Red Secundaria
Tubería P-115	2,679	12	PVC	0,38	0,96	Red Secundaria
Tubería P-116	1,547	12	PVC	0,33	0,85	Red Secundaria
Tubería P-117	4,351	12	PVC	0,95	2,31	Red Secundaria
Tubería P-118	9,820	12	PVC	0,95	2,31	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-119	9,815	16	ACERO	1,01	2,03	Red Matriz
Tubería P-120	13,678	16	ACERO	1,01	2,03	Red Matriz
Tubería P-122	276,355	8	PVC	0,1	0,22	Red Secundaria
Tubería P-127	1,334	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-128	18,994	8	PVC	0,11	0,24	Red Secundaria
Tubería P-129	1,749	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-131	1,109	16	ACERO	1,07	1,66	Red Matriz
Tubería P-132	15,729	16	ACERO	1,07	1,66	Red Matriz
Tubería P-137	3,132	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-138	4,902	8	PVC	0,15	0,31	Red Secundaria
Tubería P-139	481,924	8	PVC	0,29	0,64	Red Secundaria
Tubería P-140	3,877	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-143	3,611	12	PVC	0,06	0,13	Red Secundaria
Tubería P-144	3,082	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-145	3,738	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-146	484,743	12	PVC	0,16	0,35	Red Secundaria
Tubería P-149	461,239	12	PVC	0,15	0,33	Red Secundaria
Tubería P-150	1,915	12	PVC	0,17	0,36	Red Secundaria
Tubería P-151	3,144	12	PVC	0,54	1,16	Red Secundaria
Tubería P-152	208,795	12	PVC	0,45	0,98	Red Secundaria
Tubería P-153	2,705	8	PVC	0,34	0,74	Red Secundaria
Tubería P-154	200,460	8	PVC	0,21	0,45	Red Secundaria
Tubería P-155	744,050	12	PVC	0,08	0,18	Red Secundaria
Tubería P-157	745,831	12	PVC	0,02	0,04	Red Secundaria
Tubería P-158	27,206	8	PVC	0,22	0,48	Red Secundaria
Tubería P-160	42,846	8	PVC	0,28	0,6	Red Secundaria
Tubería P-162	405,618	16	ACERO	0,57	1,23	Red Matriz
Tubería P-163	1,820	16	ACERO	0,57	1,23	Red Matriz
Tubería P-164	8,413	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-166	6,525	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-167	899,719	12	PVC	0,04	0,09	Red Secundaria
Tubería P-168	5,042	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-170	25,388	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-173	18,142	12	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-174	336,858	12	PVC	0,04	0,09	Red Secundaria
Tubería P-175	332,977	8	PVC	0,07	0,15	Red Secundaria
Tubería P-176	19,540	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-177	21,772	12	PVC	0,58	1,19	Red Secundaria
Tubería P-179	2,133	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-180	1,462	8	PVC	0	0	Red Secundaria
Tubería P-181	28,439	12	PVC	0,21	0,45	Red Secundaria

TRAMO TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO NOMINAL (")	MATERIAL	VELOCIDAD (m/s)		TIPO DE RED
				3:00H	10:00H	
Tubería P-182	4,308	12	PVC	0	0	Red Secundaria

Fuente: WSP; 2020

Los tramos proyectados presentan una longitud mayor a la establecida por la normatividad vigente de la EAAB para diseños detallados. Esto debido a que el alcance del producto 7 es de diseños conceptuales.

Se evidencia que las redes de acueducto proyectadas en la alternativa 3 cumplen con la normatividad vigente de la EAAB.

5.3.1.4 Accesorios alternativa 3

En la Tabla 29 se relacionan las válvulas de cierre temporal y permanente proyectadas en la alternativa 3.

Tabla 29 Válvulas de cierre temporal y permanente georreferenciadas Alternativa 3

VÁLVULAS	COORDENADAS		ESTADO
	X (m)	Y (m)	
TCV-133	101,960.61	119,527.03	Abierta
TCV-137	104,006.94	120,736.13	Cerrada
TCV-139	102,788.52	120,364.75	Abierta
TCV-140	102,819.78	120,362.73	Abierta
TCV-142	103,257.47	121,344.09	Abierta
TCV-145	102,022.43	120,372.98	Cerrada
TCV-152	104,477.66	123,593.70	Cerrada
TCV-1	103,248.67	121,307.50	Cerrada
TCV-2	103,280.21	121,306.51	Cerrada
TCV-5	103,720.11	119,014.67	Abierta
TCV-6	102,866.28	119,271.20	Abierta
TCV-7	102,844.95	119,277.91	Abierta
TCV-8	101,942.02	119,547.59	Abierta
TCV-9	101,896.31	119,539.10	Abierta
TCV-10	102,839.29	119,251.59	Cerrada
TCV-11	102,859.49	119,273.30	Abierta
TCV-12	102,062.34	120,372.32	Cerrada
TCV-13	103,916.87	120,263.95	Cerrada
TCV-14	102,832.15	120,305.05	Cerrada
TCV-15	102,795.49	120,302.82	Cerrada
TCV-16	102,726.82	118,727.72	Cerrada

Fuente: WSP; 2020

El estado de las válvulas se debe a circuitos hidráulicos y criterios de operación y mantenimiento del sistema de redes de acueducto proyectado.

En la Tabla 30 se relacionan las válvulas reductoras de presión proyectadas en la alternativa 3.

Tabla 30 Válvulas reductoras de presión georreferenciadas Alternativa 3

VÁLVULAS	COORDENADAS		PRESIÓN INICIAL (m.c.a)	ESTADO
	X (m)	Y (m)		
VRP-1	104,479.07	123,598.72	50	Activa
PRV-1	104,000.48	120,745.64	50	Activa
PRV-2	103,915.66	120,288.05	50	Activa
PRV-3	102,803.03	120,334.43	50	Activa
PRV-4	103,716.48	118,977.62	50	Activa
PRV-5	102,848.74	119,253.02	50	Activa
PRV-6	102,739.01	118,720.02	50	Activa

Fuente: WSP; 2020

En el Anexo 1. “Memorias de Calculo”, 1.4 “Modelaciones Hidráulicas”, 1.4.3 “Alternativa 3”, se incluye el modelo hidráulico propuesto.

5.4 ABASTECIMIENTO SECTOR SAN JOSE DE BAVARIA

Teniendo en cuenta que en el estudio de Borde Norte se contemplaba el abastecimiento del sector de San Jose de Bavaria mediante la linea matriz de Ø24” localizada sobre la Av. Tibabita entre Autopista Norte y la Av. Villas y sobre la Av. Villas entre Av. Tibabita y la Calle 183. El presente estudio contempla en sus diseños la demanda de caudal a condicion de saturacion o redensificacion de San Jose de Bavaria.

Mediante la Invitación Pública No. ICSC-0479-2017, la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá (EAB) abrió el proceso licitatorio para la “CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE REDES LOCALES DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN EL BARRIO SAN JOSÉ DE BAVARIA, INCLUYE ADECUACIÓN HIDRÁULICA DE LOS CANALES Y VALLADOS PERIMETRALES E INTERIORES; EN CUMPLIMIENTO DE LA ACCIÓN POPULAR AP 2003-01462-01, E IDENTIFICACIÓN Y DISEÑO DE LAS CONEXIONES ERRADAS DE LAS ÁREAS AFERENTES AL CANAL CALLEJAS EN EL ÁREA DE COBERTURA DE LA ZONA 1 DE LA EAB-ESP”. , como resultado de este proceso la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá (EAB) suscribió el Contrato de Consultoría No. 1-02-31100-0831-2017 con el CONSORCIO SAN JOSÉ 2017.

Los diseños detallados de este contrato se encuentran aprobados por la EAAB y corresponden al numero de proyecto 32462 de mayo de 2018.

El proyecto 32462 plantea la siguiente alternativa de abastecimiento para el sistema de acueducto del sector San Jose de Bavaria:

“Se plantea realizar la conexión del sistema a la salida de la VRP existente en la KR 58 con Calle 170, realizando cambio de material de AC a PVC de la tubería existente de 12” sobre la Calle 170. El trazado de esta red será paralela a la red matriz de 27” proyectada por la Dirección Red Matriz de la EAB sobre la Cl. 170

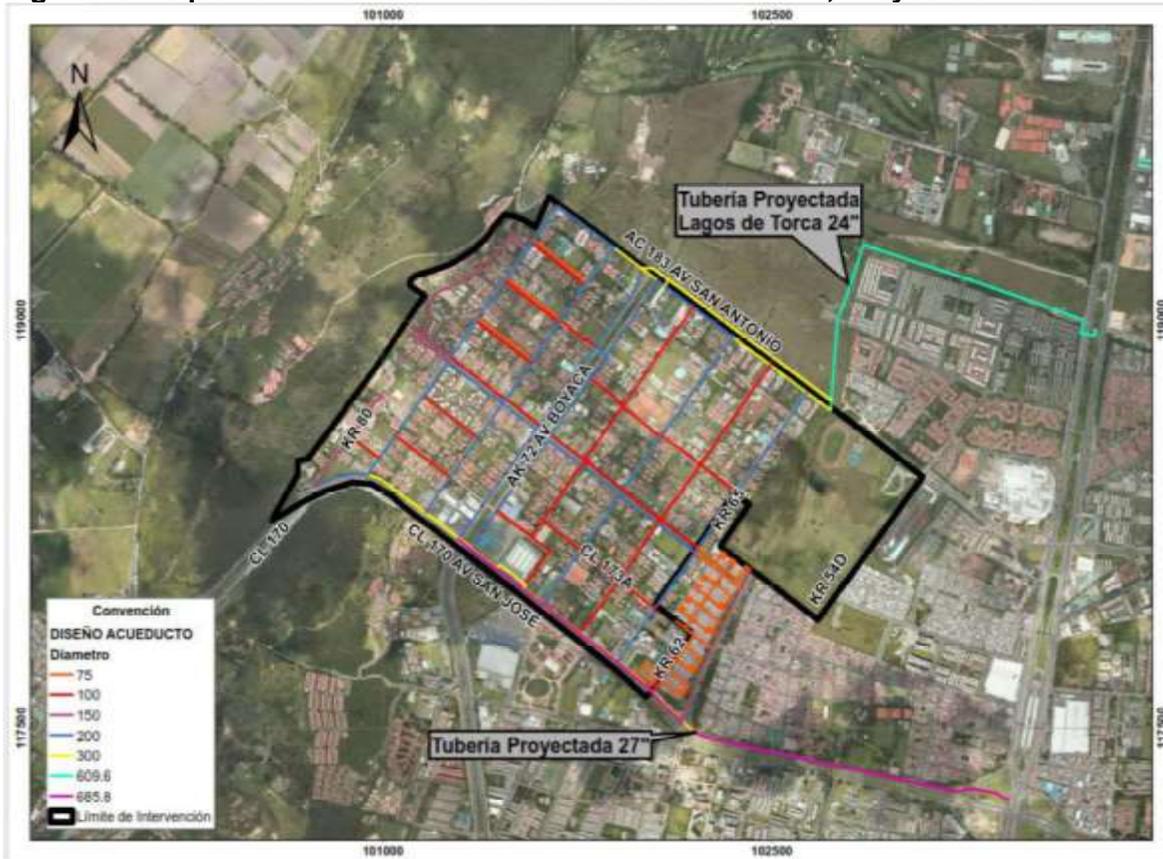
desde la Autopista Norte hasta llegar a la Kr 78. Durante el trazado se realizarán derivaciones de la red en 8" para realizar la distribución correspondiente al área de influencia del barrio San José de Bavaria. No se contempla renovación de la VRP existente."

"Esta alternativa contempla al año 2035, si las proyecciones de población se cumplen, la inclusión y entrada en funcionamiento de las redes proyectadas en el plan de desarrollo de Borde Norte (Ciudad Lagos de Torca), esto debido a que la salida en 12" en la Carrera 58 con Calle 170 por sí sola, no cuenta con la capacidad necesaria para abastecer las demandas en el sector al periodo de saturación."

"Los diseños fueron proyectados previendo que la población de saturación del Barrio San José de Bavaria se alcanzará en un periodo de 25 años".

Teniendo en cuenta lo anterior, el consorcio San Jose 2017 prevee en sus diseños el abastecimiento del sector San Jose de Bavaria a un periodo de horizonte de crecimiento mediante la línea matriz de (Ø24" Borde Norte) localizada sobre la Av. Tibabita entre Autopista Norte y la Av. Villas y sobre la Av. Villas entre Av. Tibabita y la Calle 183. Mientras que en la condición actual se abastecera de la Línea existente localizada sobre la Calle 170. En la Figura 43 se muestra el esquema de abastecimiento desarrollado por el consorcio San Jose 2017.

Figura 43 Esquema de abastecimiento San José de Bavaria, Proyecto 32462



Fuente: Consorcio San José; 2018

Teniendo en cuenta la información anteriormente presentada y basados en el proyecto en mención, se determina el caudal de diseño a un periodo de horizonte de crecimiento o redensificación de la zona. En la Tabla 31 se presenta el cálculo de caudal realizado en el proyecto 32462.

Tabla 31 Calculo de Caudal proyecto 32462

Caudal San José de Bavaria												
Población Proyecto	Población Futura (Hab)	Dotación Bruta L/Hab-Día	Caudal Residencial L/s	Caudal Comercial L/s	Caudal Institucional L/s	Caudal Escolar L/s	Caudal Residencial fuera del límite L/s	Qmd L/s	k1	QMD L/s	k2	QMH L/s
Proyecto 32468	118,250	155.00	212.14	0.49	0.10	1.90	1.90	216.53	1.30	281.49	1.4	394.08

Fuente: Consorcio San José; 2018

Por lo anterior el caudal medio diario del sector de San José de Bavaria corresponde a **216.53 L/s**. Esta demanda es la que se incorpora en las modelaciones hidráulicas de las 3 alternativas, así como en los escenarios de contingencia. En la Tabla 32 se relaciona el nodo con coordenadas y su respectiva demanda correspondiente al sector San José de Bavaria.

Tabla 32 Cuadro de nodo georreferenciado con demanda Sector San José de Bavaria

CAUDAL MEDIO SAN JOSE DE BAVARIA			
NODOS	X (m)	Y (m)	DEMANDA (L/s)
J-9635	102,747.82	118,715.69	216.53

Fuente: WSP; 2020

En el “Anexo 1 Memorias de Cálculo”, “1.4 Modelaciones Hidráulicas” del presente informe se puede verificar la asignación de la demanda correspondiente al sector San José de Bavaria. De igual forma en la Tabla 33 se presenta la demanda total de los modelos hidráulicos para el sector occidental.

Tabla 33 Demanda total modelos hidráulicos sector occidental

SECTOR	Qmd (L/s)
Costado Occidental Lagos de Torca	703.36
San José de Bavaria	216.53
Caudal medio diario Total	919.89

Fuente: WSP; 2020

Una vez distribuido el caudal medio diario del sector San José de Bavaria en los modelos hidráulicos del proyecto y para garantizar el correcto funcionamiento hidráulico del sistema, se proyecta aumentar el diámetro de la línea matriz de Ø24” a Ø27”, localizada sobre la Av. Tibabita entre Autopista norte y Av. Villas y sobre la Av. Villas entre Av. Tibabita y Calle 183.

En el “Anexo 1 Memorias de Cálculo”, “1.6 Catalogo Tubería WSP - SDI” del presente informe se incluye el catálogo de tubería en Acero tipo WSP donde se evidencia el diámetro comercial de Ø27”. De igual forma dentro de los anexos se incluye una comunicación oficial mediante oficio GG-358-2019 del 17 de diciembre del 2019 en la cual la empresa tubos SDI confirma que diseña, fabrica y distribuye para todo el país tuberías en Acero tipo WSP en diámetros desde Ø12” hasta Ø86” con sus respectivos accesorios y kits operativos.

6 COSTOS Y PRESUPUESTO APROXIMADO DE ALTERNATIVAS

Una vez desarrollados los planteamientos de las tres alternativas, en la Tabla 34 se presenta el presupuesto aproximado de cada alternativa

Tabla 34 Costos y presupuesto de alternativas de acueducto.

ACUEDUCTO RED MATRIZ		ALTERNATIVA 1 (SUGERIDA)	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
COSTOS DIRECTOS	% (índice)	\$26.681.338.099	\$23.895.471.921	\$22.272.140.682
AIU	30%	\$ 8.004.401.430	\$ 7.168.641.576	\$ 6.681.642.205
CD+CI		\$34.685.739.529	\$31.064.113.498	\$28.953.782.886
AMBIENTAL	7,00%	\$1.867.693.666,96	\$1.672.683.034,49	\$1.559.049.847,73
SOCIAL	2,00%	\$533.626.761,99	\$477.909.438,43	\$445.442.813,64
PMT	3,50%	\$933.846.833,48	\$836.341.517,25	\$779.524.923,86
CD+CI+GESTIONES		\$38.020.906.792	\$34.051.047.488	\$31.737.800.472
INTERVENTORIA	7,00%	\$2.661.463.475,42	\$2.383.573.324,15	\$2.221.646.033,01
TOTAL ALTERNATIVAS		\$40.682.370.267	\$36.434.620.812	\$33.959.446.505

Fuente: WSP; 2020

La estimación de costos para suministro en instalación de accesorios para esta etapa de diseños fue acordada por la consultoría con la EAAB y la interventoría en un 30% adicional en longitud de tuberías.

Para ampliar la información relativa a los costos y presupuestos de las diferentes alternativas se debe ver el Producto 12 - Presupuesto a nivel de actividades con sus respectivos Análisis de Precios Unitarios - Plan de Operación y mantenimiento, de igual forma se presenta la información en el anexo 2 “Presupuesto”, 2.1 “Cantidades”, 2.2 “Presupuestos estimados” del presente informe.

6.1 ANALISIS DE TIPOS DE TUBERÍAS PARA ACUEDUCTO

En este capítulo se presentará el análisis de los tipos de tuberías para redes matrices y redes secundarias aceptadas y establecidas en las Normas Técnicas NP-032 “Tuberías Para Acueducto” y NS-123 “Criterios Para Selección De Materiales De Tuberías Para Redes De Acueducto Y Alcantarillado” de la Empresa de Acueducto de Bogotá EAAB-ESP.

6.1.1 Materiales Aceptados por la EAAB-ESP.

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

6.1.1.1 Redes Matrices

- En Acero (HA).
- En concreto con cilindro de acero con refuerzo de varilla y revestimientos en mortero de cemento (CCP).
- En concreto reforzado para presión, con cilindro de acero (RCCP).
- En concreto reforzado para presión, sin cilindro de acero (RCP).
- En Hierro Dúctil (HD).
- En policloruro de vinilo (PVC).
- En Poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP).

6.1.1.2 Redes Secundarias y Menores de Distribución

- En Acero (HA)
- En concreto con cilindro de acero con refuerzo de varilla y revestimientos en mortero de cemento (CCP)
- En Hierro Dúctil (HD)
- En Policloruro de Vinilo (PVC)
- En Policloruro de Vinilo Orientado (PVC-O)
- En polietileno (PE)
- En Poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP)

De igual forma los accesorios para tuberías de acueducto deben cumplir con los requisitos de la norma técnica NP-011 "Accesorios para acueducto" de la EAAB-ESP.

6.1.2 Tubería de Acero (HA)

A continuación, se presentan los siguientes características y parámetros técnicos de esta tubería. Es importante mencionar que dentro de las tuberías de Acero se encuentran las Tuberías de Acero Soldado "WSP".

6.1.2.1 Requisitos de la Tubería

La EAAB-ESP acepta tubería de acero sin soldadura (sin costura) para diámetros exteriores entre 76 mm (3") y 200 mm (8") y tubería de acero soldada (con costura) para diámetros reales entre 75 mm (3") y 660 mm (26") que cumplan los requisitos de la norma "AWWA C200 Steel water pipe-6in (150mm) and larger".

Las uniones que se aceptan para la tubería de acero para acueducto pueden ser de dos tipos:

- a. Uniones Rígidas: Uniones soldadas a tope o mediante manguito y Uniones con bridas.
- b. Uniones Flexibles: Uniones con campana y empaque elastomérico.

6.1.2.1.1 Recubrimiento Interior

La tubería de acero debe estar revestida internamente con una capa de mortero de cemento, de acuerdo con las especificaciones de la norma técnica *"AWWA C205 Cement-mortar protective lining and coating for steel water pipe-4 in. (100 mm) and larger-shop applied"* o con una capa de pintura epóxica de acuerdo con lo establecido en la norma *"AWWA C210 Liquid-epoxy coating systems for the interior and exterior of steel water pipelines"*, y teniendo en cuenta que todo material en contacto con el agua debe cumplir con los requisitos de la norma *"ANSI/NSF 61 Drinking water system components-health effects"*.

Cuando el recubrimiento interno sea con una capa de mortero de cemento, el cemento usado deberá ser Portland resistente a los sulfatos, que cumpla con las normas *"ASTM C150 Standard specification for portland cement"* tipo II y tipo V. La arena usada debe estar constituida por granos de sílice, inertes, duros, resistentes y durables. El agua usada para la mezcla debe ser potable y libre de cantidades dañinas de materia orgánica, álcali, sal u otras impurezas que pudieran reducir la resistencia, la durabilidad u otras cualidades de EAABles del revestimiento.

6.1.2.1.2 Recubrimiento Exterior

La tubería y los accesorios de acero deberán estar recubiertos externamente por una pintura negra, bituminosa, no menor a 70 micras de espesor medio de película seca y con espesor mínimo localizado de 50 micras. La capa deberá ser lisa, no deberá ser quebradiza en presencia de temperaturas bajas ni pegajosa si se expone a los rayos del sol, y deberá ser fuertemente adherible a la tubería. La colocación del recubrimiento se debe dar de acuerdo con las especificaciones de la norma *"AWWA C214 Tape coating systems for the exterior of steel water pipelines"*.

6.1.3 Tubería De Concreto Con Cilindro De Acero Con Refuerzo De Varilla Y Revestimientos En Mortero De Cemento (CCP)

La EAAB-ESP acepta tuberías de concreto con cilindro de acero con refuerzo de varilla y revestimientos en mortero de cemento (CCP), para diámetros reales entre 250 mm (10") y 1.520 mm (60"), para presiones nominales entre 1.034 kPa (150 psi) y 2.758 kPa (400 psi), que cumplan los requisitos de la norma *"NTC 747 Tubos de concreto para presión, tipo cilindro de acero, con refuerzo de varilla"*

Todo material en contacto con el agua debe cumplir con los requisitos de la norma *"ANSI/NSF 61 Drinking water system components-health effects"*.

6.1.4 Tubería De Concreto Reforzado Para Presión, Con Cilindro De Acero (RCCP)

La EAAB-ESP acepta tuberías de concreto reforzado para presión con cilindro de acero (RCCP), para diámetros reales entre 750 mm (30") y 3.700 mm (144"), que cumplan con los requisitos de la norma técnica *"AWWA C300 Reinforced concrete pressure pipe, steel-cylinder type"*

El concreto, el mortero de cemento o la lechada pueden contener un aditivo para reducir el agua y controlar el fraguado, que cumpla lo establecido en la norma *"NTC 747 Tubos de*

concreto para presión, tipo cilindro de acero, con refuerzo de varilla" segunda actualización (Documento de referencia ANSI/AWWA C303/95), siguiendo los procedimientos indicados en la norma ASTM C494/99.

Todo material en contacto con el agua debe cumplir con los requisitos de la norma "ANSI/NSF 61 Drinking water system components-health effects".

6.1.5 Tubería De Concreto Reforzado Para Presión, Sin Cilindro De Acero (Rcpp)

La EAAB-ESP acepta tubería de concreto reforzado para presión, sin cilindro de acero (RCPP), para diámetros reales entre 300 mm (12") y 1.600 mm (64"), que cumpla la norma técnica "AWWA C302 Reinforced concrete pressure pipe, noncylinder type".

El concreto, el mortero de cemento o la lechada pueden contener un aditivo para reducir el agua y controlar el fraguado, que cumpla lo establecido en la norma "NTC 747 Tubos de concreto para presión, tipo cilindro de acero, con refuerzo de varilla" segunda actualización (Documento de referencia ANSI/AWWA C303/95), siguiendo los procedimientos indicados en la norma ASTM C494/99.

Todo material en contacto con el agua debe cumplir con los requisitos de la norma "ANSI/NSF 61 Drinking water system components-health effects".

6.1.6 Tubería De Hierro Dúctil (HD)

A continuación, se presentan las características de la tubería mencionada.

6.1.6.1 Características de la tubería

La EAAB-ESP acepta tubería de hierro dúctil (HD) para diámetros reales iguales a 80 mm, para el caso específico de uso en conexiones a hidrantes, y diámetros entre 100 mm y 2.000 mm para redes externas, para presiones nominales hasta 2.758 kPa (400 psi), que cumplan con los requisitos de la norma técnica "NTC 2587 Tubos, acoples y accesorios de hierro dúctil y sus juntas, para aplicaciones en gas o agua".

El uso de tubería en Hierro Dúctil en diámetros mayores a los establecidos anteriormente está sujeto a evaluación y sólo se podrá presentar en el caso en que la Empresa de Acueducto lo requiera para proyectos especiales.

6.1.6.2 Requisitos de recubrimiento

A continuación, se presentan los requisitos de recubrimiento de la tubería mencionada.

6.1.6.2.1 Recubrimiento Interior

La tubería de Hierro Dúctil debe estar revestida internamente con una capa de mortero de cemento resistente a los sulfatos y aplicada mediante un proceso de centrifugado a alta velocidad. Los revestimientos con grietas mayores a 0,8 mm no son aceptables. El recubrimiento interno de la tubería debe cumplir con los requisitos de la norma técnica "NTC 4952 Tubos de hierro dúctil para línea de tubería con o sin presión. Revestimiento interior con mortero de cemento centrifugado. Requisitos generales".

6.1.6.2.2 Recubrimiento Exterior

La tubería y los accesorios de hierro dúctil, como mínimo deberán estar recubiertos externamente por una capa de pintura negra bituminosa y una capa de Zinc metálico.

La capa de pintura negra bituminosa no debe ser menor a 70 micras de espesor medio de película seca y un espesor mínimo localizado de 50 micras. La capa de pintura bituminosa deberá ser lisa y no deberá ser quebradiza en presencia de temperaturas bajas ni pegajosa si se pone a los rayos del sol, y deberá ser fuertemente adherible a la tubería. Toda la tubería de hierro dúctil, revestida de mortero de cemento interiormente, deberá tener un recubrimiento de pintura bituminosa negra de aproximadamente 50 micras de espesor en el interior de las campanas y en el exterior de los espigos.

El recubrimiento exterior en zinc metálico debe cumplir con los requerimientos de la norma *"NTC 4937-1 Tubería de hierro dúctil. Revestimiento exterior de zinc. Parte 1, Zinc metálico con capa de acabado"*.

6.1.7 Tubería De Policloruro De Vinilo (PVC)

A continuación, se presentan las características de la tubería mencionada.

6.1.7.1 Unión Soldada

La EAAB-ESP acepta tuberías de policloruro de vinilo (PVC) con unión soldada, para uso en acometidas domiciliarias y derivaciones, en diámetros reales entre 25 mm (1") y 102 mm (4"), para presiones nominales de acuerdo con los valores que se encuentran especificados en la siguiente tabla y que cumplan con los requisitos de la norma *"NTC 382 Plásticos. Tubos de Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) clasificados según la presión (Serie RDE)"*.

Todo material en contacto con el agua debe cumplir con los requisitos de la norma *"ANSI/NSF 61 Drinking water system components-health effects"*.

6.1.7.1.1 Unión Mecánica

La EAAB-ESP acepta tuberías de policloruro de vinilo (PVC) con unión mecánica, para uso en acometidas domiciliarias, derivaciones y redes externas, en diámetros reales entre 60 mm (2") y 500 mm (20"), para presiones nominales de acuerdo con los valores que se encuentran especificados en la siguiente Tabla y que cumplan con los requisitos de la norma *"NTC 382 Plásticos. Tubos de Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) clasificados según la presión (Serie RDE)"*.

Las uniones con sellos elásticos (empaques) para tubería de PVC deben estar instaladas en la tubería, a menos que se indique lo contrario, y deben cumplir con la norma *"NTC 2295 Uniones con sellos elastoméricos flexibles para tubos plásticos empleados para el transporte de agua a presión"*.

Todo material en contacto con el agua debe cumplir con los requisitos de la norma *"ANSI/NSF 61 Drinking water system components-health effects"*.

Tabla 35 Presiones nominales para tuberías de acueducto en Policloruro de Vinilo (PVC)

RELACIÓN DIMENSIONAL ESTANDAR (RDE)	PRESIÓN NOMINAL KPa (psi)
13.5	2.172 (315)
17	1.724 (250)
21	1.379 (200)
26	1.103 (160)

Fuente: Norma Técnica NP-032 EAAB-ESP.

6.1.8 Tubería De Policloruro De Vinilo Orientado (PVC-O)

La EAAB-ESP acepta tubería de poli cloruro de vinilo orientado (PVC-O), para diámetros reales entre 102 mm (4") hasta 305 mm (12"), para presiones nominales de 1.103 kPa (160 psi) y 1.379 kPa (200 psi), que cumpla con las especificaciones de la norma "ASTM F1483 *Standard specification for oriented poly (Vinyl chloride), PVCO, pressure pipe*"

Las uniones con sellos elásticos (empaques) para tubería de PVC-O deben estar instalados en la tubería, a menos que se indique lo contrario, y deben cumplir con la norma "NTC 2295 *Uniones con sellos elastoméricos flexibles para tubos plásticos empleados para el transporte de agua a presión*".

Los accesorios para Tuberías de Policloruro de Vinilo Orientado deben cumplir con las especificaciones de la norma "NTC 382 *Plásticos. Tubos de Poli (Cloruro de Vinilo) (PVC) clasificados según la presión (Serie RDE)*".

Todo material en contacto con el agua debe cumplir con los requisitos de la norma "ANSI/NSF 61 *Drinking water system components-health effects*".

6.1.9 Tubería De Poliéster Reforzado Con Fibra De Vidrio (GRP)

La EAAB-ESP acepta tubería de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP), para diámetros reales entre 300 mm (12") hasta 1.200 mm (48"), para presiones nominales de PN 16 (232 psi), que cumplan con los requisitos de la norma técnica NTC 3871 "*Plásticos. Tubos de fibra de vidrio (resina termoestable reforzada con fibra de vidrio) para uso en sistemas a presión*".

La rigidez mínima exigida para este tipo de tubería debe ser de 5.000 N/m². Las juntas con sellos elastoméricos deben cumplir las indicaciones de la norma NTC 3877 "*Plásticos. Especificaciones para juntas de tubos de fibra de vidrio (resina termoestable reforzada con fibra de vidrio) usando sellos elastoméricos*".

Las uniones por laminación deben cumplir con las indicaciones definidas en la norma técnica NTC 2888 "*Laminados de plástico termoestables reforzados (PTR) moldeados por contacto para equipos resistentes a la corrosión para el tipo II citado en esta norma técnica*".

Para el desarrollo de las labores de laminación se deben tener en cuenta las recomendaciones especiales del fabricante de la Tubería.

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

Para el diseño de redes de tuberías que trabajan a presión deben definirse los siguientes parámetros que inciden en la selección de material de tubería:

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

Adicionalmente se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Rango de presiones y velocidades en que va a trabajar la tubería
- Posibilidad de la presencia de efectos de cavitación, golpe de ariete y transientes en el sistema

Otros aspectos a tener en cuenta para la selección son los siguientes: (Los siguientes parámetros aplican solo para redes de Acueducto).

- El comportamiento estructural de las tuberías debe absorber las cargas diferenciales producidas por asentamientos o reacomodación de la superficie portante, generadas por las cargas vivas y muertas de las vías.
- Los procedimientos para reparación pueden emplear epóxicos, soldaduras puntuales o la instalación de parches soldados por lo cual se disminuyen los tiempos de intervención y los volúmenes de excavación.
- Se deberá asegurar el menor número de anclajes y tamaño de los mismos buscando que se comporte como un elemento rígido mediante el uso de soldadura por tramos de tubería, especialmente en redes que presentan cambios pronunciados de alineamiento vertical y horizontal.
- Las tuberías a instalar deberán presentar el menor índice de daños por metro lineal instalado según las estadísticas de la Empresa con el objeto de asegurar la operatividad del sistema y reducir el riesgo de daños por causas no imputables a la operación.
- El dimensionamiento a la presión externa uniforme y radial debe ser hecho de manera que no ocurra el colapso de la tubería cuando exista presión negativa en su interior; al respecto debe realizarse el estudio del golpe de ariete para la sección donde será instalada la tubería, con el fin de determinar la magnitud de la posible presión negativa que debe resistir la tubería. Para casos especiales, la tubería deberá permitir refuerzos la tubería con anillos de acero convenientemente espaciados y dimensionados.

6.3 SELECCIÓN DE MATERIAL DE TUBERÍA PARA REDES DE TUBERÍAS A PRESIÓN

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

- Rango de presiones en que va a trabajar la tubería y diámetros disponibles en el Mercado
- Pérdidas de carga por fricción
- Calidad de agua que va a transportar la tubería
- Posibilidad de la presencia de efectos de cavitación, golpe de ariete, transiente en la tubería.
- Cargas externas que actúan sobre la tubería y la profundidad de cimentación requerida de la tubería según la norma de la EAAB-ESP *"NS-035 Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado"*.
- Condiciones de instalación
- Facilidades de reparación y rehabilitación de tuberías
- Facilidades de suministro de accesorios

Teniendo en cuenta los análisis, parámetros y criterios anteriormente mencionados, para la Red Matriz proyectada de 24" y 16" se selecciona las tuberías de Acero Soldado (WSP), los diámetros varían entre 18" a 144", con espesores de hasta 1,25" y para presiones de trabajo de hasta 500 psi (35kg/cm²). Las Tuberías de Acero Soldado se fabrican con bobinas de acero formadas helicoidalmente y soldadas en cilindros o con una placa de acero que se enrolla y se suelda en los cilindros de forma longitudinal. Los cilindros generalmente se recubren en su interior con mortero cemento.

Para las redes secundarias proyectadas de 12" y 8" se selecciona las tuberías de policloruro de vinilo (PVC) con unión mecánica, teniendo en cuenta las presiones nominales y velocidades proyectadas. De igual forma las facilidades de condiciones de instalación, reparación, rehabilitación y de suministro de accesorios determino la mejor opción para las redes secundarias.

7 EVALUACIÓN DE MATRIZ MULTICRITERIO

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

7.1 MÉTODOS DE DECISIÓN MULTICRITERIO (MCDM)

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

La Tabla 36 muestra la clasificación de los métodos multicriterio existentes de acuerdo con su enfoque.

Tabla 36 Clasificación de los métodos multicriterio.

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

Fuente: WSP; 2020

7.2 MÉTODOS BASADOS EN LA TEORÍA DEL VALOR

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

7.2.1 Método Jerárquico Analítico (AHP)

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

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

7.2.2 Proceso Analítico de Redes (ANP)

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

7.3 MÉTODOS DE SELECCIÓN DE CRITERIOS Y ASIGNACIÓN DE PORCENTAJES

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

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

La Tabla 37 se presenta algunos de los métodos empleados para asignación de pesos en selección de contratistas en proyectos de construcción o infraestructura.

Tabla 37 Métodos de Selección de Criterios y Asignación de Porcentajes.

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

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

Fuente: WSP; 2020

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

7.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES

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

7.4.1 Predial

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

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

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

7.4.2 Gestión de Tramites

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

Este componente tiene en cuenta los tramites y/o permisos que se deben efectuar ante las distintas entidades públicas del Distrito, así como los permisos por la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR). Lo anterior teniendo en cuenta la proyección de redes de acueducto sobre el corredor vial de la futura Av. Boyacá que cruza la Reserva Thomas Van Der Hammen.

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

7.4.3 Social

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

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

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

7.4.4 Ambiental

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

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

7.4.5 Componente Técnico

Teniendo en cuenta las evaluaciones técnicas de las alternativas proyectadas del sistema de acueducto del proyecto Lagos de Torca que son presentadas en el numeral 5 del presente informe, este componente técnico hace referencia principalmente a la complejidad constructiva de cada alternativa, así como a la interacción con redes de acueducto del costado oriental y las interferencias con cajas de puntos de conexión red matriz, cámaras, box culvert, EBAR, Cerchas) del proyecto Lagos de Torca.

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

7.4.6 Armonización con Unidades Funcionales del Fideicomiso Lagos de Torca

Este componente se desarrolla acorde a las unidades funcionales del Fideicomiso Lagos de Torca. El objetivo es evaluar la concordancia de cada una de las alternativas proyectadas del sistema de acueducto con las unidades funcionales estipuladas en el fideicomiso. Es importante resaltar que a la fecha de elaboración de este informe se presentan dos (2) unidades funcionales para el costado occidental. El análisis y evaluación de esta información se presenta de manera detallada en el numeral “8.4 Desarrollo Unidades funcionales y/o Etapas de Desarrollo”

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

7.4.7 Operación y Mantenimiento

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

La EAAB ha establecido procesos de mantenimiento correctivo y preventivo con una periodicidad específica que permite mejorar las condiciones de prestación de los servicios.

Este componente se centra adicionalmente en el funcionamiento del sistema de acueducto en operación normal y en los escenarios de contingencia de abastecimiento desde la línea matriz Tibitoc – Casablanca o Tibitoc - Usaquén. Lo anterior teniendo en cuenta que las alternativas evaluadas del sistema de acueducto, presentan diferencias en sus trazados y cierres de mallas hidráulicas, lo que afecta directamente la operación del sistema de acueducto.

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

7.4.8 Análisis de Riesgo

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

En cuanto a los sistemas de red matriz de acueducto, como riesgos y factores de vulnerabilidad para los sistemas se tienen, entre otros, la fatiga de materiales de tuberías e instalaciones y la necesidad del cambio de tecnologías, que dan paso al mejoramiento continuo de la operación de la red.

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

7.4.9 Económico

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

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

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

7.5 SELECCIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN

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

7.5.1 Predial

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

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

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

7.5.2 Gestión de Tramites

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

- Trámites ante entidades públicas– 100%

Se otorga una calificación numérica de acuerdo con el impacto que tiene la alternativa en cada uno de los componentes antes descritos. El porcentaje de ponderación de criterios para el trámite ante entidades públicas es del 100%. Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente de gestión de tramites corresponde al 10%.

7.5.3 Social

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

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

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

7.5.4 Ambiental

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

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

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

El ejercicio que permite evaluar los criterios de este componente, se basa en la superposición de las tres (3) alternativas de acueducto con la información detallada del componente biótico (Flora, Fauna, Cuerpos de Agua, entre otros). Lo anterior para determinar la afectación que tiene cada tramo de las redes proyectadas respecto a los criterios del componente. Para dar mayor claridad, se presenta a manera de ejemplo la Figura 44 en donde se observa la superposición descrita anteriormente. Cabe resaltar que la imagen corresponde a la alternativa sugerida del sistema de acueducto, sin embargo,

este ejercicio se realizó para todas las alternativas. De igual forma se incluye en el Anexo 1.8 “Cobertura LDT” la información correspondiente en formato shape para verificación de la información. Debido a la gran cantidad de coberturas que se presentan en la delimitación del Plan Zonal Lagos de Torca, se incluye también en el anexo, las convenciones de las coberturas que se presentan en la Figura 44.

Figura 44. Cobertura Componente Ambiental Vs Alternativa 1 sistema de acueducto.



Fuente: WSP, 2020.

7.5.5 Componente Técnico

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

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

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

7.5.6 Armonización con Unidades Funcionales del fideicomiso Lagos de Torca

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

- Concordancia con desarrollo de unidades funcionales– 100%

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

7.5.7 Operación y Mantenimiento

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

- Operación y mantenimiento de estructuras y cuerpos de agua– 40%
- Funcionamiento del sistema de Acueducto "Operación Normal"– 30%
- Funcionamiento del sistema de Acueducto "Operación Contingencia"– 30%

Este componente tiene un peso del 10% sobre la totalidad evaluada y permite calificar el desarrollo de la alternativa desde el punto netamente de operación y mantenimiento, de esta manera se tienen en cuenta aspectos como operación y mantenimiento de estructuras y cuerpos de agua (40%), Funcionamiento del sistema de Acueducto "Operación Normal" (30%) y Funcionamiento del sistema de Acueducto "Operación Contingencia" (30%). Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente de operación y mantenimiento corresponde al 10%.

7.5.8 Análisis de Riesgo

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

- Vulnerabilidad del sistema de Acueducto– 100%

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

7.5.9 Económico

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

- CAPEX – 70%
- OPEX – 30%

De esta manera se evalúa el impacto que tiene la alternativa en el componente económico. El porcentaje de ponderación de criterios el CAPEX es del 70%, mientras que para el criterio

OPEX es del 30%. Es importante resaltar que el porcentaje asignado al componente económico corresponde al 10%.

7.6 DETERMINACIÓN Y ASIGNACIÓN DE PORCENTAJES

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

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

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

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

El proceso de jerarquización se basa en comparaciones por pares: Se debe comparar las alternativas (*A1, A2, A3*) con respecto a un componente y se asigna un valor numérico para darles un peso o porcentaje relativo. La comparación se basa en una escala fundamental que puede variar, por lo cual se puede seleccionar entre alguna escala utilizada previamente o definir una nueva. Para este caso se definió una escala discreta, se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38 Definición Escala Definida de Importancia Relativa.

Valor Numérico	Descripción
1	Menos Favorable
5	Favorable
9	Mas Favorable

Fuente: WSP; 2020

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

Tabla 39 Definición de Valores mínimos y máximos.

Valor Numérico	Descripción
1	Mínimo
9	Máximo

Fuente: WSP; 2020

En la Tabla 40 se presenta la matriz multicriterio con una evaluación asumida por el consultor.

Tabla 40 Evaluación Matriz Multicriterio

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

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

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

ID	Componente a considerar	No.	Criterios de evaluación	Unidad	Ponderación por Componente	Ponderación por Criterio	Escala de comparación			Vector de prioridad		
							Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
7	Operación y mantenimiento	1	Operación y mantenimiento de estructuras y cuerpos de agua.	Escala Discreta (1- Menos Favorable ,5 Favorable y 9 Mas Favorable)	10%	40%	9	5	1	0,9	0,5	0,1
		2	Funcionamiento del sistema de Acueducto "Operación Normal".	Escala Discreta (1- Menos Favorable ,5 Favorable y 9 Mas Favorable)		30%	9	5	1			
		3	Funcionamiento del sistema de Acueducto "Operación Contingencia".	Escala Discreta (1- Menos Favorable ,5 Favorable y 9 Mas Favorable)		30%	9	5	1			
8	Análisis de Riesgo	1	Vulnerabilidad del sistema de Acueducto	Escala Discreta (1- Menos Favorable ,5 Favorable y 9 Mas Favorable)	5%	100%	9	5	1	0,45	0,25	0,05

ID	Componente a considerar	No.	Criterios de evaluación	Unidad	Ponderación por Componente	Ponderación por Criterio	Escala de comparación			Vector de prioridad		
							Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
9	Económico	1	CAPEX	Escala Discreta (1- Menos Favorable ,5 Favorable y 9 Mas Favorable)	10%	70%	1	5	9	0,34	0,5	0,66
		2	OPEX	Escala Discreta (1- Menos Favorable ,5 Favorable y 9 Mas Favorable)		30%	9	5	1			
					100%				5,28	5,00	4,72	
									La Alt 1 es la más viable técnica y económicamente			

Fuente: WSP; 2020

Luego de la evaluación de alternativas mediante la matriz multicriterio se obtuvo que la alternativa 1 es la más viable desde el punto de vista técnico y económico. Debe Tenerse en cuenta que con la implementación de esta alternativa se consigue realizar los cierres de anillos hidráulicos del sistema de acueducto, lo que genera un funcionamiento hidráulico óptimo, ocasionando directamente una mejor operación y mantenimiento del sistema. De igual forma presenta una favorabilidad en la armonización con el desarrollo de las unidades funcionales del proyecto. El valor total otorgado de evaluación corresponde a 5,28 para la alternativa más viable. De igual forma la alternativa 2 logra la segunda evaluación más alta con un valor de 5,00. La diferencia entre la alternativa 1 y 2, consiste básicamente en los cierres de mallas hidráulicos del sistema de acueducto. La evaluación más baja de la matriz multicriterio se le otorga a la alternativa 3 con un valor de 4,72, lo anterior debido a que esta alternativa presenta una desfavorabilidad en el componente de operación y mantenimiento y la poca armonización con las unidades funcionales del proyecto.

8 ALTERNATIVA SUGERIDA UNIFICADA

En los sistemas unificados se proyecta el suministro desde los sistemas principales de red matriz conformado por las líneas Tibitoc-Usaquén y Tibitoc - Casablanca.

Para la obtención de los caudales de abastecimiento de agua potable se partió de la información correspondiente a la totalidad del número de viviendas de los planes parciales del plan zonal suministrados por el Fideicomiso Lagos de Torca y de las estimaciones de población y demanda en cada uno de los estratos que harán parte del plan zonal, según la información disponible y como se mostró en el numeral 4.3 del presente informe.

8.1 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

Como se puede observar en el desarrollo del presente informe se analizaron todas las alternativas del sector occidental así mismo el otro consultor lo realizó para el costado oriental, teniendo en cuenta los puntos de conexión al sistema integrado de forma tal que funcionen de manera independiente.

Dentro de los modelos unificados se identifican tres escenarios uno de ellos es el operativo el cual consiste para el sector oriental las tres salidas de la línea Tibitoc Usaquén y para el sector occidental las 4 salidas sobre la línea Tibitoc Casablanca.

Los otros dos escenarios se conocen como de contingencia, y corresponde al suministro total de lagos de torca uno de ellos desde la Red Tibitoc-Usaquén y el otro desde La red Tibitoc Casablanca.

Cada escenario contemplo las presiones y velocidades óptimas con la selección de los diámetros óptimos.

Se consideró un solo patrón de consumo para los dos sectores, de forma tal que se logró coincidencia en los horarios de máxima y mínima demanda (3:00 am. Caudal mínimo, 10:00am caudal Máximo).

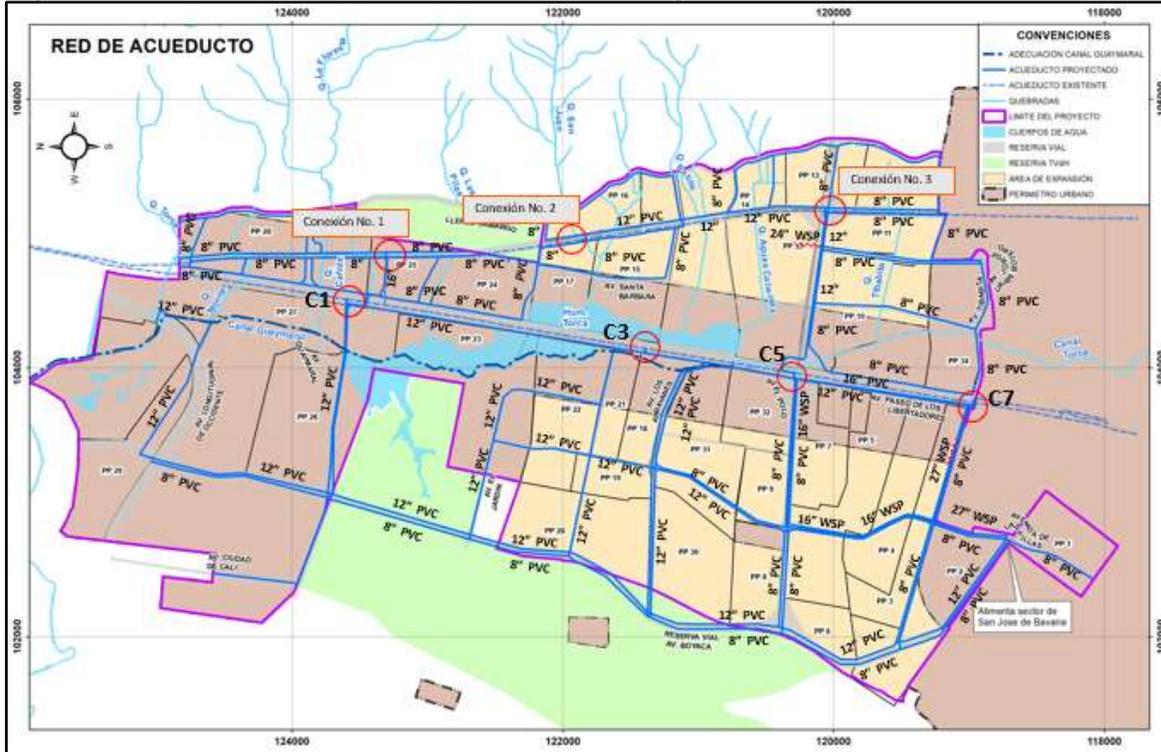
Los diámetros seleccionados en todas las alternativas permitieron obtener modelos que arrojaron resultados aceptables; sin embargo, se seleccionaron las alternativas que permitieron al definir alternativas de servicio del sistema integrado los resultados menos desfavorables.

En todas las alternativas se dejaron ERP a la salida de la red matriz de forma que no se afecten las presiones del sistema.

Los diámetros se proyectaron para que las presiones mínimas en todas las modelaciones sean superiores a 15 mca y las velocidades máximas menores a 2.5 m/s.

La alternativa unificada para el sistema de acueducto tiene en cuenta la alternativa 3 del costado oriental y la alternativa 1 del costado occidental, lo que se muestra en la Figura 45 donde se muestran las conexiones a la red matriz que se plantean.

Figura 45. Conexiones sistema de acueducto Lagos de torca Unificado.



Fuente: HMV Ingenieros - WSP, 2020.

8.1.1 Redes de acueducto costado oriental

El abastecimiento del costado oriental se realiza mediante tres (3) puntos de conexión a la Red Matriz Tibitoc – Usaquén de Ø60". Y dos redes de interconexión con la red Tibitoc Casablanca de diámetro Ø24" sobre la calle 200 y de Ø16" sobre la calle 235 sector de puente Piedra. A continuación, se presentan los puntos seleccionados para la conexión de la Red Matriz.

- Conexión 1 Puente Piedra Ø16". Existente.
- Conexión 2 Edecanes Ø12". Existente.
- Conexión 3 Av el polo de Ø24" proyectado.
- C1 Guaymaral Ø16".
- C5 (Calle 200) Ø16" (se realizará derivación desde está red a Ø24").

Como alternativa inicial se proyecta la conexión a la salida existente de Edecanes de Ø12" como conexión provisional para los planes parciales del centro del proyecto lagos de torca. Es necesario incluir una Estación de Regulación de Presión de Ø12" a continuación de la derivación. Para los planes del sector norte del costado oriental se proyecta la conexión en el sector de puente piedra de la derivación de Ø16" allí también se proyecta una Estación de Regulación de Presión de Ø16" (la cual tendrá una descripción más detallada en el producto 14).

En el sector sur la derivación es de Ø24" que será nueva a la red Tibitoc Usaquén. En ese lugar se proyectan dos estaciones reguladoras de presión, una entrará en primer momento

para dar suministro al sector sur de la calle 200, la otra entrará en funcionamiento como remplazo de la salida de Edecanes al finalizar el desarrollo completo de lagos de torca.

La alternativa seleccionada ofrece la cercanía de la conexión a la red matriz y la facilidad de suministro a los planes parciales.

8.1.2 Redes de acueducto costado occidental

El abastecimiento del costado occidental se realiza mediante cuatro (4) puntos de conexión a la Red Matriz Tibitoc – Casablanca de Ø72". A continuación, se presentan los puntos seleccionados para la conexión de la Red Matriz.

- C1 Guaymaral Ø16".
- C3 Colegio San Viator Ø16".
- C5 Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) Ø16".
- C7 Makro (Calle 193) Ø27".

Una vez seleccionados los puntos de conexión para el abastecimiento del Proyecto Torca, se hace necesario en la alternativa 1 incluir siete (7) Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a la salida de cada punto o caja de la red matriz con el fin de garantizar las presiones máximas permitidas por la EAAB, los diámetros de estas válvulas son de Ø6" y están localizadas sobre las redes secundarias de Ø12". Es importante aclarar que para el producto 14 "Alternativa Sugerida" se realizará una descripción más detallada sobre las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP).

De la conexión C7 correspondiente a Makro (Calle 193) se proyecta una red matriz de Ø27" sobre la Calle 191 (Av. Tibabita) desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 55 (Av. Villas), y desde la Calle 191 hasta la Calle 183. De este punto se alimenta una red de Ø12" en PVC por el costado norte de la Calle 183 continuando hasta la AK 72 (Avenida Boyacá). De igual forma y para cerrar la malla del sector, se proyectan redes de Ø8" por el costado sur de la Calle 183 y la Calle 191 (Av. Tibabita) entre AK 55 (Av. Villas) y AK 72 (Avenida Boyacá). De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca. Es importante mencionar que con la proyección de la red matriz de Ø27" se contempla el abastecimiento del sector San José de Bavaria a un periodo de horizonte de crecimiento o redensificación.

De la conexión C5 correspondiente a Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) se proyecta una red matriz de Ø16" sobre la AC 201 (Av. El Polo) desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 55 (Av. Villas), continuando por esta última hasta la Calle 191 (Av. Tibabita) y empatándose con la Red Matriz de Ø27" proyectada desde el punto C7. Por la AC 201 (Av. El Polo) se proyectan dos redes secundarias de Ø8" en PVC localizadas en los costados sur y norte de la Av. El Polo, desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Avenida Boyacá), empatándose a la red proyectada de Ø12" en PVC sobre el costado oriental de la AK 72 (Avenida Boyacá). Así mismo se proyecta una red de Ø12" en PVC sobre el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) la cual se prolongará hasta la altura de la Av. Arrayanes. De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca.

De la conexión C3 correspondiente al Colegio San Viator se proyectan redes de Ø12" en PVC cerrando las mallas correspondientes al sector aferente. De igual forma, se proyectan

en este diámetro para poder garantizar las presiones mínimas y máximas establecidas en la normatividad de la EAAB. De este punto de conexión se refuerzan las redes de Ø8" y Ø12" en PVC sobre el costado occidental y oriental de la AK 72 (Avenida Boyacá), esto con el fin de aumentar sus presiones garantizando que en la hora de demanda pico no presente problemas de operación. Es importante mencionar que para la alternativa 1 se proyectan redes por la AK 72 (Avenida Boyacá) por el corredor vial proyectado de la Avenida. Adicionalmente por el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) se prolonga red de Ø12" en PVC esto se realiza con el fin de reforzar y cerrar los anillos hidráulicos del sector. De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca.

Así mismo se proyectan dos redes de Ø12" en PVC sobre el costado sur y norte de la Av. Arrayanes entre la AK 45 (Autopista Norte) y la AK 72 (Avenida Boyacá). Se realiza la prolongación de las redes de Ø8" y Ø12" en PVC por el costado oriental y occidental de la AK 55 (Av. Villas) respectivamente, y con las redes de Ø8" y Ø12" en PVC sobre el costado occidental y oriental de la AK 72 (Avenida Boyacá). Adicionalmente, se prolonga la red de Ø12" en PVC localizada sobre el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte). De esta forma se garantiza y se independiza un sector hidráulico o una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca.

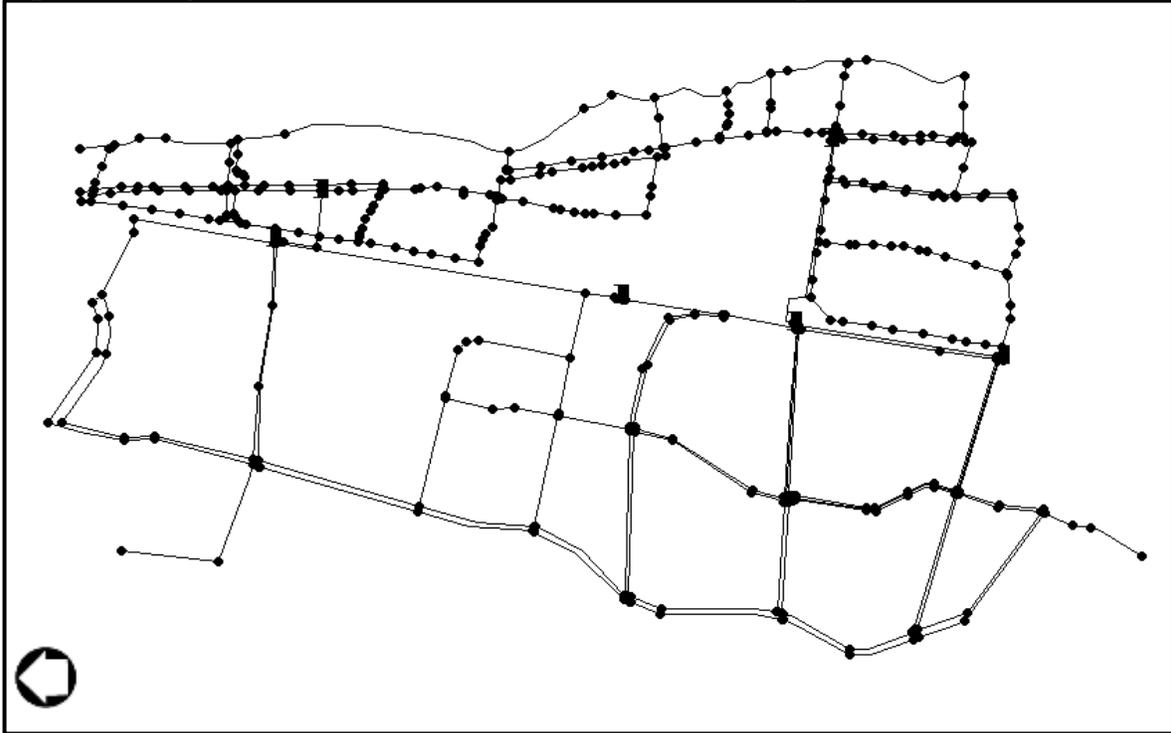
De la conexión C1 correspondiente a Guaymaral se proyecta la prolongación de la red de Ø12" en PVC sobre el costado occidental de la AK 45 (Autopista Norte) hasta la Av. Longitudinal de Occidente. Así mismo se proyecta red de Ø12" en PVC sobre el costado norte de la Avenida Guaymaral desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Avenida Boyacá) cerrando malla con la red proyectada sobre la Av. Longitudinal de Occidente y el sector conocido como Hacienda San Simón. De esta forma se garantiza y se independiza una unidad funcional del desarrollo del Proyecto Lagos de Torca.

8.2 MODELO UNIFICADO ALTERNATIVA SUGERIDA

Como sistema unificado para el suministro de agua potable, se proyecta el escenario de la alternativa unificada que corresponde al suministro de agua desde la red Tibitoc-Usaquén en dos derivaciones de la calle 200 y en la calle 235 para el sector oriental. Para el sector occidental se realiza la conexión desde la red Tibitoc-Casablanca en cuatro derivaciones tal como se comentaron en el numeral 8.1.2 del presente informe.

En la evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento, se evaluó el comportamiento hidráulico de las redes proyectadas para abastecer y suministrar agua al proyecto Lagos de Torca. En la Figura 46 se presenta el esquema de la modelación hidráulica de la alternativa sugerida.

Figura 46 Esquema Modelación Hidráulica Alternativa Sugerida

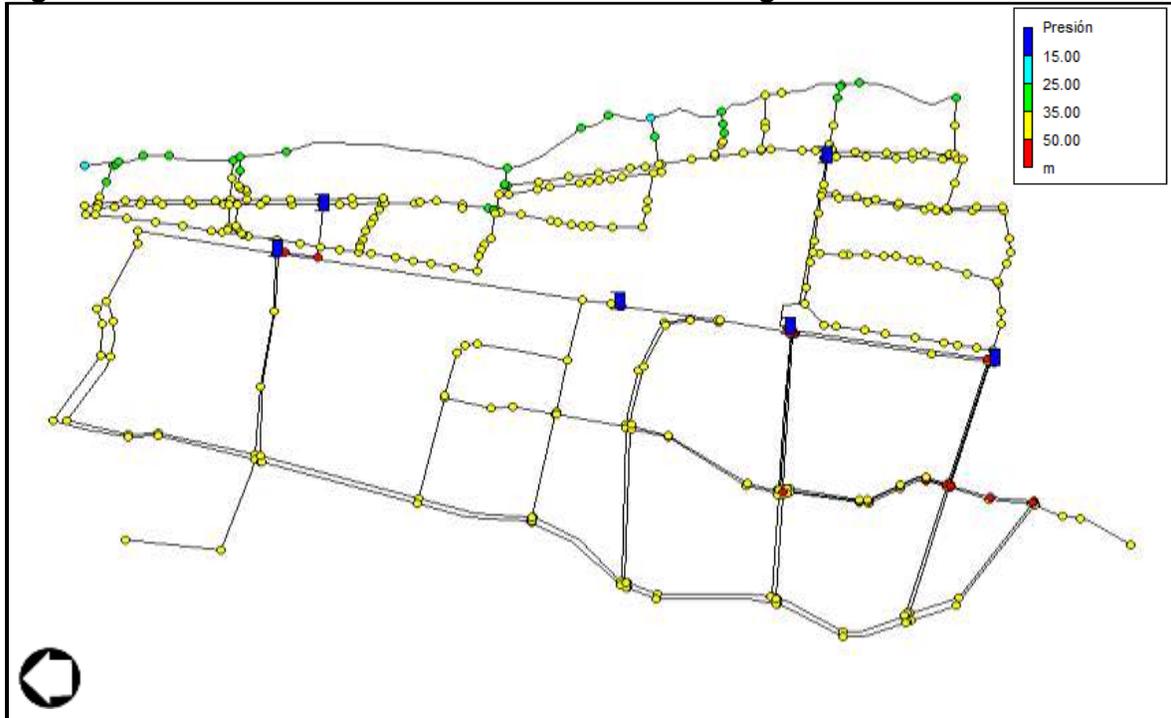


Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Teniendo en cuenta el patrón de demanda unificado entre las dos consultorías (WSP&HVM) realizado con base en la información suministrada por la zona 1 de la EAAB. Se evidencia que la hora de mayor presión en el sistema es a las 3:00 horas, esto debido a la condición normal del sistema y consumo de la Ciudad. Por otra parte, la hora de mayor demanda y menor presión se presenta a las 10:00 horas. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, los análisis hidráulicos presentados en el informe corresponderán a esas dos horas. La Figura 47, Figura 48 y Figura 49 muestran los análisis hidráulicos de presión y velocidad a las 3:00 horas, mientras que la Figura 50, Figura 51 y Figura 52 lo hacen para las 10:00 horas.

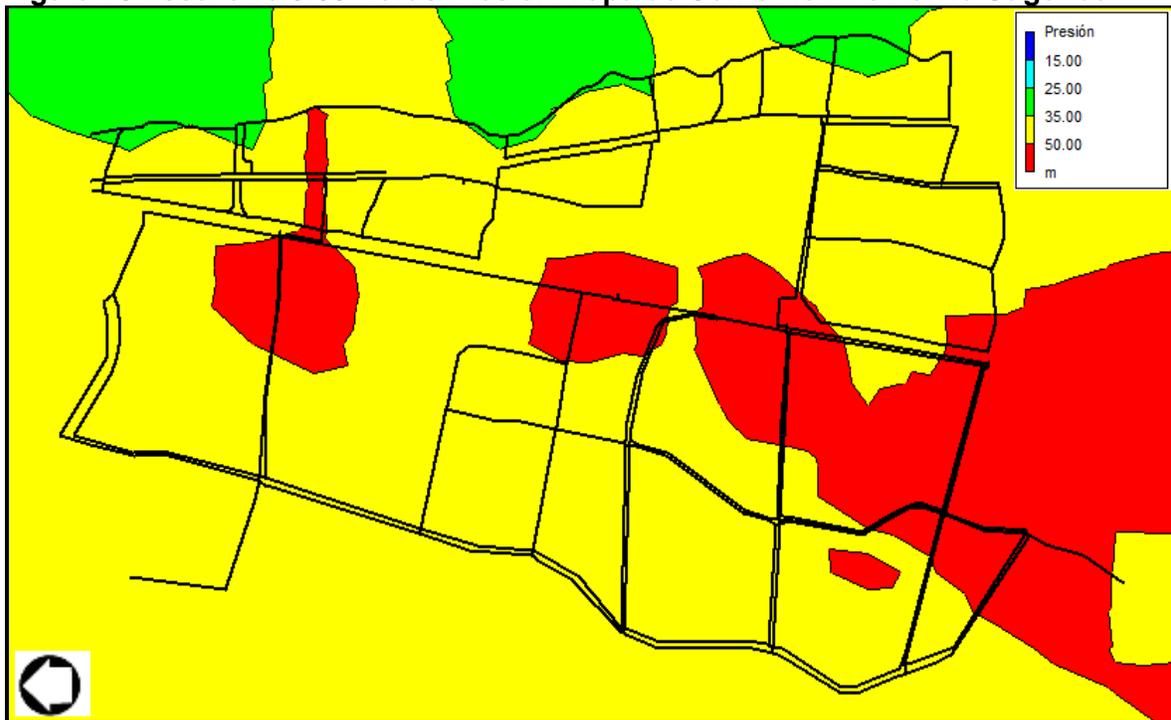
8.2.1 Evaluación hidráulica 3:00 horas

Figura 47 Escenario 3:00 Horas Presión Alternativa Sugerida



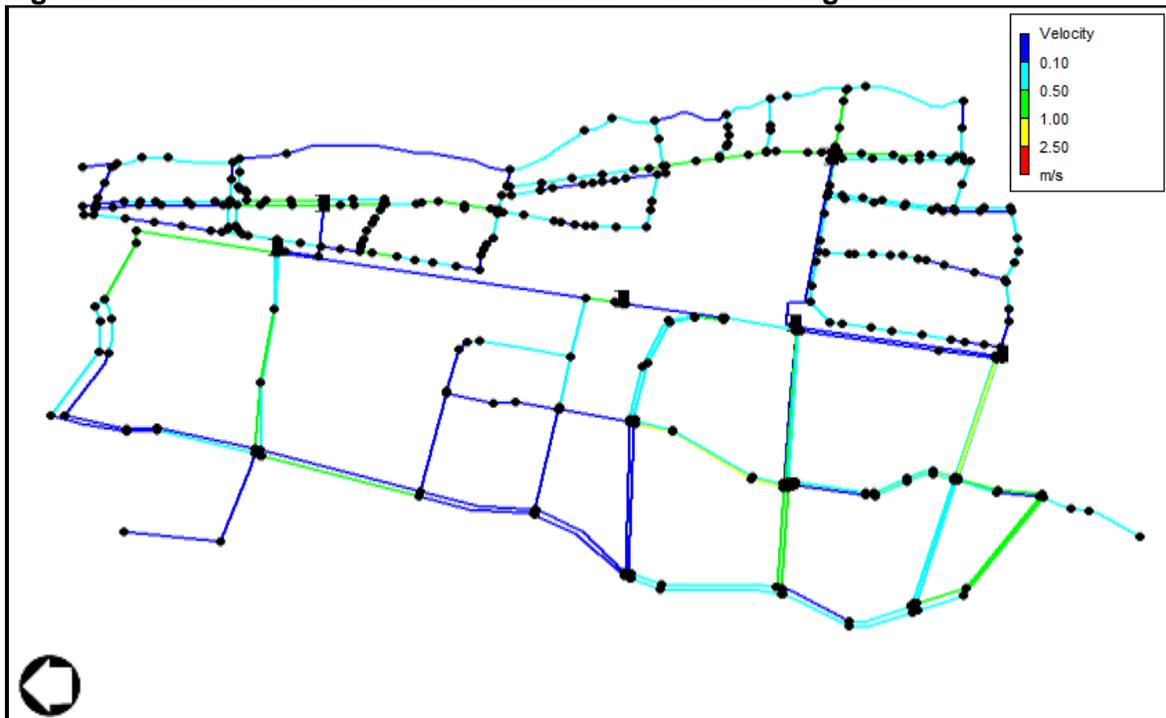
Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 48 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa Sugerida



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 49 Escenario 3:00 Horas Velocidades Alternativa Sugerida



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

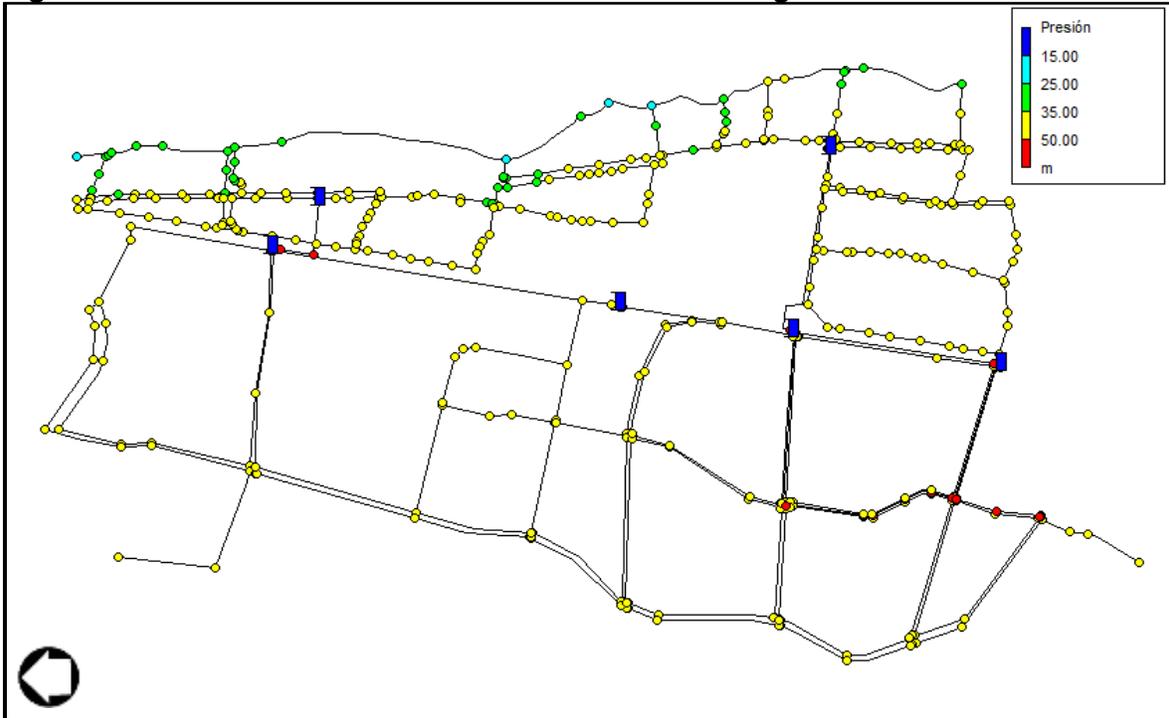
Para el escenario de las 3:00 horas se presentan presiones mayores a 15,00 m.c.a y menores a 50 m.c.a en las redes secundarias proyectadas para el proyecto Lagos de Torca, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB. De igual forma se garantiza que en la hora de mayor presión las redes proyectadas no tengan problemas de operación y todos los sectores hidráulicos proyectados funcionen correctamente. Sin embargo, a las salidas de la red matriz Tibitoc-Casablanca y antes de las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) se presentan presiones entre los 50 m.c.a y 80 m.c.a., condición que es regulada posteriormente. Es importante resaltar que la presión para las líneas matrices proyectadas en el costado Occidental de Ø16" y Ø27" varía entre 50 y 78 m.c.a. Esto debido a la condición hidráulica de la red matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72". Así mismo se proponen Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a las salidas de las redes matrices, pero no se propone regulación sobre las mismas, por normatividad de la EAAB.

Una vez analizados los modelos hidráulicos, se puede evidenciar que las velocidades de las redes secundarias no superan el valor de 2.50 m/s cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma se puede evidenciar que las velocidades de las redes matrices están por encima de 0.50 m/s y no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

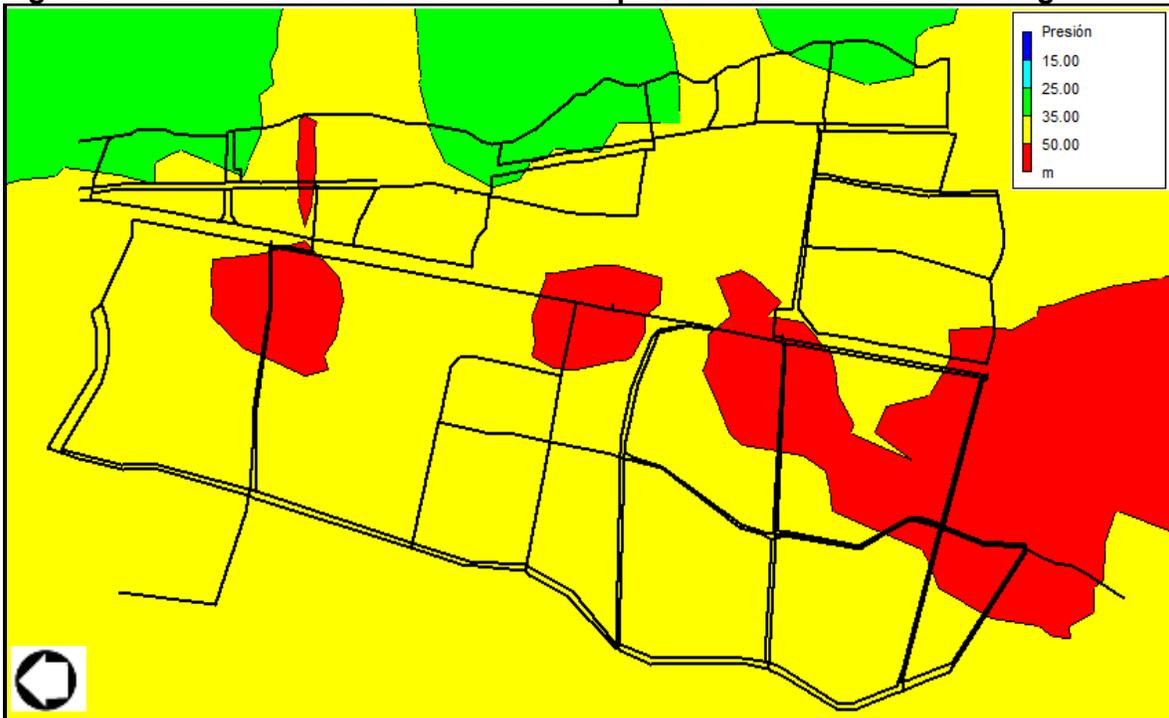
8.2.2 Evaluación hidráulica 10:00 horas

Figura 50 Escenario 10:00 Horas Presión Alternativa Sugerida



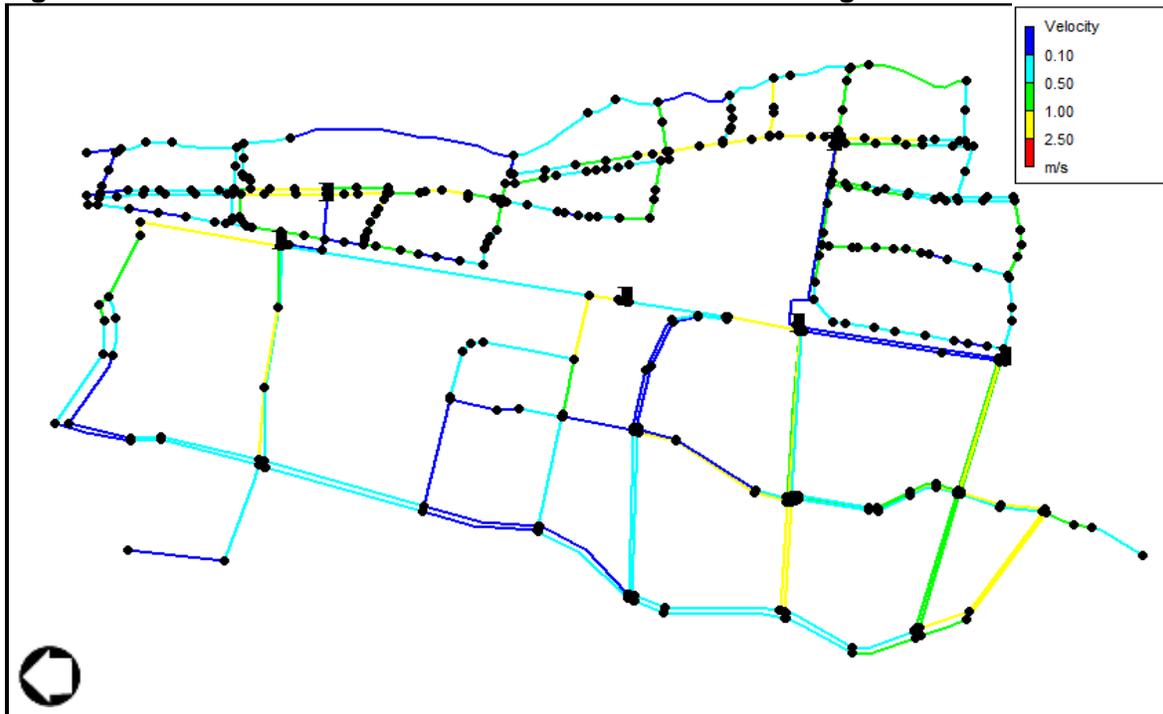
Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 51 Escenario 10:00 Horas Presión Mapa de Contorno Alternativa Sugerida



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 52 Escenario 10:00 Horas Velocidades Alternativa Sugerida



Fuente: HMV Ingenieros - WSP, 2020.

Para el escenario de las 10:00 horas se presentan presiones mayores a 15,00 m.c.a y menores a 50 m.c.a en las redes secundarias proyectadas para el proyecto Lagos de Torca, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB. De igual forma se garantiza que en la hora de menor presión las redes proyectadas no tengan problemas de operación y todos los sectores hidráulicos proyectados funcionen correctamente. Sin embargo, a las salidas de la red matriz Tibitoc-Casablanca y antes de las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) se presentan presiones entre los 50 m.c.a y 80 m.c.a., condición que es regulada posteriormente. Es importante resaltar que la presión para las líneas matrices proyectadas en el costado Occidental de Ø16" y Ø27" varía entre 50 y 78 m.c.a. Esto debido a la condición hidráulica de la red matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72". Así mismo se proponen Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a las salidas de las redes matrices, pero no se propone regulación sobre las mismas, por normatividad de la EAAB.

Una vez analizados los modelos hidráulicos, se puede evidenciar que las velocidades de las redes secundarias no superan el valor de 2.50 m/s cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma se puede evidenciar que las velocidades de las redes matrices están por encima de 0.50 m/s y no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

Teniendo en cuenta la información presentada anteriormente, se puede evidenciar que las diferencias presentadas entre las dos horas de mayor y menor consumo no son

representativas y que el sistema de redes de acueducto se encuentra estable en valores de presiones y velocidades en los dos sectores del proyecto.

Los nodos que presentan valores mayores a 50 m.c.a son los correspondientes a las redes matrices proyectadas. Se evidencia que ningún nodo supera los 80 m.c.a. cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

En el Anexo 1. “Memorias de Calculo”, 1.4 “Modelaciones Hidráulicas”, 1.4.4 “Sistema Unificado Oriental-Occidental”, se incluye el modelo hidráulico propuesto.

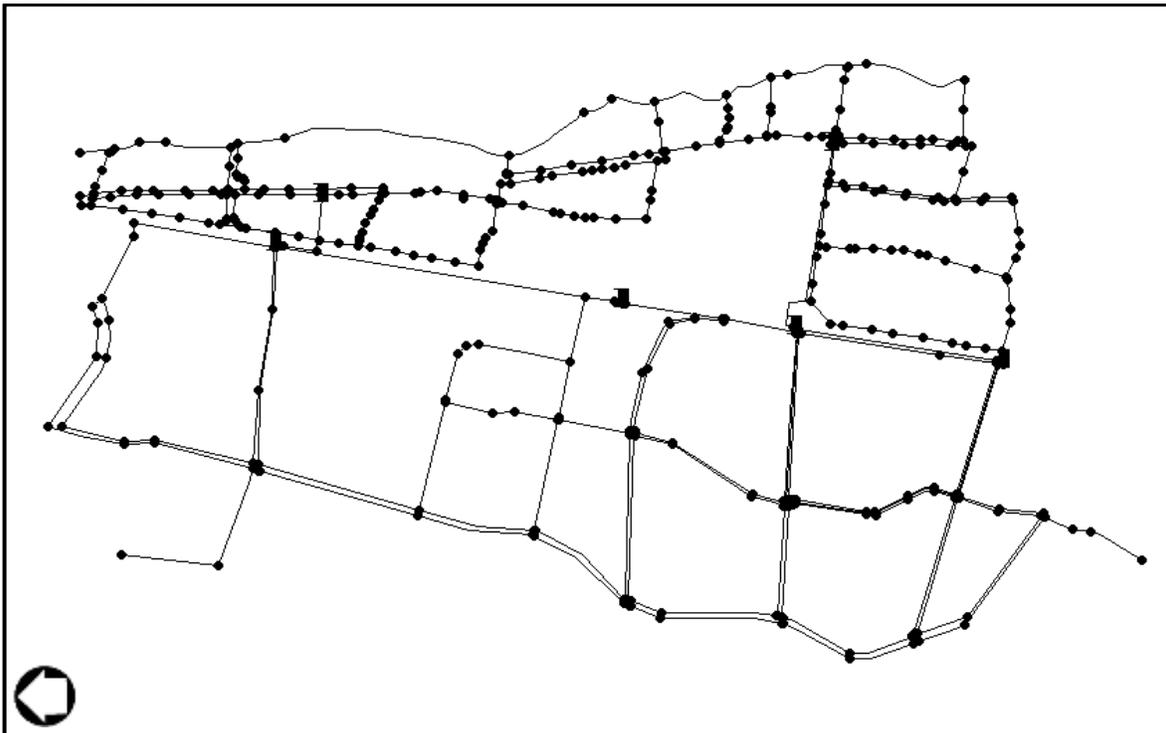
8.3 MODELO UNIFICADO CONTINGENCIA DE SERVICIO

Adicionalmente se muestra dos escenarios de contingencia que corresponde uno a dar suministro desde la Red matriz Tibitoc-Casablanca a todo Lagos de Torca y el otro corresponde uno a dar suministro desde la Red matriz Tibitoc-Usaquén a todo Lagos de Torca.

8.3.1 Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca a todo Lagos de Torca

Este escenario de contingencia corresponde a dar suministro desde la Red matriz Tibitoc-Casablanca a todo el proyecto Lagos de Torca, en esta modelación se utilizan las dos interconexiones de la red una en la calle 235 en Ø16” y la otra de Ø24” en la Avenida El Polo para dar suministro al sector oriental donde la velocidad es de 1.66 m/s y 1.21 l/s respectivamente. En la Figura 53 se presenta el esquema de la modelación hidráulica de la alternativa unificada de contingencia suministro RM Tibitoc-Casablanca.

Figura 53 Esquema Modelación Hidráulica Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca

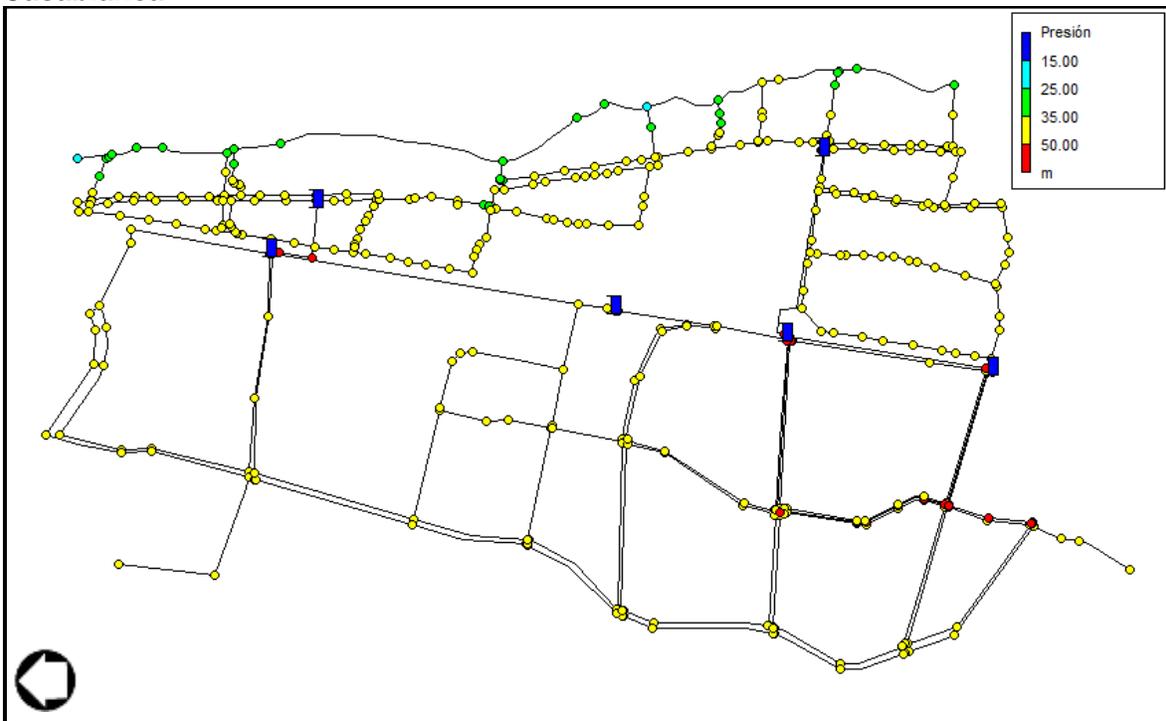


Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Teniendo en cuenta el patrón de demanda unificado entre las dos consultorías (WSP&HMV) realizado con base en la información suministrada por la zona 1 de la EAAB. Se evidencia que la hora de mayor presión en el sistema es a las 3:00 horas, esto debido a la condición normal del sistema y consumo de la Ciudad. Por otra parte, la hora de mayor demanda y menor presión se presenta a las 10:00 horas. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, los análisis hidráulicos presentados en el informe corresponderán a esas dos horas. La Figura 54, Figura 55 y Figura 56 muestran los análisis hidráulicos de presión y velocidad a las 3:00 horas, mientras que la Figura 57, Figura 58 y Figura 59 lo hacen para las 10:00 horas.

8.3.1.1 Evaluación hidráulica 3:00 horas

Figura 54 Escenario 3:00 Horas Presión Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca



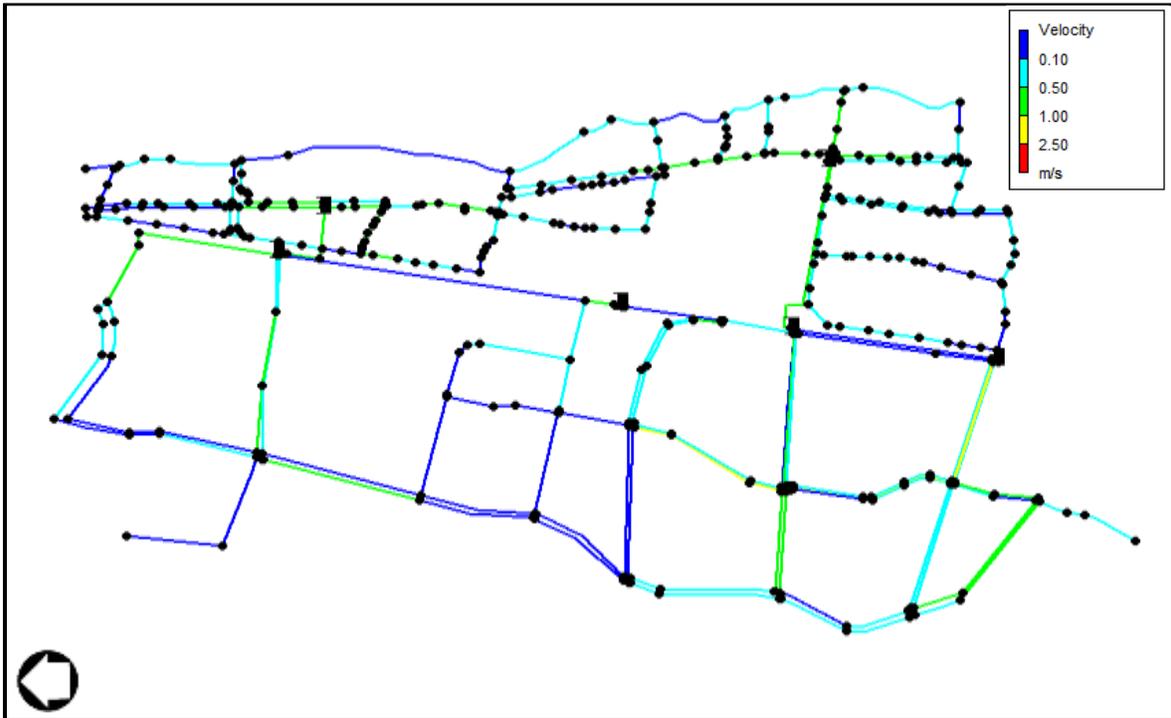
Fuente: HMV Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 55 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 56 Escenario 3:00 Horas Velocidades Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

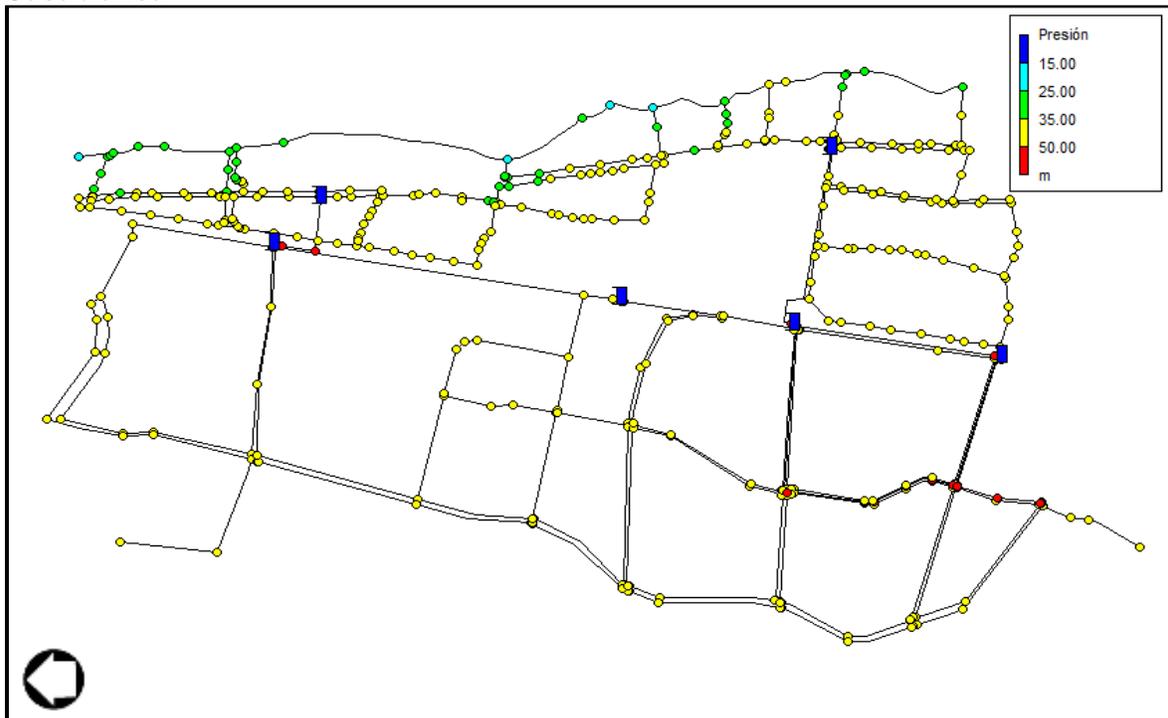
Una vez evaluado hidráulicamente se puede observar que para el escenario de contingencia de abastecimiento del proyecto Lagos de Torca desde la red matriz Tibitoc-Casablanca de $\varnothing 72''$, a las 3:00 horas se presentan presiones mayores a 15,00 m.c.a y menores a 50 m.c.a en las redes secundarias proyectadas para el proyecto Lagos de Torca, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB. De igual forma se garantiza que en la hora de mayor presión las redes proyectadas no tengan problemas de operación y funcionen correctamente. Sin embargo, a las salidas de la red matriz Tibitoc-Casablanca y antes de las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) se presentan presiones entre los 50 m.c.a y 80 m.c.a., condición que es regulada posteriormente. Es importante resaltar que la presión para las líneas matrices proyectadas en el costado Occidental de $\varnothing 16''$ y $\varnothing 27''$ varía entre 50 y 78 m.c.a. Esto debido a la condición hidráulica de la red matriz Tibitoc-Casablanca de $\varnothing 72''$. Así mismo se proponen Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a las salidas de las redes matrices, pero no se propone regulación sobre las mismas, por normatividad de la EAAB.

Una vez analizados los modelos hidráulicos, se puede evidenciar que las velocidades de las redes secundarias no superan el valor de 2.50 m/s cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma se puede evidenciar que las velocidades de las redes matrices están por encima de 0.50 m/s y no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

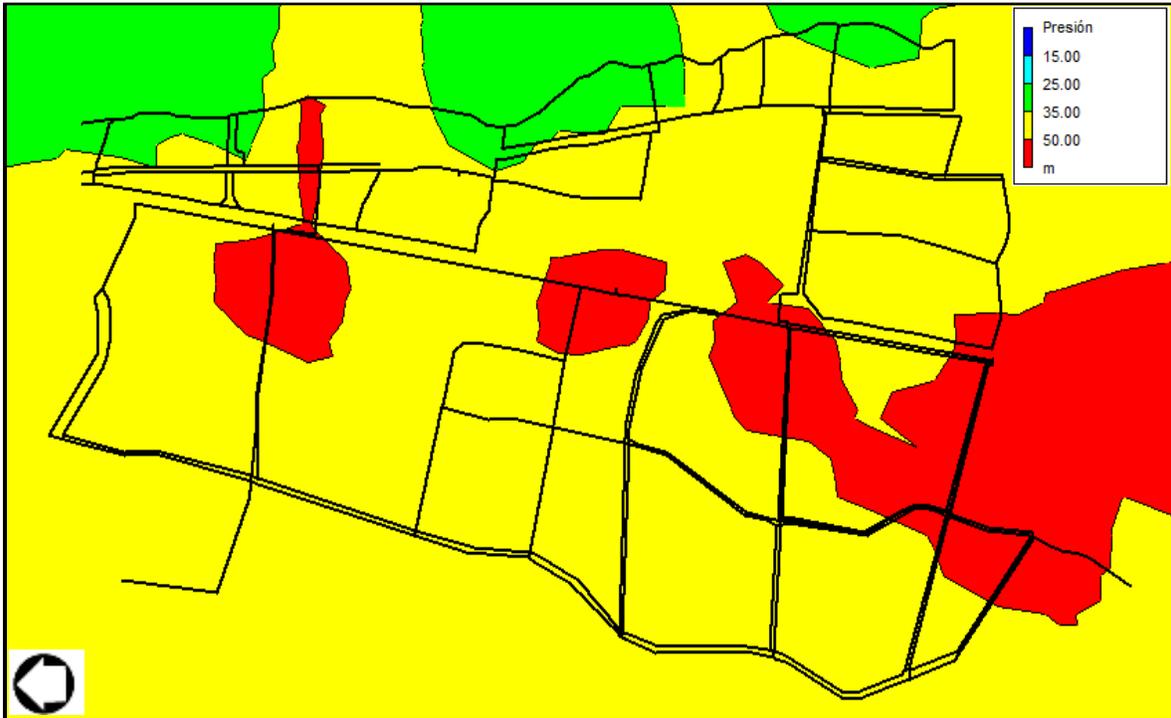
8.3.1.2 Evaluación hidráulica 10:00 horas

Figura 57 Escenario 10:00 Horas Presión Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca



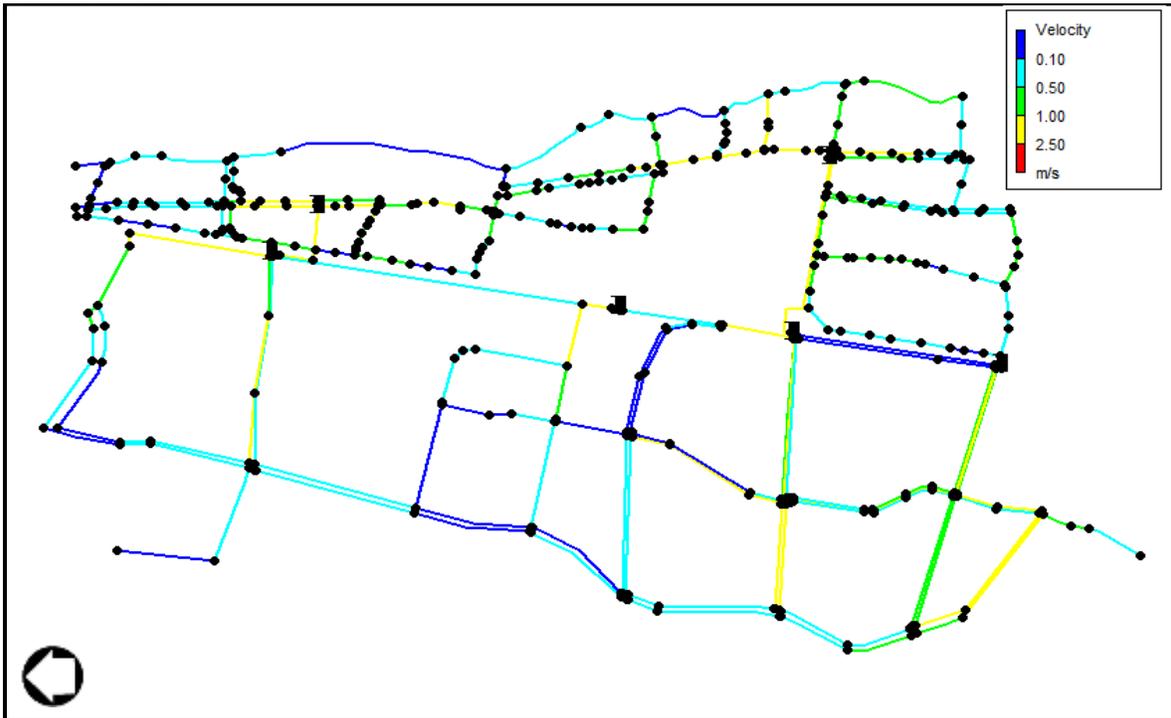
Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 58 Escenario 10:00 Horas Presión Mapa de Contorno Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 59 Escenario 10:00 Horas Velocidades Contingencia Suministro RM Tibitoc-Casablanca



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Una vez evaluado hidráulicamente se puede observar que para el escenario de contingencia de abastecimiento del proyecto Lagos de Torca desde la red matriz Tibitoc-Casablanca de $\varnothing 72''$, a las 10:00 horas se presentan presiones mayores a 15,00 m.c.a y menores a 50 m.c.a en las redes secundarias proyectadas para el proyecto Lagos de Torca, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB. De igual forma se garantiza que en la hora de menor presión las redes proyectadas no tengan problemas de operación y funcionen correctamente. Sin embargo, a las salidas de la red matriz Tibitoc-Casablanca y antes de las Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) se presentan presiones entre los 50 m.c.a y 80 m.c.a., condición que es regulada posteriormente. Es importante resaltar que la presión para las líneas matrices proyectadas en el costado Occidental de $\varnothing 16''$ y $\varnothing 27''$ varía entre 50 y 78 m.c.a. Esto debido a la condición hidráulica de la red matriz Tibitoc-Casablanca de $\varnothing 72''$. Así mismo se proponen Válvulas Reguladoras de Presión (VRP) a las salidas de las redes matrices, pero no se propone regulación sobre las mismas, por normatividad de la EAAB.

Una vez analizados los modelos hidráulicos, se puede evidenciar que las velocidades de las redes secundarias no superan el valor de 2.50 m/s cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

De igual forma se puede evidenciar que las velocidades de las redes matrices están por encima de 0.50 m/s y no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

Es importante resaltar que el escenario de contingencia abasteciendo el costado oriental y occidental del proyecto Lagos de Torca junto con la demanda de caudal a un periodo de horizonte de crecimiento o redensificación del sector San José de Bavaria, desde la línea matriz Tibitoc-Casablanca de $\varnothing 72''$ es favorable y garantiza un correcto funcionamiento hidráulico del sistema tanto a las 3:00 horas como a las 10:00 horas.

Teniendo en cuenta la información presentada anteriormente, se puede evidenciar que las diferencias presentadas entre las dos horas de mayor y menor consumo no son representativas y que el sistema de redes de acueducto se encuentra estable en valores de presiones y velocidades en los dos sectores del proyecto.

Los nodos que presentan valores mayores a 50 m.c.a son los correspondientes a las redes matrices proyectadas. Se evidencia que ningún nodo supera los 80 m.c.a. cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

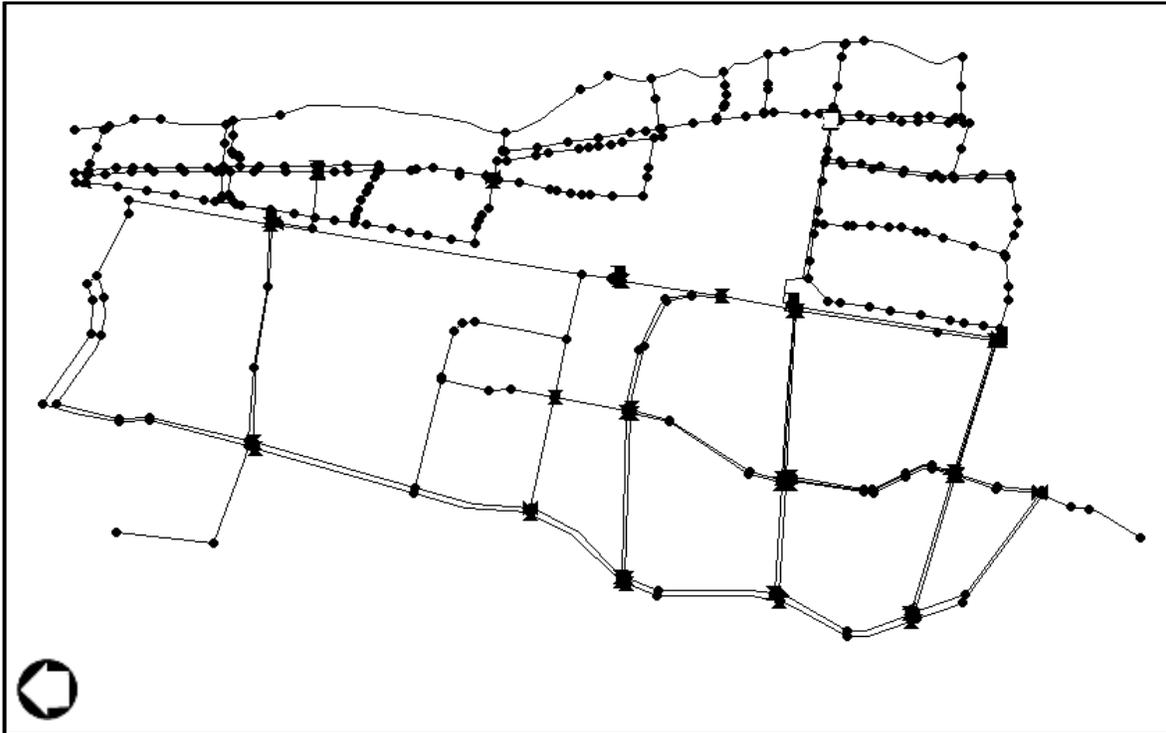
En el Anexo 1. "Memorias de Calculo", 1.4 "Modelaciones Hidráulicas", 1.4.5 "Suministro Red Matriz Tibitoc-Casablanca", se incluye el modelo hidráulico propuesto.

8.3.2 Contingencia Suministro RM Tibitoc-Usaquén a todo Lagos de Torca

Este escenario de contingencia corresponde a dar suministro desde la Red matriz Tibitoc-Usaquén a todo el proyecto Lagos de Torca. Se incluye la apertura de la mayoría de las válvulas proyectadas en el sector occidental, para garantizar el suministro a las redes secundarias y menores. En esta propuesta la interconexión desde la red matriz Tibitoc-Usaquén de $\varnothing 16''$ en la calle 235 y de diámetro $\varnothing 24''$ de la Avenida El Polo junto con la línea de refuerzo de $\varnothing 16''$, son utilizadas y tiene una velocidad alrededor de 3.4 m/s y 2.68 l/s

respectivamente. En la Figura 60 se presenta el esquema de la modelación hidráulica de la alternativa unificada de contingencia suministro RM Tibitoc-Usaquén.

Figura 60 Esquema Modelación Hidráulica Contingencia Suministro RM Tibitoc-Usaquén



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Una vez se realizó la evaluación del comportamiento hidráulico de las redes de acueducto del proyecto Lagos de Torca, empleando el escenario de contingencia de abastecimiento desde la línea matriz Tibitoc-Usaquén, se evidenciaron problemas hidráulicos en las redes del costado sur occidental del proyecto, debido al consumo proyectado (216.53 L/s) del sector de San José de Bavaria.

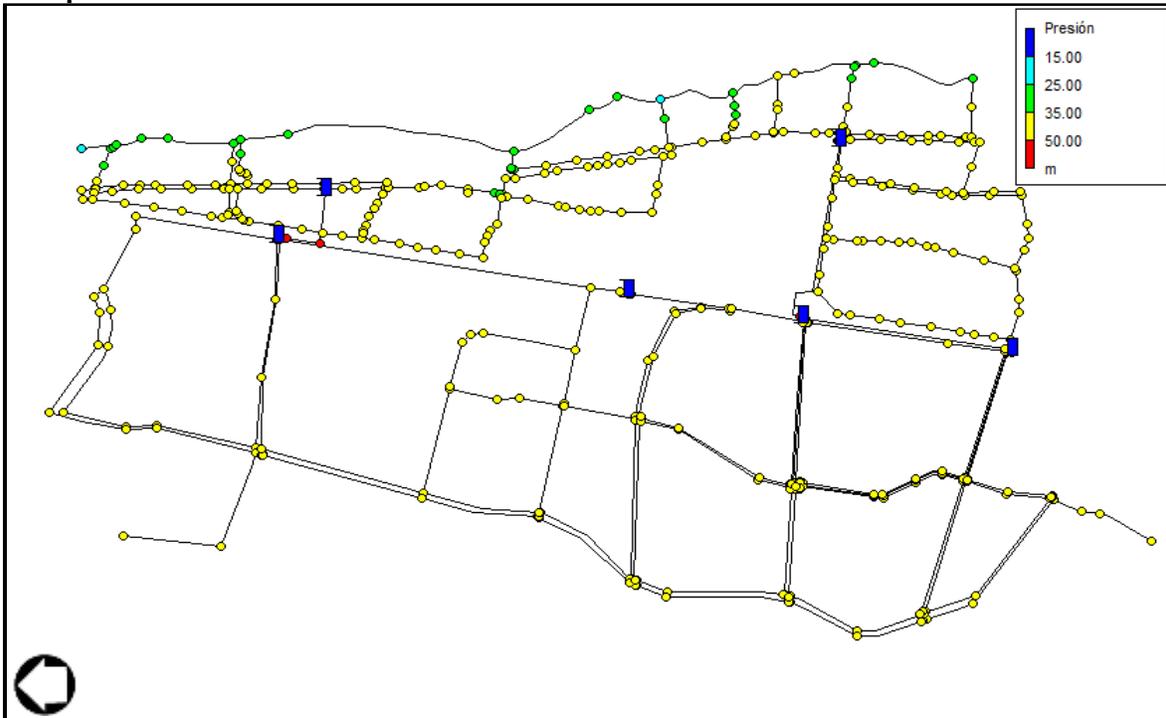
Dada la condición mencionada anteriormente, se hace necesario incluir una línea de refuerzo de $\varnothing 16''$ en Acero, localizada sobre el corredor ambiental del costado occidental de la Autopista Norte entre la Av. Tibabita y Av. Polo. Esta línea conecta las redes matrices proyectadas de $\varnothing 27''$ y $\varnothing 16''$ respectivamente, con el fin de garantizar el abastecimiento al proyecto Lagos de Torca y el consumo de redensificación de San José de Bavaria. Es importante aclarar que esta línea de refuerzo entrará en operación únicamente en el escenario de contingencia de suministro desde la línea matriz Tibitoc-Usaquén, o cuando la Dirección Red Matriz de Acueducto lo disponga.

Teniendo en cuenta el patrón de demanda unificado entre las dos consultorías (WSP&HVM) realizado con base en la información suministrada por la zona 1 de la EAAB. Se evidencia que la hora de mayor presión en el sistema es a las 3:00 horas, esto debido a la condición normal del sistema y consumo de la Ciudad. Por otra parte, la hora de mayor demanda y menor presión se presenta a las 10:00 horas. Teniendo en cuenta lo mencionado

anteriormente, los análisis hidráulicos presentados en el informe corresponderán a esas dos horas. La Figura 61, Figura 62 y Figura 63 muestran los análisis hidráulicos de presión y velocidad a las 3:00 horas, mientras que la Figura 64, Figura 65 y Figura 66 lo hacen para las 10:00 horas.

8.3.2.1.1 Evaluación hidráulica 3:00 horas

Figura 61 Escenario 3:00 Horas Presión Contingencia Suministro RM Tibitoc-Usaquén



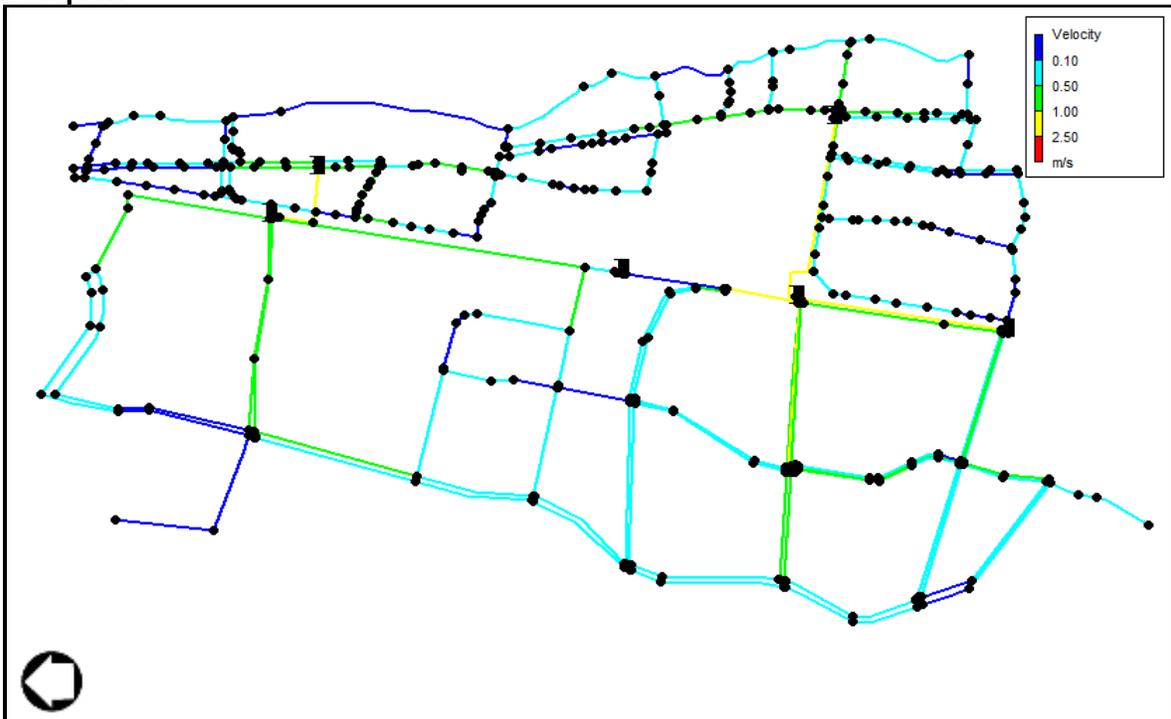
Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 62 Escenario 3:00 Horas Presión Mapa de Contorno Contingencia Suministro RM Tibitoc- Usaquén



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 63 Escenario 3:00 Horas Velocidades Contingencia Suministro RM Tibitoc- Usaquén



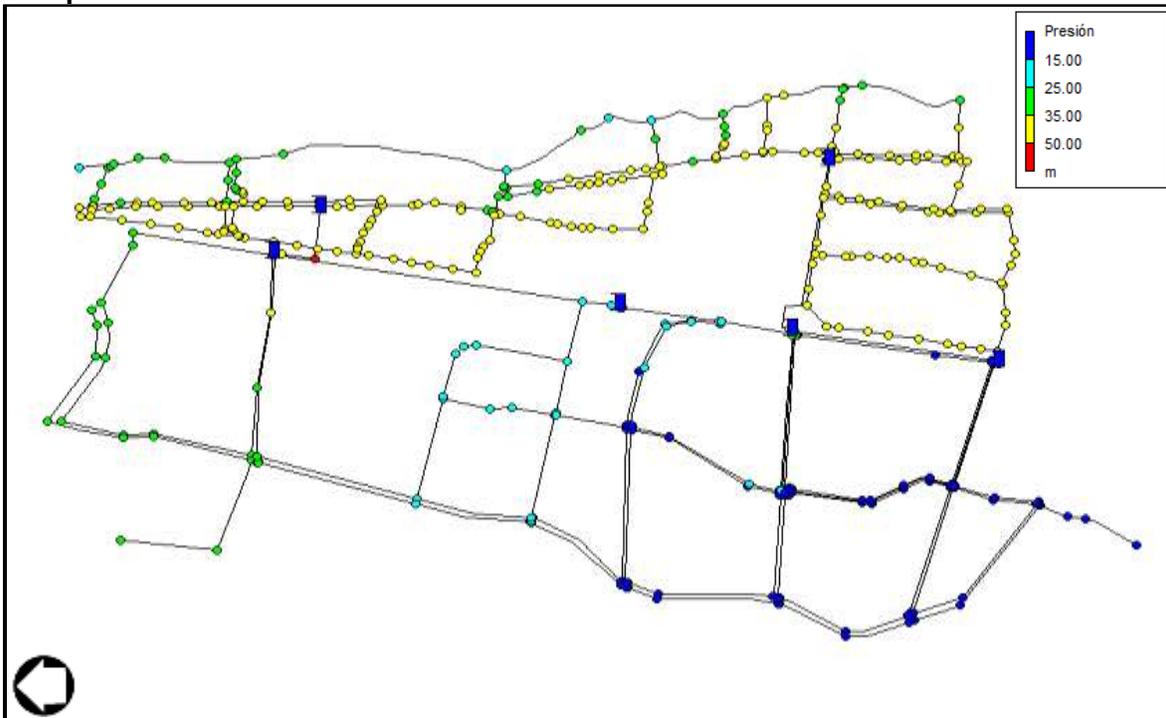
Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Una vez evaluado hidráulicamente se puede observar que para el escenario de contingencia de abastecimiento del proyecto Lagos de Torca desde la red matriz Tibitoc-Usaquén, a las 3:00 horas se presentan presiones mayores a 15,00 m.c.a y menores a 50 m.c.a en las redes secundarias proyectadas para el proyecto Lagos de Torca, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB. De igual forma se garantiza que en la hora de mayor presión las redes proyectadas no tengan problemas de operación y funcionen correctamente. Adicionalmente se puede observar que con la línea de refuerzo de 16", se garantiza el abastecimiento al sector de San José de Bavaria y ocasiona que las velocidades de las redes matrices de Ø16" y Ø27" localizadas sobre la Av. Polo y Av. Tibabita respectivamente, cumplan con las velocidades mínimas (0.50 m/s) y máximas (2.50 m/s) permitidas por la EAAB.

Las demás redes secundarias proyectadas no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

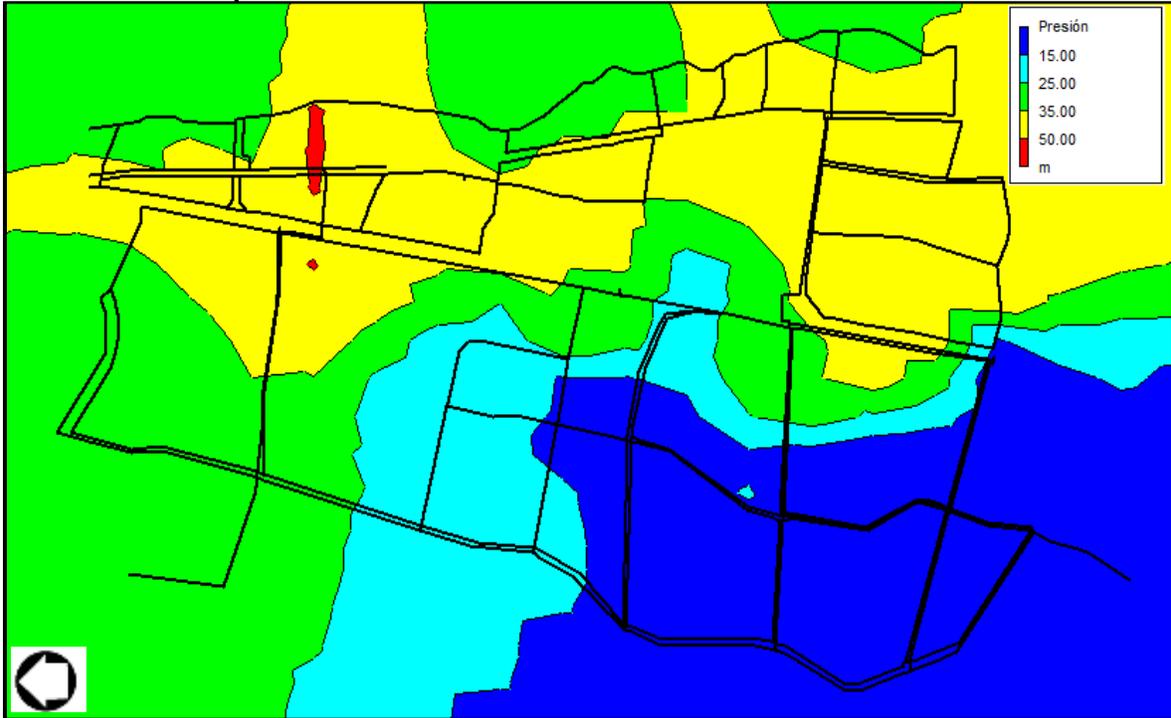
8.3.2.1.2 Evaluación hidráulica 10:00 horas

Figura 64 Escenario 10:00 Horas Presión Contingencia Suministro RM Tibitoc-Usaquén



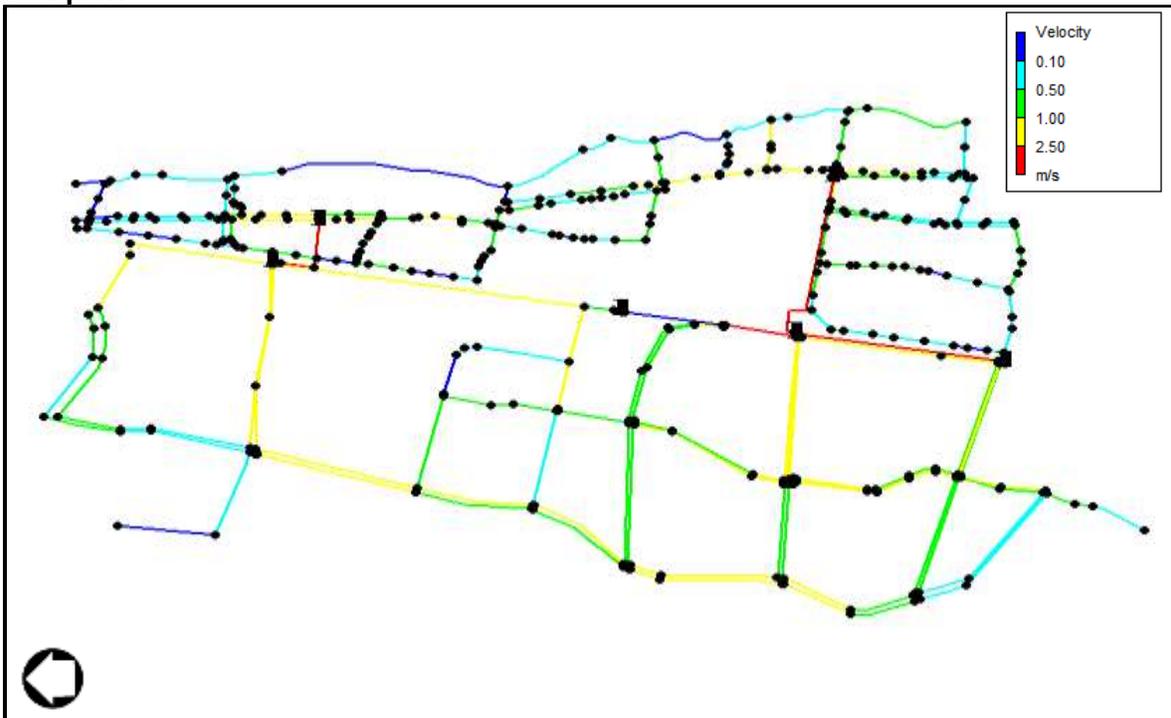
Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 65 Escenario 10:00 Horas Presión Mapa de Contorno Contingencia Suministro RM Tibitoc- Usaquén



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Figura 66 Escenario 10:00 Horas Velocidades Contingencia Suministro RM Tibitoc- Usaquén



Fuente: HVM Ingenieros - WSP, 2020.

Una vez evaluado hidráulicamente se puede observar que para el escenario de contingencia de abastecimiento del proyecto Lagos de Torca desde la red matriz Tibitoc-Usaquén, a las 10:00 horas se presentan presiones en el costado oriental mayores a 15,00 m.c.a y menores a 50 m.c.a en las redes secundarias proyectadas para el proyecto Lagos de Torca, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB. Para el costado occidental se evidencia que la zona centro y norte del proyecto cumplen con el rango de presiones establecidos por la EAAB. Esto garantiza que en la hora de mayor presión las redes proyectadas no tengan problemas de operación y funcionen correctamente.

Así mismo se puede observar que con la línea de refuerzo de $\varnothing 16''$, se garantiza el abastecimiento al sector sur del proyecto Lagos de torca junto con la demanda de redensificación del sector de San José de Bavaria. Mas sin embargo se presentan presiones por debajo de los 15 m.c.a. siendo esta la condición más crítica del proyecto. Cabe resaltar que la línea de refuerzo de $\varnothing 16''$ ocasiona que las velocidades de las redes matrices de $\varnothing 16''$ y $\varnothing 27''$ localizadas sobre la Av. Polo y Av. Tibabita respectivamente, cumplan con las velocidades mínimas (0.50 m/s) y máximas (2.50 m/s) permitidas por la EAAB.

Las demás redes secundarias proyectadas no superan el valor de 2.50 m/s, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB.

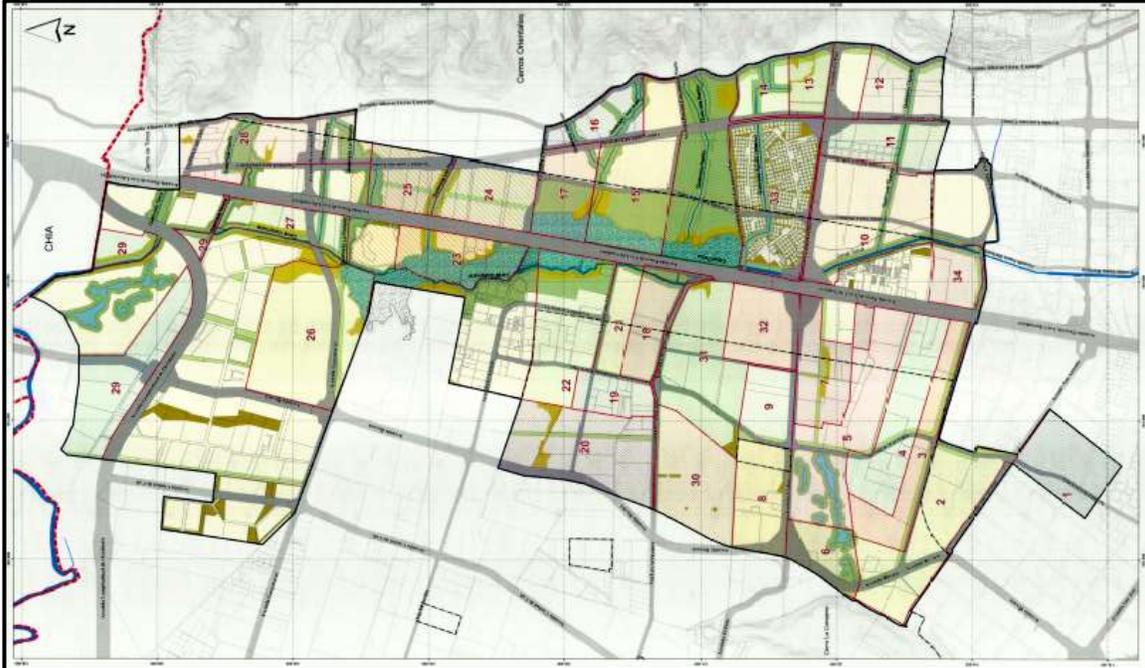
En el Anexo 1. “Memorias de Calculo”, 1.4 “Modelaciones Hidráulicas”, 1.4.6 “Suministro Red Matriz Tibitoc-Usaquén” –se incluye el modelo hidráulico propuesto.

8.4 DESARROLLO UNIDADES FUNCIONALES Y/O ETAPAS DE DESARROLLO

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

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

Figura 67 Desarrollo Planes Parciales Lagos de Torca

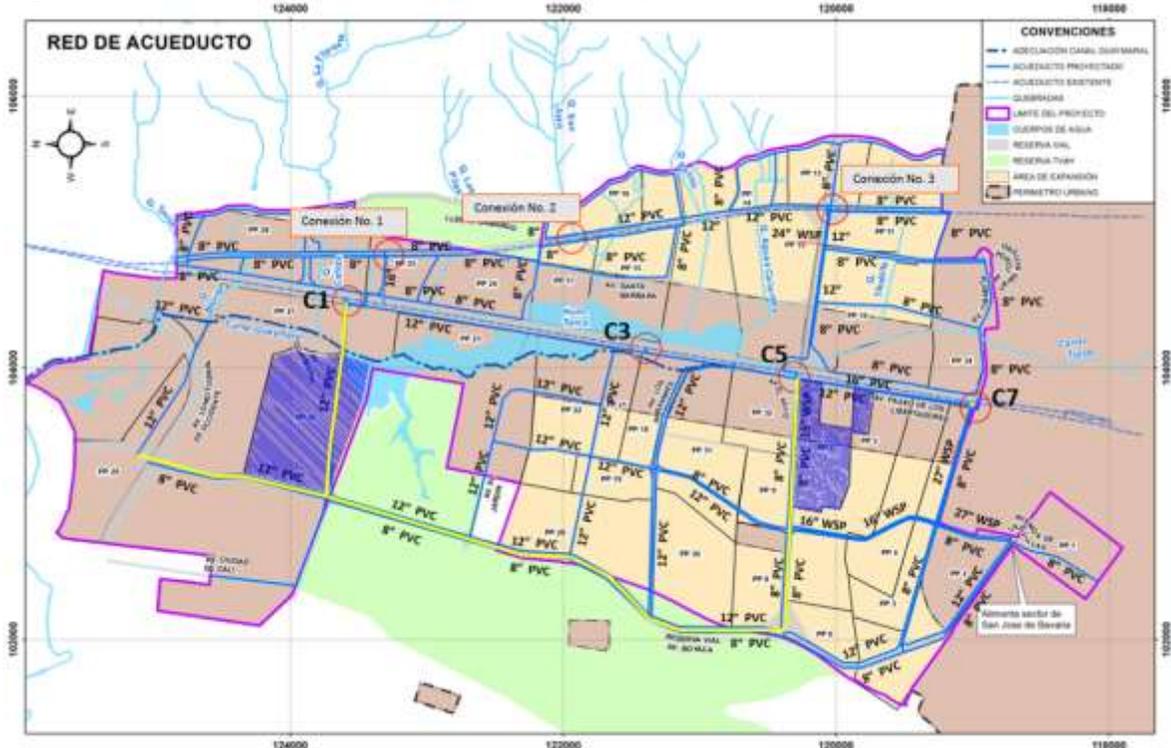


Fuente: Planos Decreto 088-2017, Anexo 13.

8.4.1 Desarrollo Unidad Funcional 2 o Etapa de desarrollo inmediata

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

Figura 68 Desarrollo Unidad Funcional 2 o Etapas de desarrollo inmediata.



Fuente: WSP; 2020

Plan Parcial No. 7 “El Otoño” y No. 26 “El Bosque”: De la conexión C5 correspondiente a Escuela Colombiana de Ingeniería (Calle 200) se proyecta una red matriz de $\varnothing 16''$ sobre la AC 201 (Av. El Polo) desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 55 (Av. Villas). Por la AC 201 (Av. El Polo) se proyectan dos redes secundarias de $\varnothing 8''$ en PVC localizadas en los costados sur y norte de la Av. El Polo, desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Av. Boyacá).

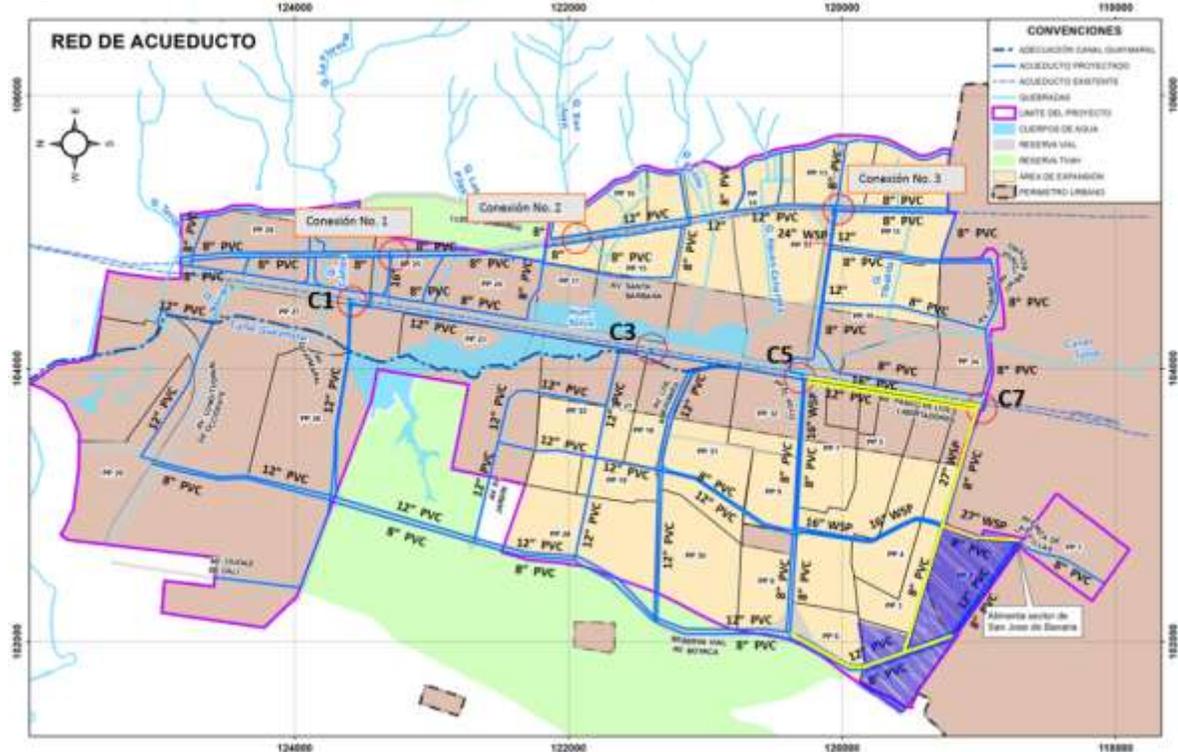
De la conexión C1 correspondiente a Guaymaral se proyecta la prolongación de la red de $\varnothing 12''$ en PVC desde la red matriz existente de $\varnothing 16''$ en CCP localizada sobre la Av. Guaymaral hasta la AK 72 (Avenida Boyacá).

Así mismo se proyectan redes de $\varnothing 8''$ y $\varnothing 12''$ localizadas sobre la AK 72 (Av. Boyacá) entre la AC 201 (Av. El Polo) y la vía local del Plan Parcial No. 29 “Múdela del Río”.

8.4.2 Desarrollo Unidad Funcional 3 o Etapa de desarrollo inmediata

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

Figura 69 Desarrollo Unidad Funcional 3 o Etapas de desarrollo inmediato.



Fuente: WSP; 2020

Plan Parcial No. 2 “El Carmen”: De la conexión C7 correspondiente a Makro (Calle 193) se proyecta la red matriz de 27” en WSP sobre la Calle 191 (Av. Tibabita) desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 55 (Av. Villas), y desde la Calle 191 (Av. Tibabita) hasta la Calle 183 (Av. San Antonio). De este punto se alimentará el sector de San José de Bavaria. Se proyectan redes secundarias de $\varnothing 8$ ” en PVC por el costado norte y sur de la Calle 191 (Av. Tibabita).

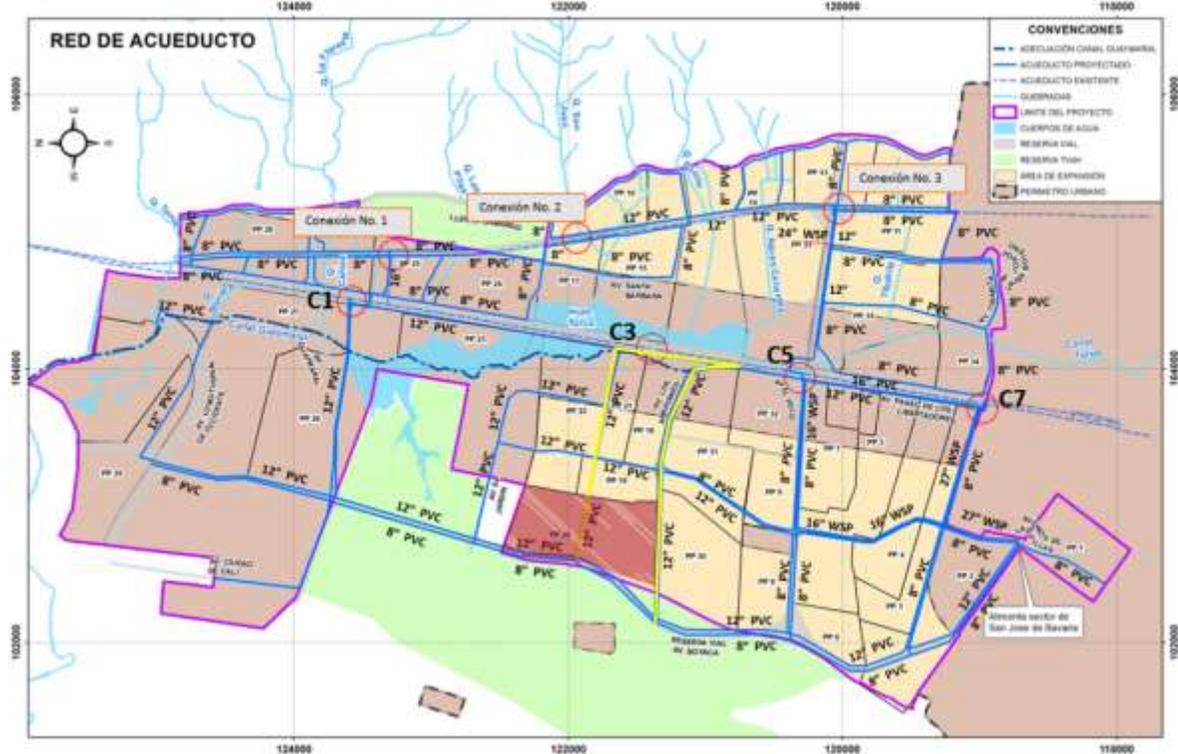
Se proyectan redes de $\varnothing 8$ ” y $\varnothing 12$ ” localizadas sobre la AK 72 (Av. Boyacá) entre la Calle 183 (Av. San Antonio) y la AC 201 (Av. El Polo).

Así mismo se proyectan redes de $\varnothing 12$ ” en PVC y $\varnothing 16$ ” en WSP (Línea de Refuerzo) localizadas sobre la AK 45 (Autopista Norte) entre la Calle 191 (Av. Tibabita) y la AC 201 (Av. El Polo).

8.4.3 Desarrollo de etapas a mediano plazo

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

Figura 70 Desarrollo de etapas a mediano plazo Plan Parcial No. 20 “El Coral”.

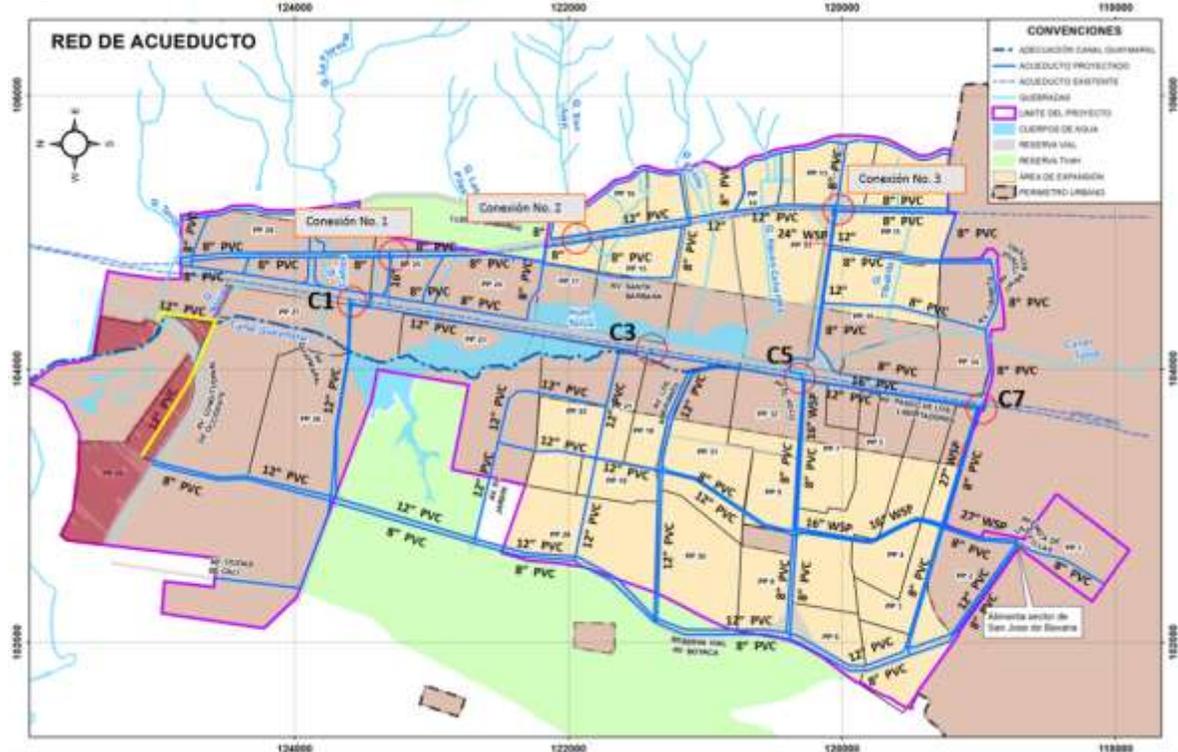


Fuente: WSP; 2020

Plan Parcial No. 20 “El Coral”: De la conexión C3 correspondiente al Colegio San Viator se proyectan redes de Ø12” en PVC sobre la Av. Calle 245 desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Av. Boyacá) y red de Ø12” sobre la Av. Arrayanes desde la AK 45 (Autopista Norte) hasta la AK 72 (Av. Boyacá).

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

Figura 71 Desarrollo de etapas a mediano plazo Plan Parcial No. 29 “Múdela del Río”.



Fuente: WSP; 2020

Plan Parcial No. 29 “Múdela Del Río”: Teniendo en cuenta las redes a construir por la Unidad Funcional 2, se proyecta red de Ø12” en PVC sobre la vía local del Plan Parcial No. 29 paralela a la ALO (Avenida Longitudinal de Occidente) desde la AK 72 (Avenida Boyacá) hasta cubrir el frente de sus predios.

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

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La alternativa uno (1) proyecta abastecer el costado occidental desde cuatro (4) salidas existentes de la red matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72". Se proyectan dos (2) redes matrices de Ø16" y Ø27" localizadas por la Av. Polo, la Av. Tibabita interconectándose a la altura de la Av. Villas. Se proyecta realizar redes de Ø8" y Ø12" sobre el costado occidental y oriental respectivamente de la reserva vial de la AK 72 (Av. Boyacá). De igual forma se proyecta prolongar la red de Ø12" en PVC sobre la AK 45 (Autopista Norte) hasta la Av. Guaymaral, esto con el fin de reforzar el sector del Bosque y realizar el cierre de mallas en los sectores correspondientes. (Ver numeral 5.1 del presente informe.)

La alternativa dos (2) proyecta realizar redes de Ø8" y Ø12" sobre el costado occidental y oriental respectivamente de la reserva vial de la AK 72 (Av. Boyacá). Sin embargo, en esta alternativa no se proyecta red de 12" en PVC sobre la AK 45 (Autopista Norte) hasta la Av. Guaymaral, esto una vez se verifico hidráulicamente y con el cierre de mallas a la altura de la AK 72 (Av. Boyacá), se garantiza el correcto funcionamiento de los sectores correspondientes. (Ver numeral 5.2 del presente informe.)

La alternativa tres (3) se abstiene de proyectar redes de acueducto sobre el costado occidental y oriental de la reserva vial de la AK 72 (Av. Boyacá). Por lo anterior se proyecta prolongar la red de Ø12" en PVC sobre la AK 45 (Autopista Norte) hasta la Av. Guaymaral, esto con el fin de reforzar el sector del Bosque y realizar el cierre de mallas en los sectores correspondientes. (Ver numeral 5.3 del presente informe.)

Las redes secundarias proyectadas (Ø8" y Ø12") de las tres (3) alternativas cumplen con el rango de presión establecido por la normatividad de la EAAB, en la cual no supera los 50 m.c.a ni se encuentran por debajo de 15 m.c.a. Adicionalmente los tramos de las redes cumplen en todos los sectores con el rango de velocidad exigida por la EAAB, es decir, ningún tramo supera los 2.5 m/s. (Ver numeral 5.3 del presente informe.)

Las redes matrices proyectadas (Ø16" y Ø27") de las tres (3) alternativas cumplen con el rango de presión establecido por la normatividad de la EAAB, en la cual no supera los 80 m.c.a ni se encuentran por debajo de 50 m.c.a. Adicionalmente los tramos de las redes cumplen en todos los sectores con el rango de velocidad exigida por la EAAB, es decir, ningún tramo supera los 2.5 m/s. (Ver numeral 5.3 del presente informe.)

La alternativa dos (2) es la que mayor diferencia presenta entre las dos horas de mayor y menor consumo, esto se debe a las restricciones que se presentan en el proyecto, el cual no permite que se cierren los anillos hidráulicos de todos los sectores, condición que reduce la presión en el sistema. Sin embargo, las presiones están dentro del rango establecido por la normatividad de la EAAB y se garantiza un correcto funcionamiento hidráulico del sistema de redes de acueducto.

Es importante mencionar que el análisis hidráulico de las alternativas de suministro a la parte occidental desde la línea Matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72", se realizó sin contemplar el almacenamiento interno que deberá tener cada Plan Parcial. Por lo anterior se recomienda que cada Plan Parcial utilice almacenamientos internos que permita abastecer la totalidad de las viviendas en horas de no suministro por parte de la red matriz Tibitoc-Casablanca.

El estudio de Borde Norte contemplaba el abastecimiento del sector de San Jose de Bavaria mediante la línea matriz de Ø24" localizada sobre la Av. Tibabita entre Autopista Norte y la Av. Villas y sobre la Av. Villas entre Av. Tibabita y la Calle 183. El presente estudio contempla en sus diseños la demanda de caudal a condición de saturación o redensificación de San Jose de Bavaria. (Ver numeral 5.4 del presente informe.)

El consorcio San Jose 2017 prevee en el proyecto 32462 el abastecimiento del sector San Jose de Bavaria a un periodo de horizonte de crecimiento (216.53L/s) mediante la línea matriz de (Ø24" Borde Norte) localizada sobre la Av. Tibabita entre Autopista Norte y la Av. Villas y sobre la Av. Villas entre Av. Tibabita y la Calle 183. Mientras que en la condición actual se abasteciera de la Línea existente localizada sobre la Calle 170. (Ver numeral 5.4 del presente informe.)

Una vez distribuido el caudal medio diario del sector San José de Bavaria en los modelos hidráulicos del proyecto y para garantizar el correcto funcionamiento hidráulico del sistema, se proyecta aumentar el diámetro de la línea matriz de Ø24" a Ø27", localizada sobre la Av. Tibabita entre Autopista norte y Av. Villas y sobre la Av. Villas entre Av. Tibabita y Calle 183. (Ver numeral 5.4 del presente informe.)

Como sistema unificado para el suministro de agua potable, se proyecta el escenario de la alternativa unificada que corresponde al suministro de agua desde la red Tibitoc-Usaquén en dos derivaciones en la calle 200 y en la calle 235 para el sector oriental. Para el sector occidental se realiza la conexión desde la red Tibitoc-Casablanca en cuatro derivaciones, adicionalmente en el análisis se tienen en cuenta dos escenarios de contingencia, para los dos costados del Proyecto Lagos de Torca. (Ver numeral 8 del presente informe.)

Para el sistema de acueducto la alternativa sugerida proyecta abastecer el costado occidental desde cuatro (4) salidas existentes de la red matriz Tibitoc-Casablanca de Ø72". Se proyectan dos (2) redes matrices de Ø16" y Ø27" localizadas por la Av. Polo, la Av. Tibabita interconectándose a la altura de la Av. Villas. Se proyecta realizar redes de Ø8" y Ø12" sobre el costado occidental y oriental respectivamente de la reserva vial de la AK 72 (Av. Boyacá). De igual forma se proyecta prolongar la red de Ø12" en PVC sobre la AK 45 (Autopista Norte) hasta la Av. Guaymaral, esto con el fin de reforzar el sector del Bosque y realizar el cierre de mallas en los sectores correspondientes. (Ver numeral 8 del presente informe.)

Las redes secundarias proyectadas (Ø8" y Ø12") cumplen con el rango de presión establecido por la normatividad de la EAAB, en la cual no supera los 50 m.c.a ni se encuentran por debajo de 15 m.c.a. Adicionalmente los tramos de las redes cumplen en todos los sectores con el rango de velocidad exigida por la EAAB, es decir, ningún tramo supera los 2.5 m/s.

Las redes matrices proyectadas (Ø16" y Ø27") cumplen con el rango de presión establecido por la normatividad de la EAAB, en la cual no supera los 80 m.c.a. Adicionalmente los tramos de las redes cumplen en todos los sectores con el rango de velocidad exigida por la EAAB, es decir, ningún tramo supera los 2.5 m/s. (Ver numeral 8.2 del presente informe.)

Es importante resaltar que el escenario de contingencia abasteciendo el costado oriental y occidental del proyecto Lagos de Torca junto con la demanda de caudal a un periodo de horizonte de crecimiento o redensificación del sector San José de Bavaria, desde la línea

matriz Tibitoc-Casablanca de $\varnothing 72"$ es favorable y garantiza un correcto funcionamiento hidráulico del sistema tanto a las 3:00 horas como a las 10:00 horas. (Ver numeral 8.3.1 del presente informe.)

Una vez se realizó la evaluación del comportamiento hidráulico de las redes de acueducto del proyecto Lagos de Torca, empleando el escenario de contingencia de abastecimiento desde la línea matriz Tibitoc-Usaquén, se evidenciaron problemas hidráulicos en las redes del costado sur occidental del proyecto, debido al consumo proyectado (216.53 L/s) del sector de San José de Bavaria. Dada la condición mencionada anteriormente, se hace necesario incluir una línea de refuerzo de $\varnothing 16"$ en Acero, localizada sobre el corredor ambiental del costado occidental de la Autopista Norte entre la Av. Tibabita y Av. Polo. Esta línea conecta las redes matrices proyectadas de $\varnothing 27"$ y $\varnothing 16"$ respectivamente, con el fin de garantizar el abastecimiento al proyecto Lagos de Torca y el consumo de redensificación de San José de Bavaria. Es importante aclarar que esta línea de refuerzo entrará en operación únicamente en el escenario de contingencia de suministro desde la línea matriz Tibitoc-Usaquén, o cuando la Dirección Red Matriz de Acueducto de la EEAB lo disponga. (Ver numeral 8.3.2 del presente informe.)

Una vez evaluado hidráulicamente se puede observar que para el escenario de contingencia de abastecimiento del proyecto Lagos de Torca desde la red matriz Tibitoc-Usaquén, a las 3:00 horas se presentan presiones mayores a 15,00 m.c.a y menores a 50 m.c.a en las redes secundarias proyectadas para el proyecto Lagos de Torca, cumpliendo así con la normatividad vigente de la EAAB. De igual forma se garantiza que en la hora de mayor presión las redes proyectadas no tengan problemas de operación y funcionen correctamente. Adicionalmente se puede observar que con la línea de refuerzo de $16"$, se garantiza el abastecimiento al sector de San José de Bavaria y ocasiona que las velocidades de las redes matrices de $\varnothing 16"$ y $\varnothing 27"$ localizadas sobre la Av. Polo y Av. Tibabita respectivamente, cumplan con las velocidades mínimas (0.50 m/s) y máximas (2.50 m/s) permitidas por la EAAB. (Ver numeral 8.3.2 del presente informe.)

Se puede observar que para el escenario de contingencia de abastecimiento del proyecto Lagos de Torca desde la red matriz Tibitoc-Usaquén, a las 10:00 horas con la línea de refuerzo de $\varnothing 16"$, se garantiza el abastecimiento al sector sur del proyecto Lagos de torca junto con la demanda de redensificación del sector de San José de Bavaria. Mas sin embargo se presentan presiones por debajo de los 15 m.c.a. siendo esta la condición más crítica del proyecto. Cabe resaltar que la línea de refuerzo de $\varnothing 16"$ ocasiona que las velocidades de las redes matrices de $\varnothing 16"$ y $\varnothing 27"$ localizadas sobre la Av. Polo y Av. Tibabita respectivamente, cumplan con las velocidades mínimas (0.50 m/s) y máximas (2.50 m/s) permitidas por la EAAB. (Ver numeral 8.3.2 del presente informe.)

Se evidencia en el escenario de contingencia que la línea matriz Tibitoc-Usaquén tiene la capacidad para abastecer la totalidad del proyecto Lagos de Torca. Así mismo se recomienda que para el sector de San José de Bavaria se refuerce el abastecimiento mediante la Línea de $\varnothing 16"$ localizada sobre el corredor ambiental del costado occidental de la Autopista Norte entre la Av. Tibabita y Av. Polo. Esto con el fin de aliviar las cargas de la red matriz del proyecto Lagos de Torca en periodo de contingencia. La consultoría del presente estudio recomienda que se priorice esta obra en la etapa de construcción. (Ver numeral 8.3.2 del presente informe.)

Teniendo en cuenta los análisis, parámetros y criterios de tipos de tubería, para la Red Matriz proyectada de Ø27" y Ø16" se selecciona las tuberías de Acero Soldado (WSP), los diámetros varían entre 18" a 144", con espesores de hasta 1,25" y para presiones de trabajo de hasta 500 psi (35kg/cm²). Las Tuberías de Acero Soldado se fabrican con bobinas de acero formadas helicoidalmente y soldadas en cilindros o con una placa de acero que se enrolla y se suelda en los cilindros de forma longitudinal. Los cilindros generalmente se recubren en su interior con mortero cemento. (Ver numeral 6.1 del presente informe.)

Para las redes secundarias proyectadas de Ø12" y Ø8" se selecciona las tuberías de policloruro de vinilo (PVC) con unión mecánica, teniendo en cuenta las presiones nominales y velocidades proyectadas. De igual forma las facilidades de condiciones de instalación, reparación, rehabilitación y de suministro de accesorios determino la mejor opción para las redes secundarias. (Ver numeral 6.1 del presente informe.)

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



Anexo 1 Memorias de Cálculo

Anexo 2 Presupuestos

Anexo 3 Planos