
INFORME AJUSTES AL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD DE ARMENIA

1 INTRODUCCIÓN

Empresas Públicas de Armenia E.S.P. en el año 2013 dio inicio al proyecto denominado DISEÑOS DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA Y LA RED DE ACUEDUCTO DE LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD, DEFINIDA COMO ZONA DE EXPANSIÓN con el fin de mejorar la cobertura del servicio de acueducto ya que en la actualidad hay sectores en los que no se cuenta con la prestación de servicio por parte de la empresa.

Los sectores de desarrollo del proyecto se encuentran en las franjas de la Avenida Centenario y la Avenida Simón Bolívar (Autopista del Café).

Los estudios y diseños fueron realizados por el ingeniero Diego León álzate Ospina mediante el contrato de consultoría 05 de 2012 DISEÑOS DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA Y LA RED DE ACUEDUCTO DE LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD DEFINIDA COMO ZONA DE EXPANSIÓN y en ellos se encuentran entre otros los diseños hidráulicos, estudio geotécnico, diseño estructural, planos, presupuestos y especificaciones técnicas.

El proyecto ha requerido ajustes y actualizaciones debido a inconvenientes de tipo predial en el predio de construcción del tanque de almacenamiento, el trámite de permisos de ocupación de zona de vía, y servidumbres por predios en jurisdicción del municipio de Salento entre otros.

En el presente documento se presentan las actualizaciones y ajustes que ha requerido el proyecto, en los cuales se ha conservado la concepción y criterios de diseño de la consultoría en mención; de acuerdo con la actualización de criterios establecidos en la resolución 330 de 2017, así como cambios en el trazado de la red matriz de abastecimiento a la avenida Centenario debido a trámites de permisos de ocupación de zona de vía y consecución de servidumbres en predios en jurisdicción del municipio de Salento, así como las nuevas alternativas para la localización del tanque de almacenamiento.

2 DISEÑO

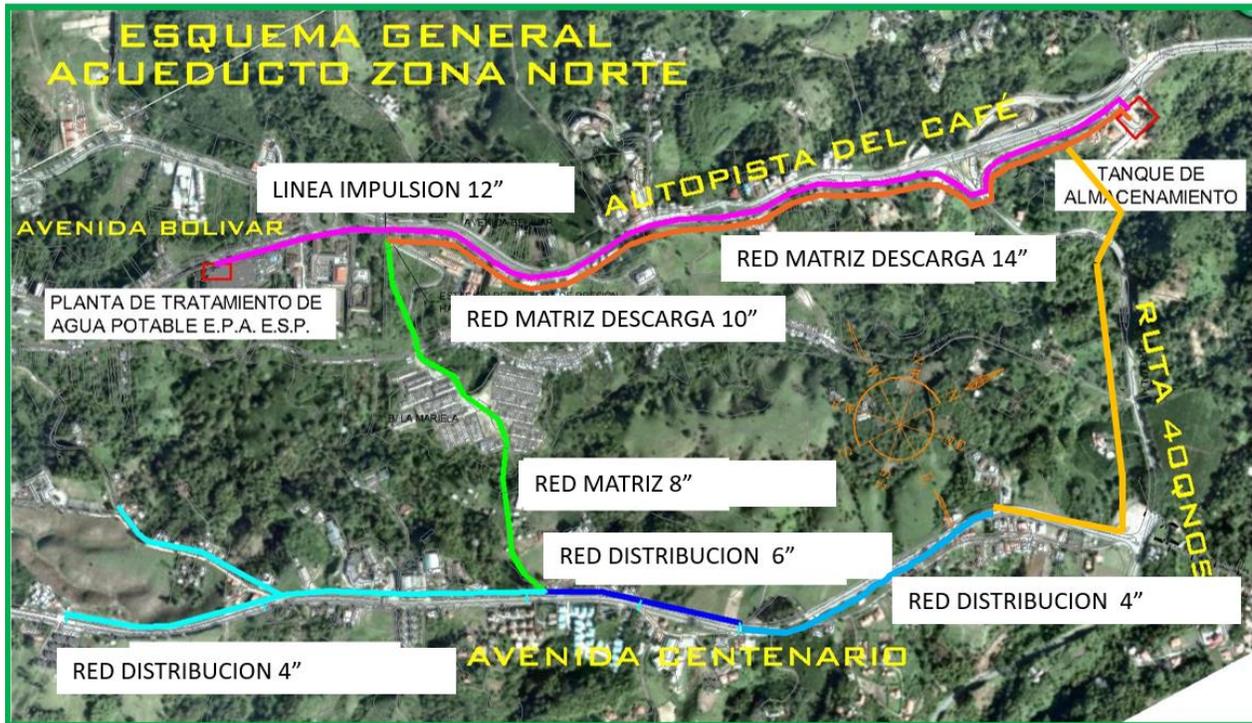
2.1 DEFINICIÓN Y LOCALIZACIÓN DE CADA UNO DE LOS COMPONENTES DEL PROYECTO A DISEÑAR.

El proyecto de acueducto para la zona norte consta de los siguientes componentes:

1. Estación de bombeo: se localiza en la planta de tratamiento.
2. Línea de impulsión 300mm (12"): con un trazado desde la estación de bombeo hasta el tanque de almacenamiento paralela a la vía principal Armenia - Pereira
3. Tanque de almacenamiento: Localizado en predio de Empresas Públicas de Armenia, desde el cual se abastecerán por gravedad los sectores.
4. Red Matriz desde tanque de almacenamiento hasta Avenida Bolívar: inicia con tubería de 350mm (14") y termina en tubería de 250mm (10") para alimentar la red matriz hacia la avenida Centenario.
5. Red Matriz Avenida Bolívar – Avenida Centenario: Tubería de diámetro 200mm (8"), recibe la red matriz proveniente del tanque de almacenamiento.
6. Red de distribución Avenida Bolívar sector norte 150mm (6"): se alimenta de la tubería de 14" proveniente del tanque de almacenamiento.
7. Red de distribución avenida Centenario: tuberías 100mm (4") a 150mm (6"), se alimenta de la red matriz de 200mm (8") indicada en el punto no. 5.
8. Red de distribución – Sector Los Ángeles: tubería 100mm (4")

En la **Figura 1** se presenta el esquema general de proyecto:

Figura 1
 Esquema general del proyecto



2.2 RECONOCIMIENTOS DE CAMPO, INVESTIGACIÓN PREDIAL INICIAL.

En el estudio se realizaron diferentes visitas de campo y se identificaron las posibles afectaciones de tipo predial, los cuales se pueden observar en el anexo I del estudio de consultoría 05 de 2012.

A su vez para los ajustes requeridos se realizaron visitas tanto a los predios de localización del tanque como las alternativas de trazado de las redes.

El trazado de 200mm (8") entre la avenida Bolívar y la avenida Centenario, se plantea usando el mismo corredor de servidumbre de la línea de impulsión de 24" proveniente de la Estación de Bombeo alterna de Chagualá. Se realizó la investigación de predios afectados y se presentó la información al área jurídica de Empresas Públicas de Armenia E.S.P. para adelantar las gestiones para la adquisición de servidumbres en caso de ser requerido. Así mismo, se realizó investigación predial y se remitió información al área jurídica para el trámite correspondiente en predios localizados en el sector del Barrio La Mariela y el SENA de la construcción. Ver anexo 1.

En el trazado presentado se hace recorrido por borde de vía desde la Avenida Bolívar hasta la entrada al barrio La Mariela (Entrada Barrio Salvador Allende) sin afectar la servidumbre existente en los predios Paraíso 3 y Mirador 4 en los cuales se construye el proyecto de vivienda privado San Luis Rey, ya que este tramo cuenta con superficie de pavimento recientemente construida por la constructora. No obstante, durante la construcción se puede evaluar en

conjunto con la interventoría la localización en este tramo de servidumbre o la instalación por borde de vía como se encuentra en los planos de diseño.

Para las demás de redes del proyecto se conserva la localización de la consultoría 05 de 2012.

2.3 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS.

En el estudio de consultoría 05 de 2012 se encuentra la descripción de los levantamientos topográficos realizados y que son usados para la actualización de diseños. No obstante, en el mes de marzo de 2020, actualización del sistema topográfico de referencia a Magna Sirgas Oeste. Para lo cual se realizó una restitución aerofotogrametría (cuadrante 3115), con la cual se obtienen las características topográficas de la totalidad del terreno de localización del proyecto. Esto con el fin de unificar todos los levantamientos topográficos del proyecto realizados tanto por la consultoría 05 de 2012, como los realizados por la comisión de topografía de EPA. En resumen, se actualizan los siguientes sectores:

- Tramo línea de impulsión de 12” entre planta potabilizadora de EPA y entrada al Barrio La Mariela.
- Tramo red matriz de 8” entre avenida Bolívar y Av. Centenario.
- Redes de distribución de 4” y 6” en la Avenida Centenario desde sector La Pradera hasta El Molino.

Cabe anotar que para la segunda fase del proyecto queda pendiente la actualización topográfica de los siguientes tramos y sectores:

- Tramo final de la línea de impulsión paralelo a la vía de incorporación de la ruta 40QN05 (variante Chagualá) hasta entrada al predio propuesto para construcción del tanque de almacenamiento.
- Predios de localización del tanque de almacenamiento.
- Trazado de red matriz desde tanque de almacenamiento hasta avenida Centenario, paralelo a la ruta 40QN05 conservando faja de retiro vial de 30m.

2.4 INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y GEOTECNIA.

Esta actividad se puede observar en el anexo D del estudio de consultoría 05 de 2012 DISEÑOS DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA Y LA RED DE ACUEDUCTO DE LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD DEFINIDA COMO ZONA DE EXPANSIÓN realizado por el Ing. Diego León Álzate, el cual se complementa con el estudio realizado por P&P Ingeniería en el año 2016 denominado AJUSTES DE DISEÑOS DEFINITIVOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA NORTE.

2.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

La selección de alternativas se encuentra en el numeral 7 del estudio de consultoría, en el cual se encontró que el lote disponible de EPA para la localización del tanque de almacenamiento no dispone de una cota que garantice la cobertura completa por gravedad de la zona del proyecto y, por lo tanto, se hizo necesario dividir el proyecto en dos zonas hidráulicas de servicio, así:

Zona 1: Área aferente Avenida Simón Bolívar, salida a Pereira.

Zona 2: Área aferente Avenida Centenario, área noroccidental de la Avenida Simón Bolívar y área suburbana de Salento y Circasia

- Con esta división de zonas se hace necesario disponer de un tanque de almacenamiento para cada una y como tal se diseñó un tanque en el predio de EPA para la zona 2, dejando el pre dimensionamiento de un tanque para la zona 1.
- En cuanto al sistema de bombeo y la red de distribución, se analizaron 3 alternativas de construcción y operación y su desarrollo por etapas como puede observarse en el informe de consultoría.

A continuación, se presentan los esquemas de desarrollo propuestos en la consultoría 05 de 2012 para la alternativa seleccionada:

Figura 2
Esquema de la Etapa 1

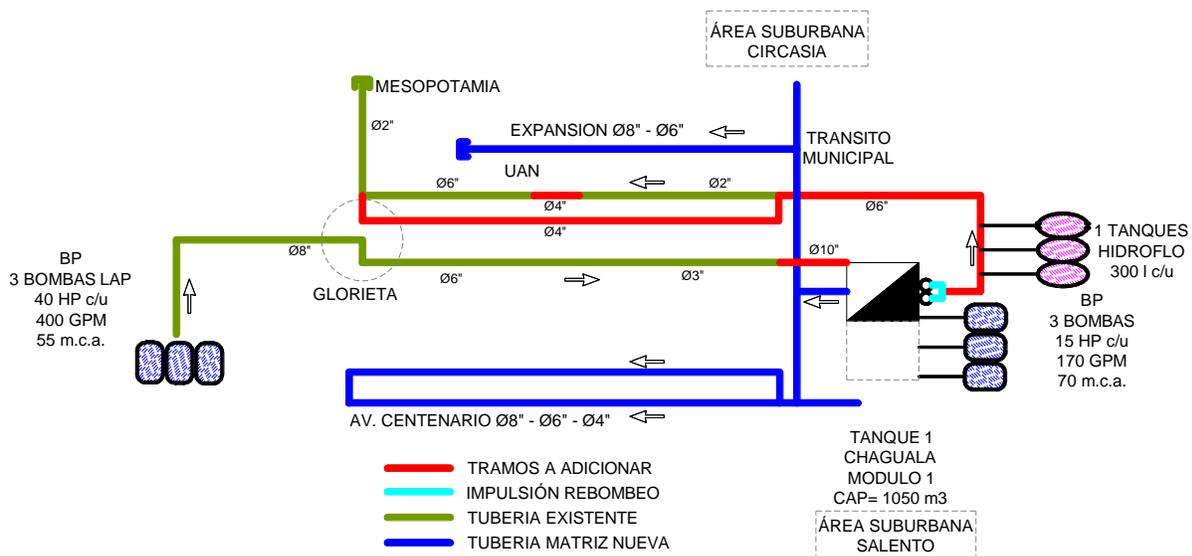


Figura 3
Esquema de la Etapa 2

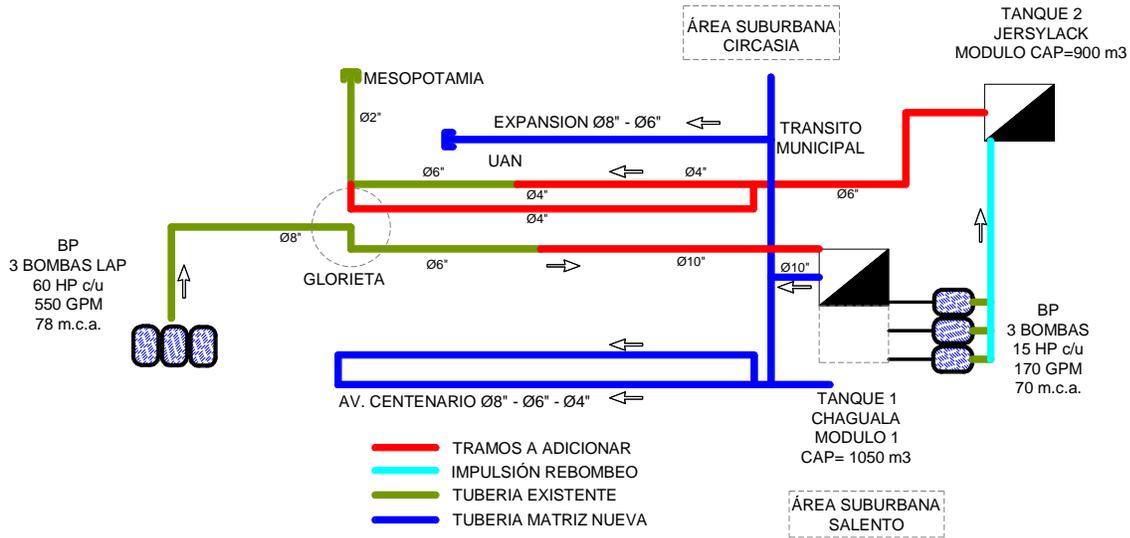
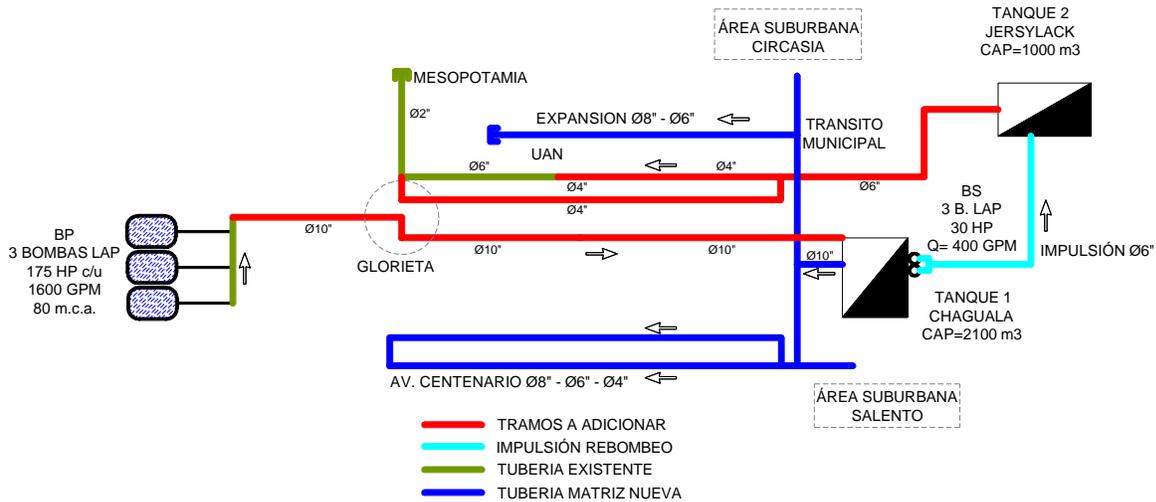


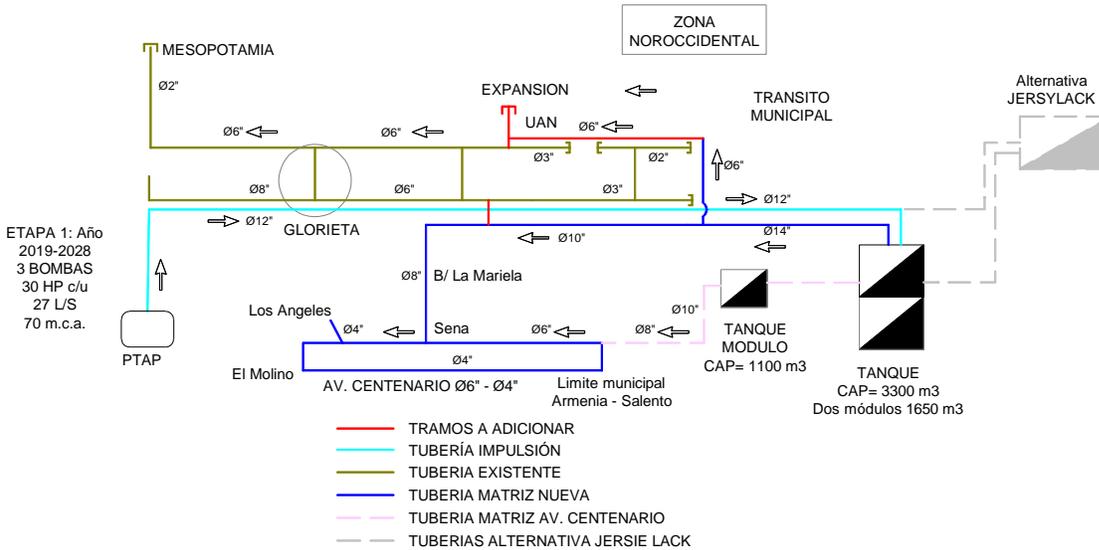
Figura 4
Esquema de la Etapa 3



Con los ajustes efectuados al diseño, se propone iniciar la construcción del tanque correspondiente a la zona 2 que garantice el suministro a gravedad en las dos zonas del proyecto. Ver numeral 4.

Como se explica en detalle en el capítulo de diseño hidráulico este es el esquema propuesto para el sistema de acueducto, adquiriendo lotes de mayor cota:

Figura 5
Esquema acueducto zona norte ajustado



2.6 DISEÑO GEOMÉTRICO Y ANÁLISIS DE INTERFERENCIAS.

En los planos se indica la localización de las tuberías y accesorios a instalar, así como la existencia de algunas de las redes de otros servicios, sin embargo, se recomienda que durante la construcción se deberá verificar las posibles interferencias con otros servicios antes de iniciar las actividades de corte, demolición y excavación, e informar a la interventoría si se requieren modificaciones para que sean aprobadas por esta.

2.7 DISEÑO HIDRÁULICO.

El diseño hidráulico incluye el cálculo de la población, el cálculo de la demanda, cálculo de patrones de consumo, la modelación hidráulica del sistema (red de tuberías, estación de bombeo y tanques de almacenamiento) por etapas de construcción o desarrollo, de acuerdo con el Título 2 requisitos técnicos del RAS (resolución 330 de 2017). En el Numeral 3 del presente informe se presenta el diseño hidráulico.

2.8 DISEÑO GEOTÉCNICO.

Como se indicó en el numeral 2.4 se realizaron los diseños geotécnicos de las estructuras de tanque de almacenamiento, cimentación de tuberías y estructuras especiales de viaductos. La información relacionada en el anexo D de la Consultoría DISEÑOS DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA Y LA RED DE ACUEDUCTO DE LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD DEFINIDA COMO ZONA DE EXPANSIÓN del Ing.

Diego León Álzate y los estudios complementarios realizado por el ing. Juan José Piedrahita en la consultoría para AJUSTES DE DISEÑOS DEFINITIVOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA ZONA NORTE.

2.9 DISEÑO ESTRUCTURAL.

El diseño estructural de los tanques de almacenamiento, se encuentra en los anexos de los estudios de consultoría del Ing. Diego León Álzate y el ing. Juan José Piedrahita, en los cuales se da cumplimiento a los requisitos de la NSR 10.

2.10 OBRAS COMPLEMENTARIAS.

La principal obra complementaria corresponde a la adecuación del viaducto del sector barrio La Mariela para la red matriz de 8", el cual fue diseñado por la consultoría del ing. Juan José Piedrahita.

2.11 DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN.

Para el proyecto se utilizan las especificaciones técnicas de EPA y además se anexan las requeridas para las actividades especializadas como son: los componentes eléctricos, electromecánicos, viaductos, estaciones reductoras de presión.

2.12 FICHAS DE ADQUISICIÓN PREDIAL Y DECLARATORIA DE UTILIDAD PÚBLICA.

Como se indicó en el numeral 2.2, se realizó la investigación predial con la cual se determinaron las posibles servidumbres o afectaciones de tipo predial. Dicha información fue enviada al área jurídica de EPA. Anexo 1.

Como se indicó antes, no será usada la servidumbre de los predios Paraíso 3 y Mirador 4 en los que actualmente se construye el proyecto de vivienda privado San Luis Rey ya que en este se encuentra recién construida parte de la vía con superficie en pavimento.

2.13 PERMISOS, LICENCIAS Y AUTORIZACIONES.

Para la ejecución del proyecto se requieren permisos de las siguientes entidades:

- Autopistas del Café, concesión Agencia Nacional de Infraestructura ANI ruta 2901: Se cuenta con el permiso de ocupación de derecho de vía otorgado por ANI, para intervención desde el PR+000 hasta PR1+800. En el anexo 2 se presenta copia de la resolución 8420 de 2017. Así mismo, se anexa copia de oficio GPT-555 en el que se informa a la concesión vial sobre las actualizaciones realizadas al proyecto.

- INVIAS: se requiere aprobación para instalación de tramo tubería de impulsión (12”) y tubería de red matriz (14”) en el sector de Chaguala Ruta 40QN05. Se anexa copia de oficio GPT-556 en el que se informa al INVIAS el de reinicio de trámite de permisos.
- Para la ejecución del tramo de red matriz que abastezca a la avenida Centenario usando el trazado paralelo a la ruta 40QN05, Empresas Públicas de Armenia deberá retomar las gestiones de constitución de servidumbres en predios privados pertenecientes al área rural del municipio de Salento. Cabe anotar que las modificaciones en el trazado de la red matriz hacia la avenida Centenario han requerido de una localización por la Avenida Bolívar y parte de la autopista del Café debido la dificultad en la adquisición de los permisos de Invias y la adquisición de estas servidumbres.
- Permisos de la autoridad ambiental: el proyecto inicialmente planteado en la consultoría 05 de 2012 no requería intervención sobre fuentes hídricas o aprovechamiento forestal, por lo tanto, mediante oficio 11146 de CRQ se informa que no se requiere permiso de ocupación de cauce ni Licencia Ambiental Ver Anexo 3. Sin embargo, debido a las modificaciones realizadas al trazado del proyecto para cumplir con los retiros viales en el tramo paralelo a la ruta 40QN05, se solicitó acompañamiento a la CRQ para determinar si se requiere el trámite de permisos ambientales. –ver Anexo 3.
- Permisos de demolición de vía y/o andenes ante Planeación municipal de Armenia. Estos quedan a cargo del contratista que ejecute la obra. No obstante, se hicieron las consultas para verificar los requisitos. Ver anexo 4.
- Permisos de intervención de vía en la avenida Centenario, tramo localizado en Salento. Se hizo consulta con la secretaria de Infraestructura y Aguas del departamento. En respuesta informan que los requisitos para intervención deben ser solicitados a la secretaria de Planeación del municipio de Salento. Se encuentra pendiente la respuesta de esta entidad. Ver anexo 5.

2.14 DETERMINACIÓN DEL PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE OBRAS.

En el anexo 6 se presentan las memorias de cálculo de cantidades de obra, el presupuesto y los análisis de precios unitarios.

3 DISEÑO HIDRÁULICO

En el diseño hidráulico se realizan actualizaciones y ajustes al proyecto de consultoría 05 de 2012 DISEÑOS DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA Y LA RED DE ACUEDUCTO DE LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD, DEFINIDA COMO ZONA DE EXPANSIÓN realizado por el ingeniero Diego León álzate Ospina, conservado la concepción y criterios de diseño de la consultoría en mención; de acuerdo con la actualización de criterios establecidos en la resolución 330 de 2017. Se actualiza la población de diseño, se hacen ajustes en el trazado de la red matriz de abastecimiento a la avenida Centenario y se plantean alternativas para la localización y funcionamiento del tanque de almacenamiento.

3.1 REQUISITOS TÉCNICOS

3.1.1 *Periodo de diseño.*

El período de diseño indicado por la resolución 330 de 2017 para todos los componentes el sistema de acueducto corresponde a 25 años.

3.1.2 *Dotación neta máxima y dotación bruta*

La dotación neta máxima está dada en función de la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida. Para el caso de Armenia corresponde a 130 L/hab*día. Para realizar la equivalencia entre usuarios y población, se adopta un promedio de 3.5 personas por hogar acuerdo con lo indicado en el boletín del censo general año 2005 para la ciudad de Armenia. Para el cálculo de la dotación bruta se adopta un 25% de pérdidas técnicas y se estima una reducción hasta el 15% al final del periodo de diseño.

3.1.3 *Criterios de selección de material de tuberías*

De acuerdo con la consultoría se adopta el uso de tubería de polietileno de alta densidad (PEAD), los criterios de elección se encuentran en el mencionado estudio. No obstante, de acuerdo con solicitud del área operativa de la Subgerencia de Aguas se evalúa y adopta tubería PVC teniendo en cuenta las dificultades que se han presentado en la operación y mantenimiento de las redes en PEAD de Empresas Públicas de Armenia. Adicional a esto, siendo mayor el diámetro interno del PVC en comparación con el PEAD permite la disminución de pérdidas por fricción.

3.1.4 *Criterios generales para la selección de una bomba y la ubicación de la estación de bombeo*

La estación de bombeo para la línea de impulsión necesariamente se debe ubicar en la planta de tratamiento de agua potable. Se implementarán las bombas en la caseta del agua tratada.

Las bombas se diseñan para atender el caudal máximo diario, el diámetro de impulsión se calcula para la mejor condición entre pérdidas y consumo de energía. En el numeral 3.19 se presenta los cálculos realizados.

3.2 CAUDAL DE DISEÑO

A continuación, se indica el caudal de diseño que se debe adoptar de acuerdo con el tipo de componente del proyecto:

Tanque de almacenamiento: QMD

Redes de distribución: QMH

Estación de bombeo: QMD (afectado por el porcentaje de horas de bombeo)

De acuerdo con la población de la ciudad de Armenia (>12500 habitantes), se adoptan los siguientes coeficientes de mayoración:

Coficiente de consumo máximo diario K1 1.20

Coficiente de consumo máximo horario K2 1.50

3.3 POBLACIÓN DE DISEÑO

En el estudio de consultoría 05 de 2012, se determinó que el crecimiento de la población de la zona de expansión norte, dada su importancia económica y residencial, sería de una proporción del 70% del crecimiento anual total para la ciudad de Armenia.

Para efectuar la proyección de la población de la ciudad de Armenia, se toma como base los censos de población realizados por el por el DANE, según lo muestra la **Tabla 1**.

Tabla 1
Población de Armenia censos DANE

Año	Población Urbana	Total Habitantes	% Población urbana
1985	202934	209870	96.7%
1993	244819	252099	97.1%
2005	273076	280881	97.2%

Fuente: DANE 2005

3.3.1 Determinación de la tasa de crecimiento promedio

Se procede a determinar la tasa de crecimiento promedio mediante los métodos aritmético, geométrico y exponencial.

3.3.1.1 Método aritmético.

Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \times (T_f - T_{uc})$$

El valor de la pendiente se calcula para los periodos intermensuales 1993-2005, los resultados se presentan en la **Tabla 2**.

Tabla 2
Determinación de la pendiente (m)

Intervalos censales	Tci	Pci	Tuc	Puc	m
1993-2005	1993	244819	2005	273076	2355

3.3.1.2 Método geométrico.

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad [1]$$

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1 \quad [2]$$

La tasa de crecimiento se calcula para el período intercensal 1993-2005, y se presenta en la **Tabla 3**.

Tabla 3
Determinación de la tasa de crecimiento para el método geométrico

Intervalos censales	Tci	Pci	Tuc	Puc	R
1993-2005	1993	244819	2005	273076	0.00914414

Donde,

Puc: Población último año censado

Pci: Población año inicial censo

Tuc: Ultimo año censado

Tci: Año inicio censo

3.3.1.3 Método Exponencial.

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \times e^{k(T_f - T_{ci})} \quad [3]$$

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad [4]$$

Tabla 4

Determinación de la tasa de crecimiento promedio para el método exponencial

Intervalos censales	Tca	Pca	Tcp	Pcp	k
1985-1993	1985	202934	1993	244819	0.02345
1993-2005	1993	244819	2005	273076	0.00910
1985-2005	1985	202934	2005	273076	0.01484
				Promedio	0.01580

Donde,

Tca Año correspondiente al censo anterior

Pca Población del censo anterior

Tcp Año correspondiente al censo posterior

Pcp Población del censo posterior

3.4 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Con base en la información anterior, se proyecta la población para el Municipio de Armenia a partir del año 2019 hasta el 2043 con cada uno de los métodos antes expuestos. Los resultados se presentan en la **Tabla 5** y en la **Figura 6**.

Tabla 5

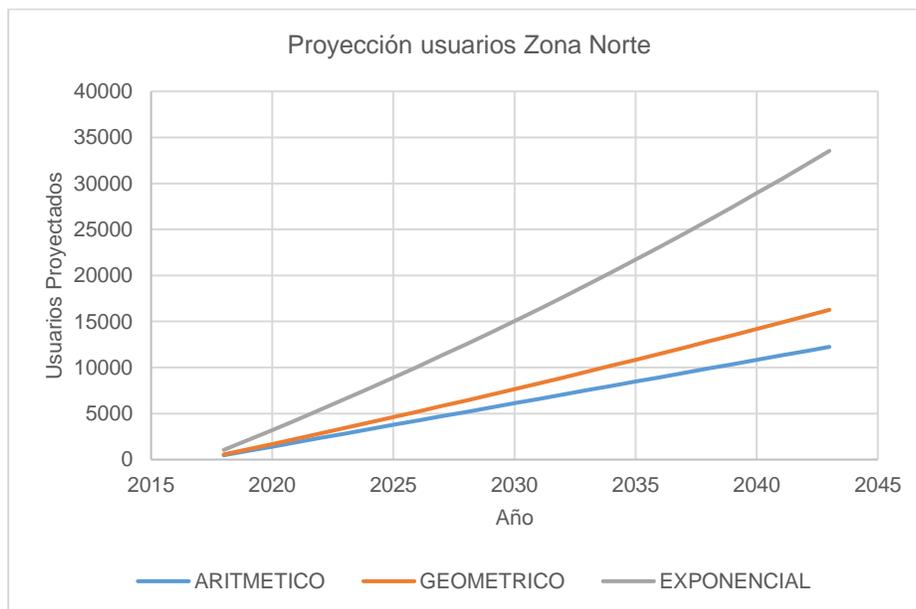
Proyección de población (habitantes)

id	Año	Método aritmético	Método geométrico	Método exponencial
1	2019	306043	310190	340684
2	2020	308397	313027	346109
3	2021	310752	315889	351621
4	2022	313107	318778	357221
5	2023	315462	321693	362910
6	2024	317816	324634	368690
7	2025	320171	327603	374561
8	2026	322526	330598	380527

9	2027	324881	333621	386587
10	2028	327235	336672	392743
11	2029	329590	339751	398998
12	2030	331945	342857	405353
13	2031	334300	345993	411808
14	2032	336654	349156	418366
15	2033	339009	352349	425029
16	2034	341364	355571	431798
17	2035	343719	358822	438675
18	2036	346073	362104	445661
19	2037	348428	365415	452759
20	2038	350783	368756	459969
21	2039	353138	372128	467295
22	2040	355492	375531	474737
23	2041	357847	378965	482297
24	2042	360202	382430	489978
25	2043	362557	385927	497781

Elaboración propia

Figura 6
Proyección de usuarios



Como se indicó antes, para el cálculo del crecimiento de la población de la zona norte se adopta como una proporción del 70% del crecimiento anual total, y de acuerdo con la metodología de la consultoría 05 de 2012, pero

con ajuste del horizonte de diseño al año 2043 (periodo de diseño 25 años, 2019-2043), se obtiene la proyección de usuarios que se resume en la Tabla 6.

Tabla 6
Proyección de usuarios de la zona norte

Año	ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO	EXPONENCIAL
2019	942	1119	2119
2028	5180	6416	12531
2038	9890	12832	25977
2043	12245	16267	33539

Tabla 7
Disponibilidades de servicio actuales en la zona norte de Armenia

Proyecto	Usuarios
La Primavera	422
Entreverdes	2760
Oro Negro	1000
Carlo Magno	292
Lote Paraíso	108
Total	4582

Además, se debe abastecer los 527 usuarios que actualmente son atendidos en la zona norte.

De acuerdo con las proyecciones, los nuevos usuarios indicados en las disponibilidades de servicio, se deberían presentar, en el año 2026 según el método aritmético, en el año 2024 para el método geométrico y en el año 2021 para el método exponencial. Si bien el método exponencial puede representar mejor la acelerada tendencia de crecimiento debido al auge de la construcción desde el año 2015 hasta el año 2017, también puede resultar en una estimación demasiado conservadora teniendo en cuenta las restricciones dadas en las fichas normativas del acuerdo 019 de 2009, por lo tanto, se mantiene el criterio de diseño de la consultoría en la que se adopta el método aritmético como metodología para la proyección de la población.

Como resultado de esta actualización se requiere la ampliación de la capacidad de algunos de los componentes del sistema como se verá más adelante.

Tabla 8
Proyección de la población en la zona del proyecto al año 2043

Año	Población	Diferencia de	Población futura	Usuarios futura
------------	------------------	----------------------	-------------------------	------------------------

		Población	zona norte	zona norte
2019	306043	4710	3297	942
2020	308397	7064	4945	1413
2021	310752	9419	6593	1884
2022	313107	11774	8242	2355
2023	315462	14129	9890	2826
2024	317816	16483	11538	3297
2025	320171	18838	13187	3768
2026	322526	21193	14835	4239
2027	324881	23548	16483	4709
2028	327235	25902	18132	5181
2029	329590	28257	19780	5651
2030	331945	30612	21428	6122
2031	334300	32967	23077	6593
2032	336654	35321	24725	7064
2033	339009	37676	26373	7535
2034	341364	40031	28022	8006
2035	343719	42386	29670	8477
2036	346073	44740	31318	8948
2037	348428	47095	32967	9419
2038	350783	49450	34615	9890
2039	353138	51805	36263	10361
2040	355492	54159	37911	10832
2041	357847	56514	39560	11303
2042	360202	58869	41208	11774
2043	362557	61224	42856	12245

Elaboración propia

3.4.1 *Distribución espacial de la demanda*

Con base en el POT 2009-2023 de la ciudad de Armenia en el que se definen las áreas urbanas y las áreas de protección ambiental, con ayuda de herramientas SIG se obtienen las áreas urbanas no protegidas en el sector norte de Armenia, con estas se realiza la distribución espacial de los usuarios proyectados y la demanda, como se indica en la **Figura 7** y en la **Tabla 9**:

Figura 7
Suelo urbano y zonas de protección ambiental en el norte de Armenia.

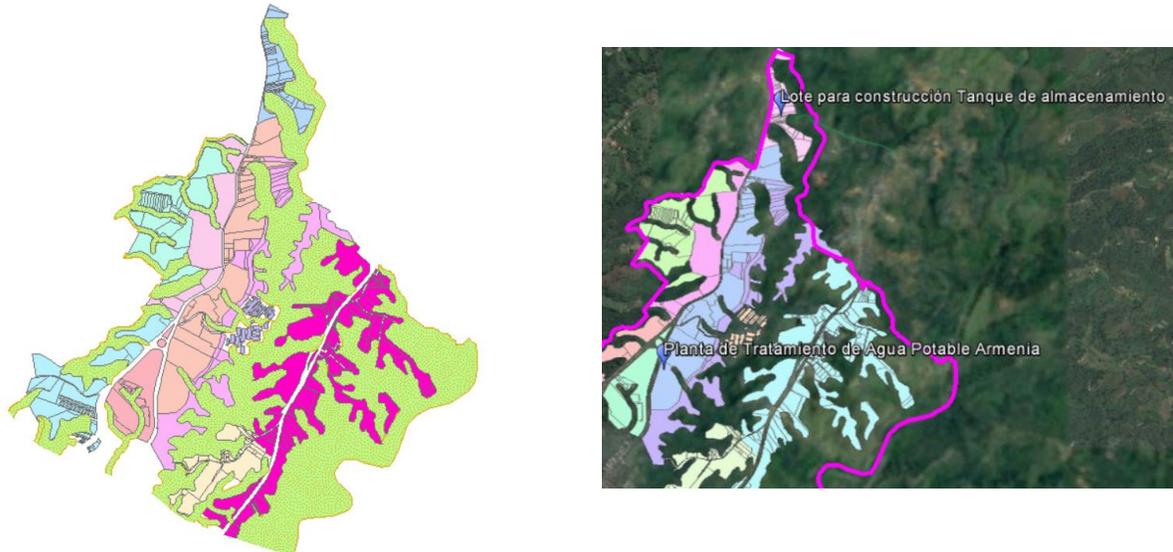


Tabla 9
Áreas urbanas no protegidas en el sector Norte

SECTOR	ÁREA TOTAL (Ha)	%	USUARIOS ESTIMADOS
Los Ángeles	8.90	6.4%	789
Av. Bolívar Zona Occidente	11.33	8.3%	1013
Av. Bolívar Zona Oriental	25.86	18.5%	2263
Av. Bolívar Zona Sur	16.26	11.2%	1372
Avenida Centenario	40.10	28.2%	3456
Ferrocarril (futura carrera 13)	17.88	12.9%	1580
Zona Noroccidental (parte baja)	14.06	10.1%	1234
Norte (predios aledaños al futuro tanque de almacenamiento)	6.00	4.1%	537
Total general	140.68	100.00	12245

La población estimada no tiene en cuenta los actuales usuarios del Barrio La Mariela que continuarán siendo abastecidos desde la red proveniente de la planta de tratamiento.

3.4.2 Caudales de diseño

Con base en la proyección de la población se calculan los caudales de diseño mostrados en la **Tabla 10**. Para realizar la equivalencia entre usuarios y población, se adopta un promedio de 3.5 personas por hogar acuerdo con lo indicado en el boletín del censo general año 2005 para la ciudad de Armenia. Para el cálculo de la dotación bruta se adopta un 25% de pérdidas técnicas y se estima una meta de reducción hasta el 15% al final del periodo de diseño y se adoptan los siguientes coeficientes de consumo:

Coefficiente de consumo máximo diario – k1 1.20

Coefficiente de consumo máximo horario – k2 1.45

De acuerdo con lo anterior, se obtienen los caudales de diseño presentados en la **Tabla 10**:

Tabla 10
Proyección de la demanda de agua potable

AÑO	Usuarios	Población	%P	Dotación Bruta	qmd	QMD	QMH
		hab		L/h-d	(l/s)	(l/s)	(l/s)
2018	471	1648	25.0%	173.3	3.31	3.97	5.95
2019	942	3297	25.0%	173.3	6.61	7.94	11.91
2020	1413	4945	24.6%	172.4	9.87	11.84	17.76
2021	1884	6593	24.2%	171.4	13.08	15.70	23.55
2022	2355	8242	23.8%	170.5	16.26	19.52	29.27
2023	2826	9890	23.3%	169.6	19.41	23.29	34.94
2024	3297	11538	22.9%	168.6	22.52	27.03	40.54
2025	3768	13187	22.5%	167.7	25.60	30.72	46.08
2026	4239	14835	22.1%	166.8	28.65	34.38	51.57
2027	4709	16483	21.7%	166.0	31.66	37.99	56.99
2028	5181	18132	21.3%	165.1	34.64	41.57	62.36
2029	5651	19780	20.8%	164.2	37.59	45.11	67.67
2030	6122	21428	20.4%	163.4	40.51	48.62	72.92
2031	6593	23077	20.0%	162.5	43.40	52.08	78.13
2032	7064	24725	19.6%	161.7	46.26	55.51	83.27
2033	7535	26373	19.2%	160.8	49.09	58.91	88.36
2034	8006	28022	18.8%	160.0	51.89	62.27	93.41
2035	8477	29670	18.3%	159.2	54.66	65.60	98.40
2036	8948	31318	17.9%	158.4	57.41	68.89	103.33
2037	9419	32967	17.5%	157.6	60.13	72.15	108.23
2038	9890	34615	17.1%	156.8	62.81	75.38	113.06
2039	10361	36263	16.7%	156.0	65.47	78.57	117.85
2040	10832	37911	16.3%	155.2	68.11	81.73	122.60
2041	11303	39560	15.8%	154.5	70.72	84.86	127.30
2042	11774	41208	15.4%	153.7	73.30	87.96	131.95
2043	12245	42856	15.0%	152.9	75.86	91.03	136.55

Para la ejecución del proyecto actual se estiman dos etapas o fases de desarrollo para la construcción del tanque de almacenamiento y el sistema de bombeo, la primera desde el año 2019 hasta el año 2028 y la segunda desde el año 2029 hasta el año 2043 hasta cumplir el período de diseño de 25 años. Los diámetros de las tuberías son calculados para el QMH al año 2043.

Tabla 11
Caudales de diseño

Año Proyección	ETAPA 1	ETAPA 2
-----------------------	----------------	----------------

Sector	2019 -2028				2029 - 2043			
	Habitantes	qmd	QMD	QMH	Habitantes	qmd	QMD	QMH
Ángeles	1,168	2.23	2.68	4.02	789	4.89	5.86	8.79
Av. Bolívar Zona Occidente	1,500	2.87	3.44	5.16	1,013	6.27	7.53	11.29
Av. Bolívar zona Oriental	3,352	6.40	7.68	11.53	2,263	14.02	16.83	25.24
Av. Bolívar zona Sur	2,032	3.88	4.66	6.99	1,372	8.50	10.20	15.31
Avenida Centenario	5,118	9.78	11.73	17.60	3,456	21.41	25.69	38.54
Ferrocarril (proyección carrera 13)	2,340	4.47	5.37	8.05	1,580	9.79	11.75	17.62
Zona Noroccidental (parte baja)	1,827	3.49	4.19	6.28	1,234	7.64	9.17	13.76
Norte (predios aledaños al futuro tanque de almacenamiento)	796	1.52	1.82	2.74	537	3.33	4.00	5.99
Total general	18,132	35	42	62	12,245	76	91	137

Se realiza el estudio del diámetro más económico en concordancia con las etapas de construcción, escogiéndose cuatro (4) diámetros comerciales próximos al diámetro económico de referencia, dos por efecto y dos por exceso. Para cada uno de ellos se determina el costo total de suministro e instalación, costo anual de energía, operación y mantenimiento, intereses, amortización, seleccionando la alternativa de costo mínimo y el diámetro óptimo resultante.

Se garantiza una presión dinámica mínima de 5 metros en los puntos topográficos más altos. (ver resultados modelación).

3.6 MODELACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN

Para la modelación de las redes se utiliza el software EPANET 2.0 de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos y la traducción de la Universidad Politécnica de Valencia.

Se realiza la modelación en periodo extendido con frecuencia horaria incorporando en los nodos los patrones de consumo tomados de los datos del centro de control maestro de EPA año 2016 en sectores hidráulicos con características similares a la zona de estudio. La **Tabla 12** muestra los consumos horarios promedio del año 2016 en m³/h.

Tabla 12
Consumo horario promedio año 2016

HORA	SECTOR 17	SECTOR 18	SECTOR 19	SECTOR 20	SECTOR 21	SECTOR 22	SECTOR 23	SECTOR 24
01:00	28.71	48.41	15.58	1.75	3.96	11.79	16.33	4.10
02:00	26.63	47.35	14.61	1.36	4.18	12.07	16.63	2.93
03:00	25.42	46.80	13.36	1.13	3.52	11.04	16.41	2.82
04:00	25.36	47.43	13.80	1.10	1.95	10.85	19.85	2.47
05:00	27.47	49.92	17.25	1.15	2.60	16.07	15.86	4.63
06:00	45.99	69.26	22.71	5.02	7.64	29.90	20.49	6.15
07:00	60.90	80.31	29.99	8.94	6.48	28.48	24.81	9.37
08:00	72.02	84.93	35.18	11.80	7.93	32.15	27.49	10.60
09:00	82.51	93.14	39.61	13.95	8.80	36.55	29.28	12.12
10:00	86.83	96.98	41.47	14.30	10.52	41.16	29.72	13.52
11:00	89.15	96.04	41.15	14.24	10.36	41.42	30.58	14.07
12:00	88.17	94.30	39.21	13.42	8.43	38.91	28.99	14.08
13:00	85.53	91.83	37.66	12.33	7.55	36.66	29.07	13.43
14:00	84.31	89.52	37.10	11.73	7.67	35.08	30.35	13.05
15:00	80.44	86.34	34.58	9.46	7.91	31.78	26.85	12.60

16:00	74.53	81.01	32.35	7.07	7.04	30.49	25.94	11.93
17:00	69.56	78.08	30.65	5.41	6.17	28.89	23.30	10.49
18:00	64.13	75.54	29.05	4.81	5.46	28.10	21.19	9.12
19:00	60.50	74.75	26.16	4.81	5.18	27.04	19.00	7.98
20:00	55.65	73.33	24.02	5.11	6.73	25.71	21.16	7.66
21:00	51.54	70.94	22.16	4.82	6.47	24.62	19.56	7.18
22:00	46.53	66.22	20.09	4.40	5.44	20.68	16.52	7.06
23:00	40.38	58.59	19.23	3.44	3.73	14.52	15.64	5.86
00:00	33.26	52.15	17.00	2.41	2.66	11.87	15.24	4.54
Promedio (día)	58.56	73.05	27.25	6.83	6.18	26.08	22.51	8.66
Consumo Total (m3/h)	1,405.50	1,753.18	653.99	163.97	148.39	625.83	540.28	207.74

Tabla 13
Porcentaje de consumo horario promedio año 2016

HORA	SECTOR 17	SECTOR 18	SECTOR 19	SECTOR 20	SECTOR 21	SECTOR 22	SECTOR 23	SECTOR 24	Promedio
01:00	2.04	2.76	2.38	1.07	2.67	1.88	3.02	1.97	2.22
02:00	1.89	2.70	2.23	0.83	2.82	1.93	3.08	1.41	2.11
03:00	1.81	2.67	2.04	0.69	2.37	1.76	3.04	1.36	1.97
04:00	1.80	2.71	2.11	0.67	1.31	1.73	3.67	1.19	1.90
05:00	1.95	2.85	2.64	0.70	1.76	2.57	2.94	2.23	2.20
06:00	3.27	3.95	3.47	3.06	5.15	4.78	3.79	2.96	3.80
07:00	4.33	4.58	4.59	5.45	4.37	4.55	4.59	4.51	4.62
08:00	5.12	4.84	5.38	7.20	5.34	5.14	5.09	5.10	5.40
09:00	5.87	5.31	6.06	8.51	5.93	5.84	5.42	5.84	6.10
10:00	6.18	5.53	6.34	8.72	7.09	6.58	5.50	6.51	6.56
11:00	6.34	5.48	6.29	8.69	6.98	6.62	5.66	6.77	6.60
12:00	6.27	5.38	6.00	8.18	5.68	6.22	5.37	6.78	6.23
13:00	6.09	5.24	5.76	7.52	5.09	5.86	5.38	6.46	5.92
14:00	6.00	5.11	5.67	7.15	5.17	5.60	5.62	6.28	5.82
15:00	5.72	4.92	5.29	5.77	5.33	5.08	4.97	6.07	5.39
16:00	5.30	4.62	4.95	4.31	4.75	4.87	4.80	5.74	4.92

17:00	4.95	4.45	4.69	3.30	4.16	4.62	4.31	5.05	4.44
18:00	4.56	4.31	4.44	2.93	3.68	4.49	3.92	4.39	4.09
19:00	4.30	4.26	4.00	2.94	3.49	4.32	3.52	3.84	3.83
20:00	3.96	4.18	3.67	3.12	4.53	4.11	3.92	3.69	3.90
21:00	3.67	4.05	3.39	2.94	4.36	3.93	3.62	3.46	3.68
22:00	3.31	3.78	3.07	2.69	3.67	3.30	3.06	3.40	3.28
23:00	2.87	3.34	2.94	2.10	2.51	2.32	2.90	2.82	2.73
00:00	2.37	2.97	2.60	1.47	1.80	1.90	2.82	2.18	2.26
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Con base en el porcentaje de consumo promedio obtenido en la **Tabla 13**, se calculan los patrones de consumo que se aplican al modelo hidráulico, siendo uno (1) el factor correspondiente al caudal máximo horario.

Tabla 14
Patrones de consumo

HORA	C %	PATRÓN CONSUMO
1	2.22	0.34
2	2.11	0.32
3	1.97	0.30
4	1.90	0.29
5	2.20	0.33
6	3.80	0.58
7	4.62	0.70
8	5.40	0.82
9	6.10	0.92
10	6.56	0.99
11	6.60	1.00
12	6.23	0.94
13	5.92	0.90
14	5.82	0.88
15	5.39	0.82
16	4.92	0.74
17	4.44	0.67
18	4.09	0.62

19	3.83	0.58
20	3.90	0.59
21	3.68	0.56
22	3.28	0.50
23	2.73	0.41
24	2.26	0.34

Con los patrones horarios se efectúa la modelación hidráulica del sistema en periodo extendido. Las demandas o consumos se concentran en los nodos definidos para cada sector y los datos aplicados al modelo corresponden a los indicados en la **Tabla 11**.

3.7 SECTORIZACIÓN HIDRÁULICA

De acuerdo con la distribución de la demanda, se tendrán tres (3) sectores con macromedición, así: todo el sector norte contará con sistema de macro medición a la salida de la planta de tratamiento, en la derivación hacia la avenida Centenario, en la derivación de la avenida Bolívar y Mesopotamia y en la salida del tanque de almacenamiento.

SECTOR	UBICACIÓN
Planta de tratamiento	Salida Planta de tratamiento
Av. Bolívar Zona Occidente	Universidad Antonio Nariño
Av. Bolívar Zona Oriental	
Av. Bolívar Zona Sur	
Zona Noroccidental (parte baja)	
Avenida Centenario	Avenida Bolívar en la entrada al Barrio La Mariela
Los Ángeles	
Ferrocarril (futura carrera 13)	
Norte (predios aledaños al futuro tanque de almacenamiento)	Medición en salida del nuevo tanque de almacenamiento

3.8 LOCALIZACIÓN DE LAS REDES DE ACUEDUCTO

La localización de la tubería está limitada por el espacio disponible en las vías existentes, para el caso de la línea de impulsión y la red matriz de retorno hacia la avenida Centenario, las tuberías se instalarán en la zona de andenes y de cunetas con el fin de no afectar la estructura de los pavimentos de los tramos que presentan afectación a la autopista del Café y la Ruta 40QN a cargo de ANI e INVIAS respectivamente, en los demás tramos la localización se realiza teniendo en cuenta las indicaciones del RAS.

3.9 PROFUNDIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS

La profundidad mínima de instalación para todas las tuberías será de 1.00 m a la clave del tubo. El presupuesto se calcula tomando una altura promedio de 1.20 m.

3.10 PRESIONES DE SERVICIO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

El diseño garantiza la presión dinámica de servicio mínima de 15 m.c.a. La presión máxima corresponde a una presión estática de 50 m.c.a. en las redes de distribución.

En el tramo de la red matriz de 8" entre el barrio La Mariela y El Sena se tiene presión estática de 70mca, con la cual en condiciones de servicio se tienen presiones entre 90 y 100 m.c.a., por lo cual implementará una válvula reductora de presión en el inicio de este tramo (en la avenida Bolívar).

3.11 DIÁMETRO INTERNO REAL MÍNIMO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Toda la modelación se efectúa tomando los diámetros internos reales de las tuberías mostrados en la **Tabla 15**.

Tabla 15
Diámetro interno real de las tuberías

Ø (Pulgadas)	Ø (mm)	RDE 21 Øint (mm)
3	75	80.42
4	100	90.00
6	150	130.80
8	200	163.60
10	250	204.60
12	315	257.80
14	355	290.60
16	400	327.40
RDE		21
Presión PSI		200

Fuente: Catalogo Tubería PVC Unión mecánica Pavco

Las tuberías usadas en el diseño tienen diámetros desde 3" hasta 14" correspondientes a la línea de impulsión, redes matrices y redes de distribución.

3.12 VÁLVULAS DE CORTE O CIERRE

Se implementarán válvulas de corte en la red con el fin de aislar tramos de red para facilitar operaciones de mantenimiento, en las siguientes abscisas:

Tabla 16
Localización de válvulas de corte

SECTOR	ABSCISA	VALVULA
Línea de impulsión principal	K0+385.26 (Empalme a B/La Mariela)	Válvula compuerta elástica 10" Válvula compuerta elástica 8"
Red matriz Av. Bolívar - Av. Centenario	K0+340	Válvula compuerta elástica 8"
Red distribución Av. Centenario 6"	K0+000, K0+210, K0+420	Válvula compuerta elástica 6"
Red distribución Sector Los Ángeles	K0+000	Válvula compuerta elástica 4"
Red distribución Av. Centenario 4"	K0+445, K0+670, K1+1000, K1+430	Válvula compuerta elástica 4"
Red distribución Av. Centenario 4" Salento	K0+000, K0+310, K0+590	Válvula compuerta elástica 4"

3.13 VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN

Como se indicó en 3.10, en la red matriz hacia la avenida Centenario se requiere la implementación de una estación reductora de presión con el fin de proteger la tubería y accesorios en el tramo del viaducto ubicado entre el barrio La Mariela y el SENA que es el punto más bajo del proyecto. Dicha estación se instalará sobre la tubería de 8" y tendrá accesorios en 6" con un by pass de 3", contará con los siguientes accesorios:

- Reducción HD 8"x6"
- Pasamuro HD 6"
- Válvula ventosa 2"
- Válvula tipo compuerta elástica 6"
- Filtro Y de 6"
- Unión de desmontaje autoportante 6"
- Válvula reductora de presión 6"
- Macromedidor tipo turbina 6"
- Válvula tipo compuerta elástica 3"
- Válvula de globo manual
- Filtro yee de 3"
- Otros accesorios

La estación reguladora tendrá dimensiones internas de 5.75m x 1.60m x 2.00m de altura. Se localizará en el tramo de servidumbre de la línea de impulsión de la estación de bombeo alterna, en la que se cuenta con un ancho de 3m a cada lado de la tubería de 24" en HD.

La válvula reductora de presión y el macromedidor posteriormente serán incorporados al centro de control maestro de EPA mediante telemetría.

De igual manera, se implementará una estación reductora de presión de 4" para la derivación existente que abastece al sector de Mesopotamia y otra en la avenida Centenario en el sector del Sena (K0+440)

3.14 VÁLVULA DE VENTOSA, DE PURGA Y CAJAS DE LAS VÁLVULAS

Se localizan válvulas ventosas de 2" y 3" en los puntos más altos de la red y en puntos de cambio de pendiente.

Las válvulas de purga propuestas son de tipo compuerta elástica extremo brida con diámetro de 3" para las tuberías de 3" a 8". Para las redes de mayor diámetro se implementan válvulas de diámetro 4".

Las cajas de las válvulas son de concreto reforzado con área interna de 1.20x1.20 m. con muros de 0.15m y losa superior de 0.20m.

Tabla 17
Localización válvulas ventosa

ABSCISA	VÁLVULA
LÍNEA DE IMPULSIÓN TRAMO 1	
K0+330 (ventosa)	Ventosa de acción múltiple ø3"
K0+661.15 (ventosa)	Ventosa de acción múltiple ø3"
RED MATRIZ AV. BOLÍVAR - AV. CENTENARIO	
K0+342.50 (ventosa)	Ventosa de acción múltiple ø3"
K0+458 (ventosa)	Ventosa de acción múltiple ø3"
K0+617.80 (ventosa)	Ventosa de acción múltiple ø3"
K0+642.50 (Purga 3")	Válvula de compuerta EB ø3"
K0+803.17(ventosa)	Ventosa de acción múltiple ø3"
RED DE DISTRIBUCIÓN AV. CENTENARIO	
K0+662.50 (ventosa)	Ventosa de acción múltiple ø2"
K0+950 (ventosa)	Ventosa de acción múltiple ø2"
K01+420 (Valv. Purga)	Válvula de compuerta EB ø3"
RED DE DISTRIBUCIÓN LOS ANGELES	
K0+180 (Ventosa)	Ventosa de acción múltiple ø2"
RED DE DISTRIBUCIÓN AV. CENTENARIO – SALENTO	

K0+150 (ventosa)	Ventosa de acción múltiple $\varnothing 2''$
K0+480 (ventosa)	Ventosa de acción múltiple $\varnothing 2''$

3.15 GOLPE DE ARIETE

Se realiza la verificación de golpe de ariete en los puntos críticos de la red. El espesor de la tubería elegida en conjunto con la implementación de estación reductora de presión, garantiza que, en el caso de presentarse sobrepresiones, tanto la tubería como accesorios responderán adecuadamente. Las tuberías de PVC se diseñan con presión de trabajo de 200 PSI.

En la estación de bombeo se contará con tres (3) válvulas anticipadoras de golpe de ariete de 4" complementadas con válvulas de ventosa en la red.

El tramo de mayor presión estática corresponde a la red matriz de 8" localizada entre la Av. Bolívar y la Av. Centenario. En esta se evalúa el golpe de ariete, así:

QMH (periodo diseño 25 años)

Presión estática: 60.62 m (86 psi) (1618.14-1557.52)

Presión dinámica:

Mín: 76.92 m (98.05 psi)

Máx: 89.46 m (138 psi)

Caudal:

Mín.: 16.62 l/s

Máx.: 57.31 l/s

TRAMOS TUBERIA PVC (red matriz)

Celeridad de onda: 368 m/s PVC RDE 21

Velocidad:

Mín.: 0.54 m/s

Máx.: 1.86 m/s

Sobrepresión estimada: 69.60 m

Presión total: $60.62 + 69.60 = 130.22\text{m}$

Presión nominal de trabajo de la tubería

PVC RDE21: 140.60 m

3.16 CAUDAL DE INCENDIOS, DISPOSICIÓN DE LOS HIDRANTES Y DIÁMETRO MÍNIMO

El diseño de la red garantiza que la tubería tendrá la capacidad de transportar el caudal necesario para abastecer 3 hidrantes bajo uso simultáneo correspondiente a un caudal total de 15 l/s.

Específicamente en la etapa 1 se tendrán hidrantes de diámetro 3" en el sector de la avenida Centenario correspondiente a una densidad de 200 habitantes / hectarea, los cuales están separados a una distancia de 300m.

Tabla 18
Hidrantes habitantes / hectárea

Sector	Hab / Ha
Av. Bolívar Zona Occidente	132
Av. Bolívar Zona Oriental	130
Av. Bolívar Zona Sur	125
Zona Noroccidental (parte baja)	130
Avenida Centenario	128
Los Ángeles	131
Ferrocarril (proyección carrera 13)	131
Promedio	129

Los hidrantes proyectados se ubican en las siguientes abscisas:

TRAMO IV- RED DISTRIBUCION AV.CENTENARIO 6"

K0+030 (Hidrante No 1)

K0+377.50 (Hidrante No 2)

TRAMO V- RED DISTRIBUCION AV.CENTENARIO 4"

K0+600 (Hidrante No 3)

K0+900 (Hidrante No 4)

TRAMO VI- RED DISTRIBUCION AV.CENTENARIO 4"

K1+200 (Hidrante No 5)

TRAMO VII- RED DISTRIBUCION LOS ANGELES FASE 1 Ø 4"

K0+380 (Hidrante No 1)

TRAMO VIII- RED DISTRIBUCION AV. CENTENARIO SALENTO Ø 4"

K0+300 (Hidrante No 1)

K0+600 (Hidrante No 2)

3.17 MEDICIÓN DE CAUDALES Y DE PRESIÓN

Se implementará medición de caudal y de presión en los sectores indicados en el numeral 3.7 Sectorización hidráulica, como son: salida de la planta de tratamiento, en la derivación hacia la avenida Centenario, en la derivación de la avenida Bolívar y Mesopotamia y en la salida del tanque de almacenamiento.

Estas estaciones de medición contarán con sistema para implementación de telemetría que será operada por el centro de control maestro.

3.18 ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS – ANCLAJES DE TUBERÍA

El presente proyecto cuenta con estructuras complementarias como son los anclajes para tubería en los puntos de cambios de dirección y el viaducto en el sector del Barrio La Mariela.

El cálculo de anclajes se realiza con base en las presiones máximas obtenidas en la modelación hidráulica del sistema.

Para el cálculo del viaducto se toman los datos de la modelación hidráulica correspondiente al QMH del periodo de diseño (25 años).

3.19 NÚMERO DE UNIDADES DE BOMBEO

Como se mencionó en 3.4.2 Caudales de diseño, el sistema de bombeo se desarrollará en dos fases, la primera a ejecutar cubre el periodo del año 2019 hasta el año 2028 y la segunda desde el año 2028 hasta el año 2043 hasta cumplir el período de diseño de 25 años.

El sistema de bombeo en la primera fase (2019-2028) contará con tres bombas de 30HP, caudal por bomba 27 l/s y HTD de 70m como se presenta más adelante en el numeral 4.7

3.20 REQUISITO DE DISEÑO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

El diseño del tanque de almacenamiento depende del análisis de compensaciones horarias con el cual se obtiene el volumen de regulación, cuyo valor no debe ser inferior a 1/3 del QMD. En efecto, el volumen de regulación obtenido corresponde a 16%, por lo cual, se adopta el valor mínimo del 33%. Además, se incluye un 25% adicional como provisión para control de incendios estructurales.

Para la ejecución del tanque de almacenamiento se estiman dos etapas o fases de desarrollo para su construcción, la primera desde el año 2019 hasta el año 2028 y la segunda desde el año 2029 hasta el año 2043 hasta cumplir el período de diseño de 25 años.

4 DISEÑO DEL TANQUE DE COMPENSACION EN EL SECTOR NORTE

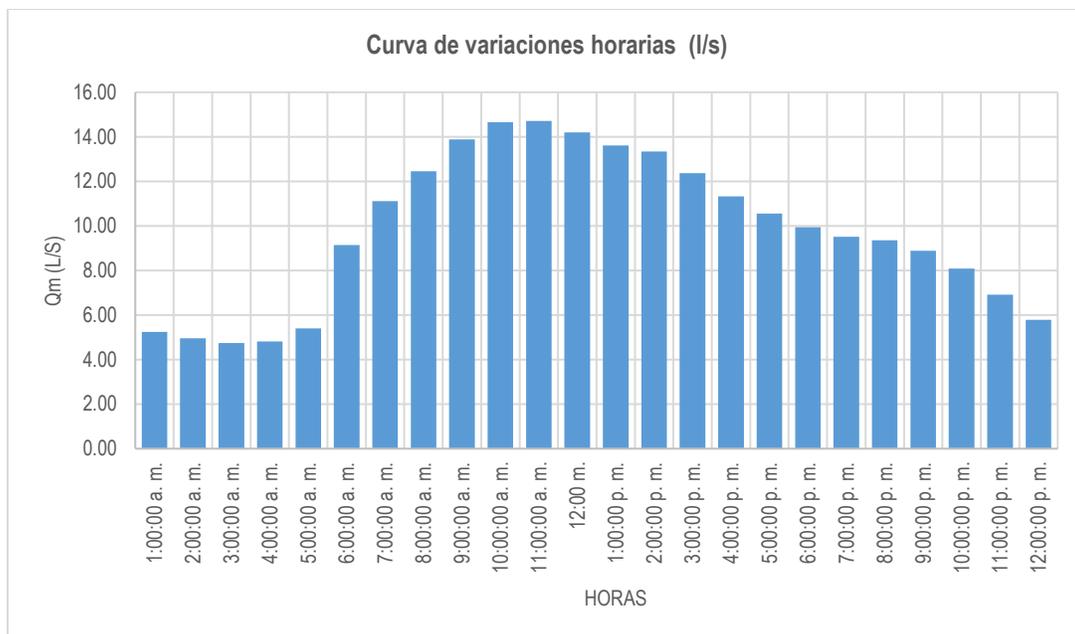
4.1 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

La resolución 330 de 2017 establece que la capacidad de almacenamiento corresponde a 1/3 del volumen de diseño de la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo.

4.2 CAPACIDAD DE REGULACIÓN

Para el cálculo de la capacidad de regulación se elabora la curva de variaciones horarias con base en los datos de consumo de los sectores hidráulicos presentados en el numeral 3.6 Modelación de redes de distribución.

Figura 8
Curva de variaciones horarias



Mediante el método de la curva integral de consumos se calcula el porcentaje de compensación requerido para el tanque proyectado. Para un bombeo continuo (24 horas) se requiere un porcentaje de compensación del 16.18% como puede observarse en la **Figura 9** y en la **Tabla 19**.

Figura 9
Capacidad de almacenamiento para 24 horas

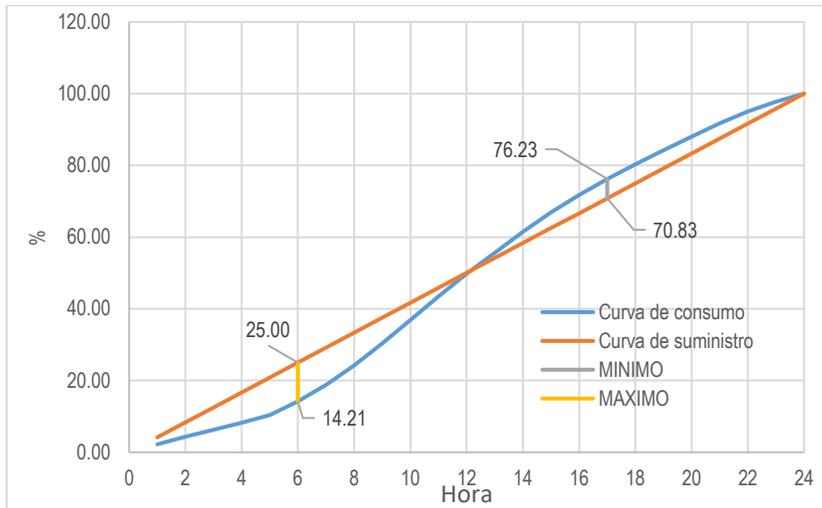


Tabla 19
Capacidad de almacenamiento para 24 horas

HORA	C %	ΣC	S %	$\Sigma S\%$	$\Delta (S-C)$	$\Sigma \Delta (S-C)$	V %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2.22	2.22	4.17	4.17	1.94	1.94	7.34
2	2.11	4.34	4.17	8.33	2.06	4.00	9.39
3	1.97	6.30	4.17	12.50	2.20	6.20	11.59
4	1.90	8.20	4.17	16.67	2.27	8.46	13.86
5	2.20	10.41	4.17	20.83	1.96	10.43	15.82
6	3.80	14.21	4.17	25.00	0.36	10.79	16.18
7	4.62	18.83	4.17	29.17	-0.46	10.33	15.73
8	5.40	24.24	4.17	33.33	-1.23	9.10	14.49
9	6.10	30.33	4.17	37.50	-1.93	7.17	12.56
10	6.56	36.89	4.17	41.67	-2.39	4.78	10.17
11	6.60	43.49	4.17	45.83	-2.44	2.34	7.73
12	6.23	49.73	4.17	50.00	-2.07	0.27	5.67
13	5.92	55.65	4.17	54.17	-1.76	-1.48	3.91
14	5.82	61.48	4.17	58.33	-1.66	-3.14	2.25
15	5.39	66.87	4.17	62.50	-1.23	-4.37	1.03
16	4.92	71.79	4.17	66.67	-0.75	-5.12	0.27
17	4.44	76.23	4.17	70.83	-0.27	-5.39	0.00

18	4.09	80.32	4.17	75.00	0.08	-5.32	0.08
19	3.83	84.15	4.17	79.17	0.33	-4.99	0.41
20	3.90	88.05	4.17	83.33	0.27	-4.72	0.68
21	3.68	91.73	4.17	87.50	0.49	-4.23	1.17
22	3.28	95.01	4.17	91.67	0.88	-3.35	2.05
23	2.73	97.74	4.17	95.83	1.44	-1.90	3.49
24	2.26	100.00	4.17	100.00	1.90	0.00	5.39
				MIN		-5.39	
				MAX		10.79	
				SUMA		16.18	

Si se considera un bombeo de 12 horas, con un horario de 6:00 a.m. a 12:00 m y de 4:00 p.m. a 10:00 p.m el porcentaje de compensación se incrementa al 25.14%, como se muestra en la Figura 10 y en la Tabla 20.

Figura 10
Capacidad de almacenamiento para 12 horas de bombeo

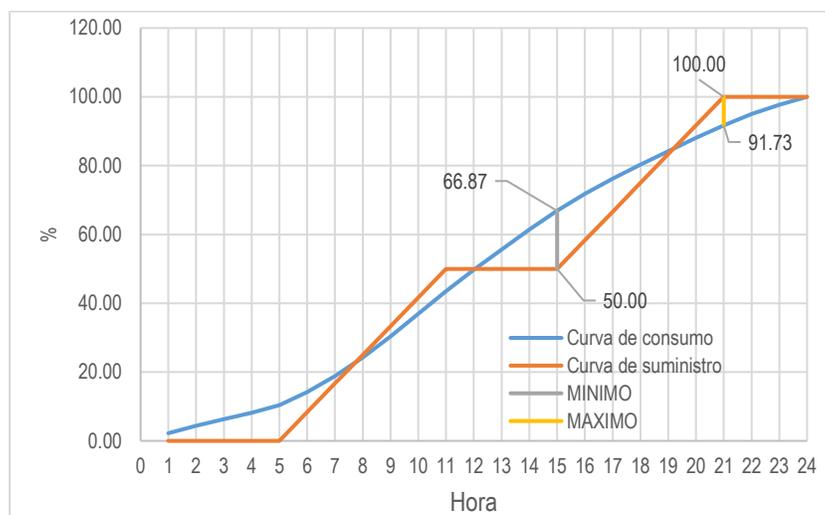


Tabla 20
Capacidad de almacenamiento para 12 horas de bombeo

HORA	C %	Σ C	S %	Σ S%	Δ (S-C)	Σ Δ (S-C)	V %
1	2	3	4	5	6	7	8

1	2.22	2.22		0.00	-2.22	-2.22	9.25
2	2.11	4.34		0.00	-2.11	-4.34	7.14
3	1.97	6.30		0.00	-1.97	-6.30	5.17
4	1.90	8.20		0.00	-1.90	-8.20	3.27
5	2.20	10.41		0.00	-2.20	-10.41	1.07
6	3.80	14.21	8.33	8.33	4.53	-5.88	5.60
7	4.62	18.83	8.33	16.67	3.71	-2.17	9.31
8	5.40	24.24	8.33	25.00	2.93	0.76	12.24
9	6.10	30.33	8.33	33.33	2.24	3.00	14.48
10	6.56	36.89	8.33	41.67	1.78	4.78	16.25
11	6.60	43.49	8.33	50.00	1.73	6.51	17.98
12	6.23	49.73		50.00	-6.23	0.27	11.75
13	5.92	55.65		50.00	-5.92	-5.65	5.82
14	5.82	61.48		50.00	-5.82	-11.48	0.00
15	5.39	66.87		50.00	-5.39	-16.87	-5.39
16	4.92	71.79	8.33	58.33	3.42	-13.45	-1.98
17	4.44	76.23	8.33	66.67	3.89	-9.56	1.91
18	4.09	80.32	8.33	75.00	4.24	-5.32	6.16
19	3.83	84.15	8.33	83.33	4.50	-0.82	10.66
20	3.90	88.05	8.33	91.67	4.44	3.62	15.09
21	3.68	91.73	8.33	100.00	4.65	8.27	19.74
22	3.28	95.01		100.00	-3.28	4.98	16.46
23	2.73	97.74		100.00	-2.73	2.26	13.73
24	2.26	100.00		100.00	-2.26	0.00	11.47
				MIN		-16.87	
				MAX		8.27	
				SUMA		25.14	

En conclusión, para los bombeos a 24 y 12 horas se obtuvieron porcentajes de regulación del 16.18% y 25.14% respectivamente. No obstante, la resolución 330 de 2017 indica que el volumen de almacenamiento debe ser el mayor entre la capacidad de regulación y la capacidad de almacenamiento, por lo tanto, el porcentaje de compensación a usar será mínimo del 33%. Dicho valor corresponde a un bombeo de 8 horas como se observa en la **Figura 11** y la **Tabla 21**.

Figura 11
Capacidad de almacenamiento para 8 horas

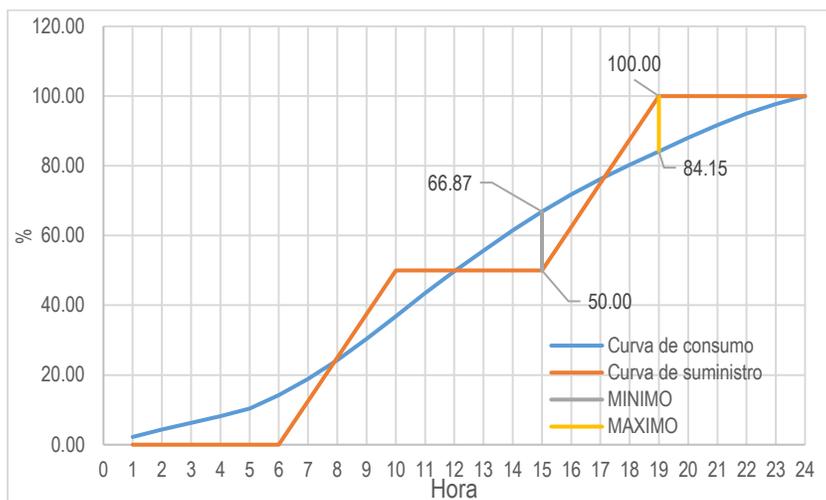


Tabla 21
Capacidad de almacenamiento para 8 horas

HORA	C %	ΣC	S %	$\Sigma S\%$	$\Delta (S-C)$	$\Sigma \Delta (S-C)$	V %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2.22	2.22		0.00	-2.22	-2.22	9.25
2	2.11	4.34		0.00	-2.11	-4.34	7.14
3	1.97	6.30		0.00	-1.97	-6.30	5.17
4	1.90	8.20		0.00	-1.90	-8.20	3.27
5	2.20	10.41		0.00	-2.20	-10.41	1.07
6	3.80	14.21		0.00	-3.80	-14.21	-2.74
7	4.62	18.83	12.50	12.50	7.88	-6.33	5.14
8	5.40	24.24	12.50	25.00	7.10	0.76	12.24
9	6.10	30.33	12.50	37.50	6.40	7.17	18.64
10	6.56	36.89	12.50	50.00	5.94	13.11	24.59
11	6.60	43.49		50.00	-6.60	6.51	17.98
12	6.23	49.73		50.00	-6.23	0.27	11.75
13	5.92	55.65		50.00	-5.92	-5.65	5.82
14	5.82	61.48		50.00	-5.82	-11.48	0.00
15	5.39	66.87		50.00	-5.39	-16.87	-5.39
16	4.92	71.79	12.50	62.50	7.58	-9.29	2.19

17	4.44	76.23	12.50	75.00	8.06	-1.23	10.25
18	4.09	80.32	12.50	87.50	8.41	7.18	18.66
19	3.83	84.15	12.50	100.00	8.67	15.85	27.32
20	3.90	88.05		100.00	-3.90	11.95	23.43
21	3.68	91.73		100.00	-3.68	8.27	19.75
22	3.28	95.01		100.00	-3.28	4.99	16.46
23	2.73	97.74		100.00	-2.73	2.26	13.74
24	2.26	100.00		100.00	-2.26	0.00	11.48
				MIN		-16.87	
				MAX		15.85	
				SUMA		32.72	

4.3 CALCULO VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

El volumen de almacenamiento se calcula para un porcentaje de compensación del 33% y el caudal máximo diario de diseño obtenido en el numeral 3.4.2. Se incluye un 25% adicional como provisión para control de incendios estructurales, asumiendo que en el sector se clasifique como zona de riesgo alto.

Con el fin de distribuir los costos de construcción del tanque, se estiman dos etapas o fases de desarrollo para la construcción del tanque de almacenamiento, el primer módulo en el año 2019 con el caudal de diseño hasta el año 2028 y la construcción del segundo módulo en el año 2029 con el caudal proyectado al año 2043 hasta cumplir el período de diseño de 25 años.

Los años de ejecución de cada etapa se plantean así:

Etapa 1: año 2019 (42% de la población proyectada)

Etapa 2: año 2028 (100% de la población proyectada)

Tabla 22

Etapas de construcción tanque de almacenamiento

ETAPA	USUARIOS	POBLACION	DOTACION BRUTA (L/hab-día)	QMD (l/s)	VOLUMEN DE COMPENSACIÓN (m3)	VOLUMEN INCENDIO (m3)	VOLUMEN TOTAL (m3)
1	5181	18132	165	41.57	1197	299	1497
2	12245	42856	153	91.03	2622	655	3277

El volumen de regulación total requerido para el periodo de diseño del tanque es de 3277 m³ (~3300 m³) incluida la provisión para incendio, sin embargo, para fines constructivos se proponen dos (2) módulos 1650m³ (50% del volumen).

4.4 LOCALIZACIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

En la consultoría 05 de 2012, se dispone que el tanque de almacenamiento sea construido en los predios denominados la Floresta y San Juan de propiedad de EPA ESP con un volumen de 2200 m³ distribuido en dos módulos de 1100 m³ cada uno, con el cual se abastece a gravedad la zona de la avenida Centenario y la zona noroccidental del sector de estudio. Adicional a esto se requiere un bombeo temporal a la red para abastecer la zona aledaña a la avenida Bolívar. Este tanque se complementa con la construcción de un segundo tanque en un predio denominado Jersey Lack que cuenta con una cota mayor que permite el abastecimiento a gravedad al sector de la avenida Bolívar y suprimir el bombeo temporal a la red. Dicho predio se localiza en el municipio de Circasia.

No obstante, sin dejar de lado la proyección del tanque en el sector de Jersey Lack, opcionalmente en el año 2017 se plantea por parte de la Gerencia General la posibilidad de que este tanque se pueda construir más cerca de la zona de servicio de EPA ESP, cumpliendo con las condiciones hidráulicas mínimas de operación. En efecto en el año 2018, Empresas Públicas de Armenia adquiere dos predios colindantes localizados en el municipio de Armenia, con lo cual se reduce la longitud de la tubería necesaria para alimentar el tanque así como la tubería de descarga.

En cuanto al tanque localizado en los predios La Floresta y San Juan (módulos de 1100m³) se dedicarán exclusivamente a la atención de la zona de la Avenida Centenario que hace parte del proyecto una vez se adquieran las servidumbres y permisos de INVIAS mencionados en el numeral 2.13.

Los predios para la construcción de este tanque se localizan en la zona urbana de la ciudad de Armenia, aproximadamente frente al PR1+120 de la Autopista del Café con la siguiente información:

Pedio	Ficha Catastral:	Área:
Lote 1	6300101070337001500	9.00 x 60.00 (540 m ²)
Lote 2	6300101070337001400	9.00 x 60.00 (540 m ²)

Figura 12
 Lote 1 Ficha catastral 6300101070337001500

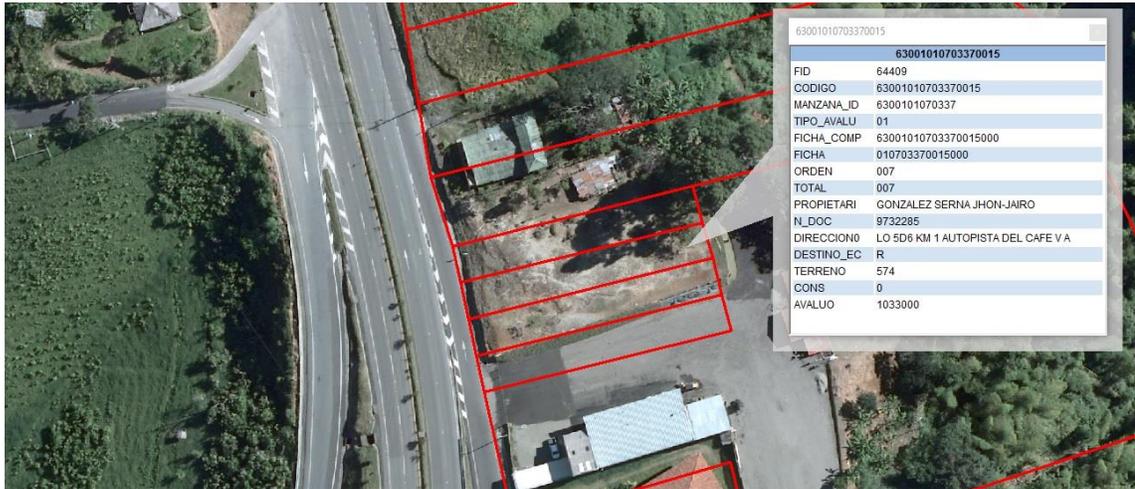


Figura 13
 Lote 2 Ficha catastral 6300101070337001400



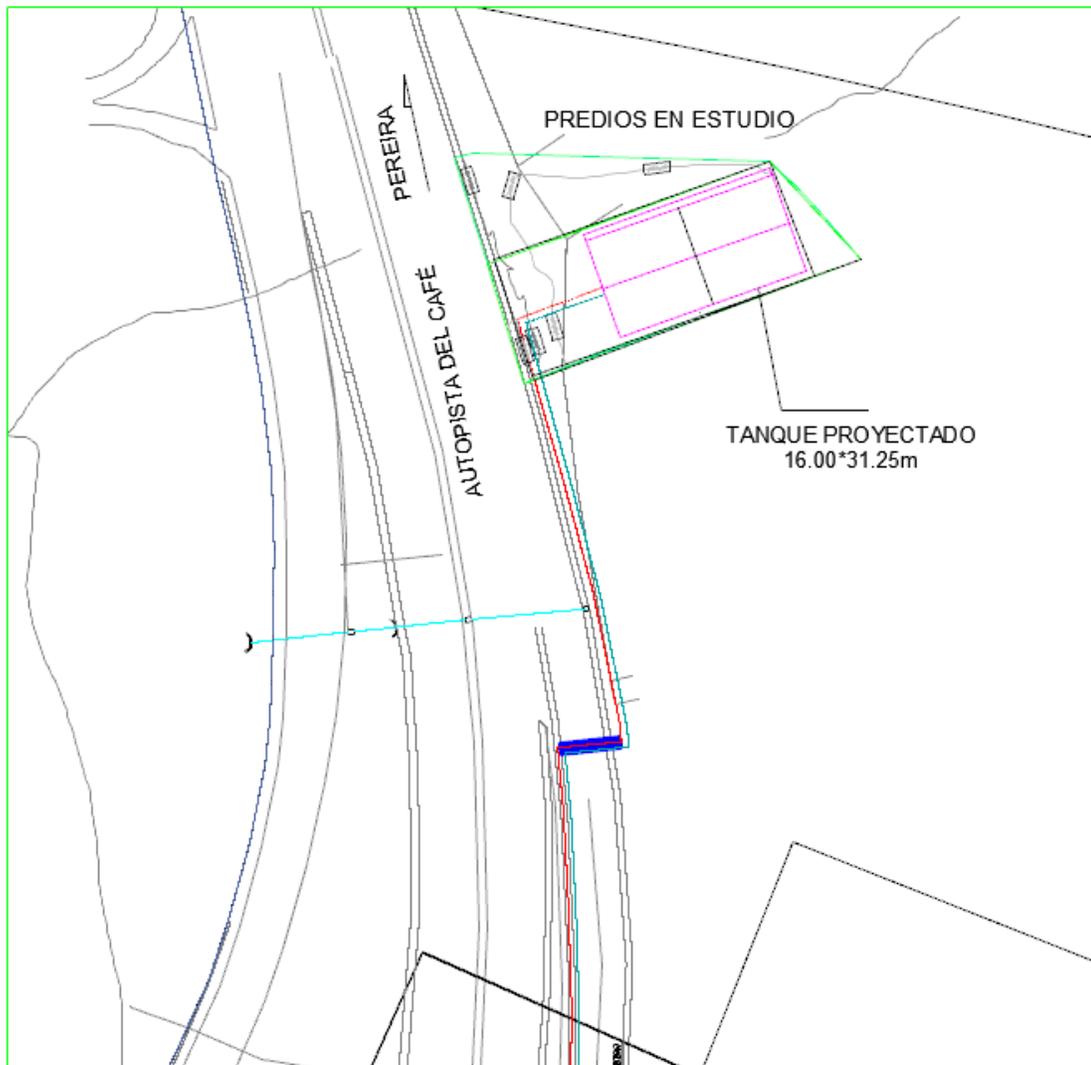
4.5 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE

De manera preliminar, de acuerdo con el área de los predios en estudio se ha propuesto un tanque de almacenamiento con un área total de 16 x 31.25m (500 m²) y altura útil de 6.60m para obtener un volumen total 3300 m³. Este tanque no cuenta con diseño definitivo.

Cabe mencionar que es recomendable para la instalación del tanque, ampliar la zona de localización mediante la adquisición de un tercer predio adyacente a los ya adquiridos por EPA con el fin de optimizar los diseños y la operación de los tanques de reserva y almacenamiento de la zona norte de la ciudad de Armenia.

A continuación, se presenta el esquema de implantación propuesto.

Figura 14
Esquema de implantación del tanque



4.6 ESTACIÓN DE BOMBEO Y LINEA DE IMPULSION DESDE PTAP HASTA TANQUE DE ALMACENAMIENTO

De acuerdo con los caudales de diseño presentados en la **Tabla 11** se efectúa el pre dimensionamiento de la tubería de succión, el equipo de bombeo y la línea de impulsión.

Tabla 23

Dimensionamiento de tubería de succión, impulsión y equipo de bombeo

ETAPA	ETAPA 1 (AÑO 2019-2028)	ETAPA 2 (AÑO 2029-2043)
Cota pozo de succión	1605.00	1605.00
Cota de descarga en tanque zona norte	1667.00	1667.00
H impulsión (m)	62.00	62.00
H succión (m)	2.30	2.30
H pérdidas succión (m)	0.11	0.46
H pérdidas en la impulsión (m)	2.47	10.53
H total (m)	67.00	75.28
Q bombeo total	41.57 l/s	91.03 l/s
Con dos bombas en paralelo Q bomba	20.79 l/s	45.52 l/s
	330 GPM	720 GPM
Longitud de la tubería impulsión (Ø12")	2,087	2087
Longitud total (+ equivalente)	2,152	2,267
VOLUMEN TANQUE (M3)	1,650	3,300

Con los datos anteriores se efectúa la modelación hidráulica de la red en EPANET para cada etapa de desarrollo.

4.7 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

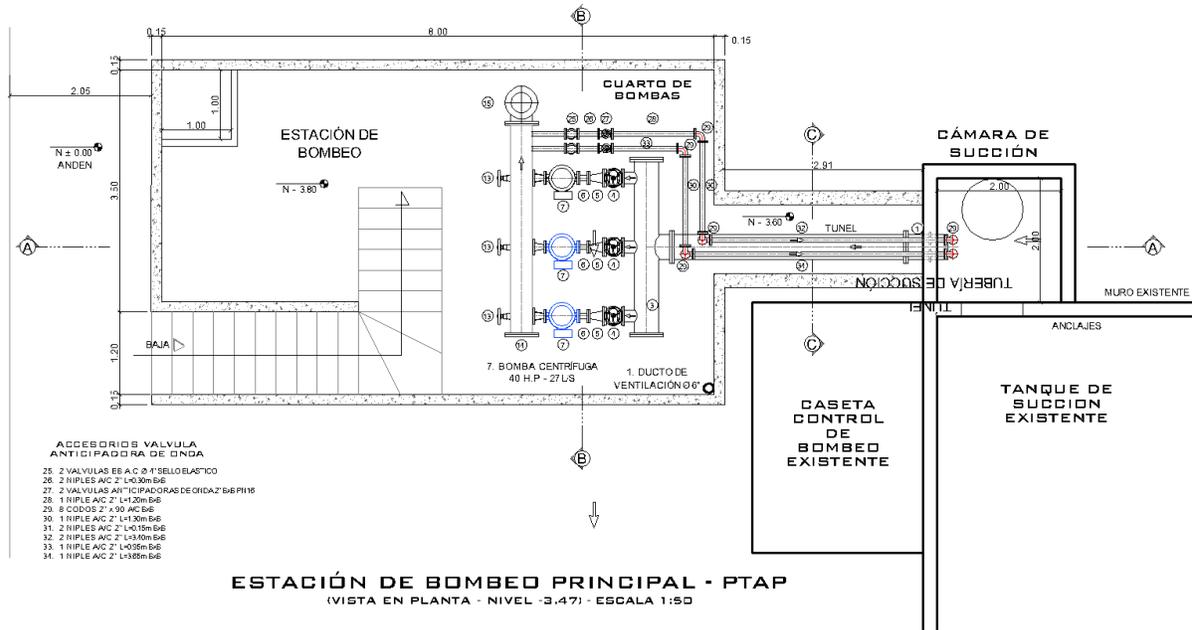
De acuerdo con los datos del numeral 4.6 se selecciona el equipo de bombeo para un caudal total de 42l/s y una altura dinámica de 67m.

4.7.1 Caseta de bombas

Se implementa la caseta de bombas diseñada en la consultoría del ing. Diego León Alzate, realizando ajuste en la localización para minimizar afectaciones a las tuberías existentes como consta en acta de reunión del mes de junio de 2019.

La caseta de bombas contará con un túnel de 2.90m y una cámara de succión adyacente al tanque existente.

Figura 15
Ubicación de equipo de bombeo en caseta



De acuerdo con el literal B.8.5.3 del manual de buenas prácticas del RAS (2000) se adoptan las siguientes recomendaciones para ubicación de los equipos en el tanque de almacenamiento existente:

- Sumergencia mínima: 0.50 m
- Distancia mínima entre el fondo y/o paredes y la boca de la tubería: 0.25 m
- Distancia mínima entre equipos de bombeo: 0.50 m

4.7.2 Diámetro de impulsión

El diámetro para la impulsión se calcula mediante la ecuación de Bresse (ver **Tabla 24**).

$$D = 1.2 P^{1/4} \cdot Qb^{0.5}$$

Dónde:

D: diámetro económico (pulg)

P: Porcentaje de uso

Qb: caudal de bombeo (m³/s)

Tabla 24
Diámetro económico de impulsión.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Caudal de bombeo	m ³ /s	0.042
Porcentaje de uso	-	100%
Diámetro interno del tubo	M	0.24

Se adopta el diámetro comercial cercano superior correspondiente a 12 pulgadas.

4.7.3 *Diámetro de succión*

El diámetro comercial corresponde a 12 pulgadas.

4.7.4 *Altura dinámica total*

La altura dinámica total se encuentra dada por las pérdidas totales del sistema incluida la altura estática desde el equipo de bombeo hasta la entrega al tanque de almacenamiento y las pérdidas por fricción de la impulsión. En la **Tabla 25** se calcula la altura dinámica total y posteriormente se determina cada uno de los parámetros.

Tabla 25
Altura dinámica total

DESCRIPCIÓN	SIGLAS	UNIDADES	VALOR
Altura estática	He	m	62
Pérdidas en bombeo e impulsión	Hf	m	5.0
Altura dinámica total	TDH	m	67

4.7.5 *Altura estática (He)*

La altura estática hace referencia a la distancia vertical máxima desde el punto de succión hasta la cota de llenado del tanque de almacenamiento:

- Cota de succión: 1605 msnm
- Cota de llenado del tanque de almacenamiento: 1667 msnm
- Altura estática: 62 m

4.7.6 Pérdidas por fricción en impulsión (Hf)

Expansión concéntrica (12D)	3.52	m
Válvula de retención horizontal	45	m
Válvula de cortina	2.4	m
Codo de radio corto (cuatro codos)	42	m
Te con cambio de dirección	22	m
Tubería = 1.0 x 3 + L+ h	2151.9	m
Longitud equivalente total	2,266.82	m
Ecuación Hazen Williams		
C	150	
J	0.00109	
Pérdidas en la impulsión		
J * Lt	2.47	m

4.7.7 Potencia de la bomba

Adoptando una eficiencia mínima de 0.6 se tiene el siguiente valor de potencia, ver **Tabla 26**:

$$P = \frac{Qb \cdot HDT}{76 \cdot e}$$

Dónde:

P: Potencia de la bomba (HP)

Qb: caudal de bombeo (L/s)

HDT: Altura dinámica total (m)

e: eficiencia de la bomba

Tabla 26.

Potencia mínima de la bomba.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Caudal de bombeo	L/s	42
Altura dinámica total	m	67
Eficiencia de la bomba	-	.75

Potencia de la bomba	Kw	18.16
Potencia motor (1.2 Pb)	Kw	21.79
	HP	29.22

La potencia comercial mínima para cada bomba debe ser de 30 HP (22 KW).

4.7.8 Cabeza neta de succión positiva (NPSH)

La cabeza neta de succión positiva disponible se calcula de acuerdo con la siguiente formula, ver **Tabla 27**:

$$NPSH = P_{atm} + H_{es} - h_f - P_v$$

Dónde:

Patm: presión atmosférica (m)

Hes: altura estática de succión (incluyendo su signo) (m)

Hf: perdidas en la succión (m)

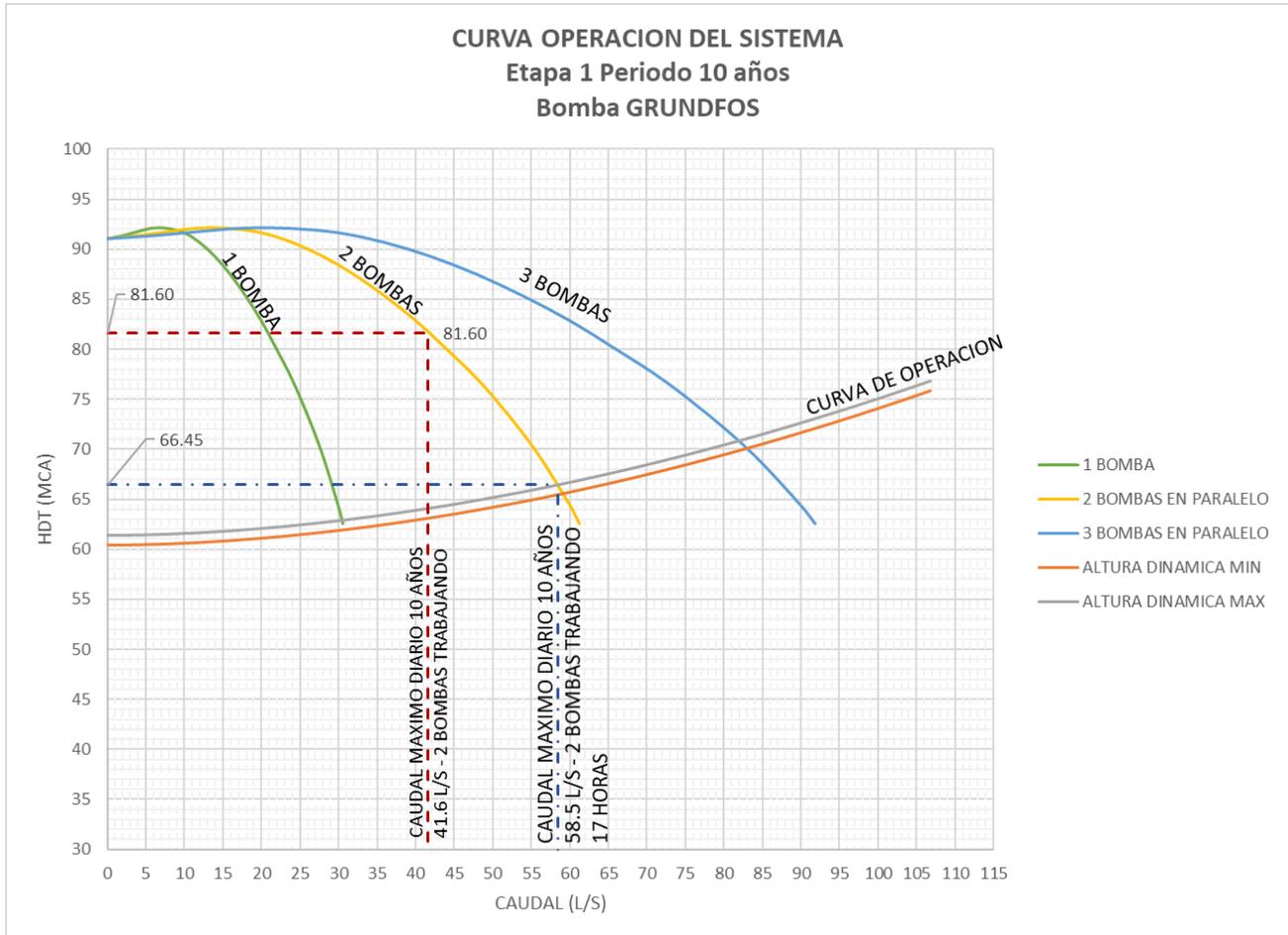
Pv: presión de vapor (m)

Tabla 27.

Cabeza neta de succión positiva (NPSH)

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Presión atmosférica a 1480 msnm	m	8.96
Altura estática de succión	m	0.00
Perdidas en la succión	m	0.10
Presión de vapor a 1480 msnm y 25°C	m	0.31
NPSH disponible	m	8.55

4.7.9 Equipo de bombeo seleccionado etapa 1



PROYECCION DE CAUDALES DE DISEÑO

AÑO	QMD	Pb (kw)	Pb (HP)	HORAS DE FUNCIONAMIENTO	% USO	BOMBAS EN PARALELO
2019	7.94	6.39	8.57	2.57	10.69	2
2020	11.84	9.55	12.80	4.43	18.47	2
2021	15.70	12.70	17.03	5.11	21.29	2
2022	19.52	15.84	21.25	7.13	29.69	2
2023	23.29	18.99	25.46	8.39	34.94	2
2024	27.03	22.13	29.68	9.69	40.38	2
2025	30.72	25.29	33.91	11.03	45.96	2
2026	34.38	28.46	38.16	12.38	51.57	2
2027	37.99	31.64	42.43	13.71	57.12	2
2028	41.57	34.85	46.73	14.97	62.38	2
2029	45.11	38.07	51.06	16.11	67.13	2
2030	48.62	41.32	55.42	17.24	71.83	2
2031	52.08	44.60	59.81	13.39	55.78	3
2032	55.51	47.91	64.25	14.38	59.91	3
2033	58.91	50.85	68.19	15.36	63.98	3
2034	62.27	51.25	68.73	16.29	67.87	3
2035	65.60	54.63	73.26	17.10	71.24	3
2036	68.89	58.04	77.83	CAMBIAR DE BOMBAS		
2037	72.15	61.49	82.46			
2038	75.38	64.98	87.14			
2039	78.57	68.50	91.86			
2040	81.73	72.07	96.65			
2041	84.86	75.68	101.48			
2042	87.96	79.33	106.38			
2043	91.03	83.02	111.34			

5 DISEÑO DE LAS REDES MATRICES Y RED

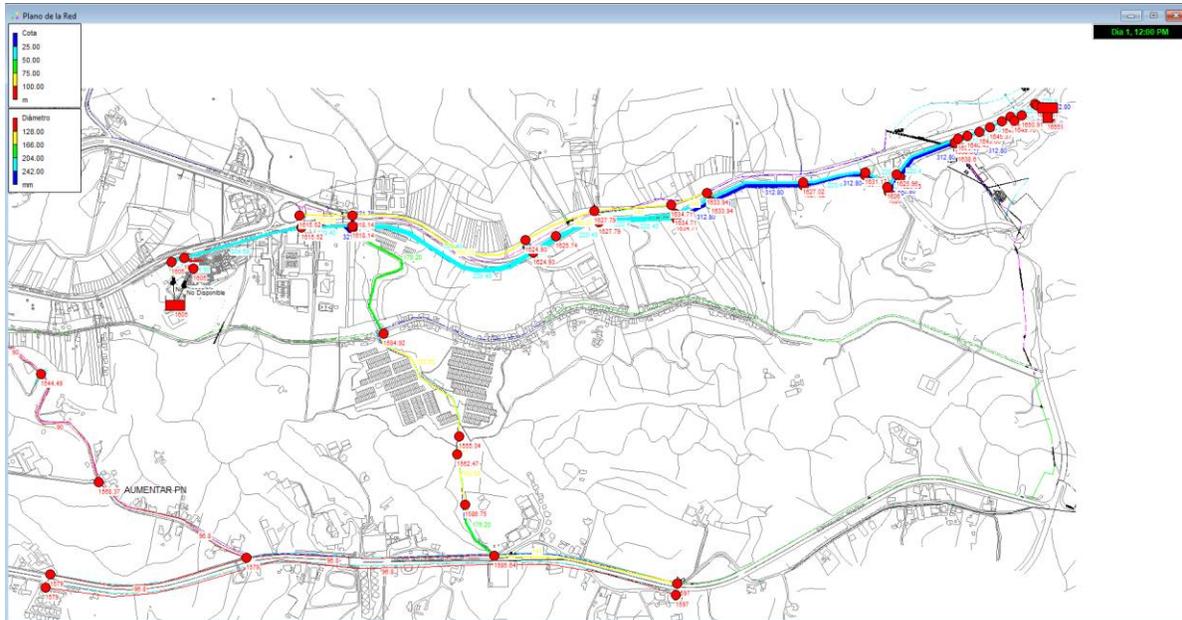
De acuerdo con la distribución de la demanda realizada en el numeral 0 y en la **Tabla 11** se realiza la modelación hidráulica de la red distribución. Se realiza usando el software de uso público EPANET V2.12 con el cual se pueden simular los diferentes componentes del sistema como son estación de bombeo, línea de impulsión desde la planta de tratamiento de agua potable hasta el nuevo tanque de almacenamiento desde el cual se abastecerá todo el sistema mediante las redes de distribución.

Tabla 28
Distribución de la demanda - Caudal Máximo Horario

SECTOR	ETAPA 1	ETAPA 2
	2019 QMH	2029 MH
Los Ángeles	4.02	8.79
Av. Bolívar Zona Occidente	5.16	11.29
Av. Bolívar Zona Oriental	11.53	25.24
Av. Bolívar Zona Sur	6.99	15.31
Avenida Centenario	17.60	38.54
Ferrocarril (proyección carrera 13)	8.05	17.62
Zona Noroccidental (parte baja)	6.28	13.76
Norte (predios aledaños al futuro tanque de almacenamiento)	2.74	5.99
Total general	62.36	136.55

La tubería de descarga o de distribución se instalará por la Autopista del Café y Avenida Bolívar desde donde se harán las derivaciones para la Avenida Centenario, el sector Noroccidental y los actuales usuarios de la Av. Bolívar que son abastecidos por el sistema de bombeo existente en la PTAP. En la **Figura 16** se presenta el esquema general del modelo.

Figura 16
Esquema general del modelo hidráulico



La Línea de impulsión se proyecta en tubería PVC de 12”, la red matriz de descarga desde el tanque inicia en tubería PVC 14” reduciendo su diámetro a medida que se abastecen sectores. Estas redes están en capacidad de transportar el QMH proyectado para el periodo de diseño en la **Tabla 28**.

El tanque de almacenamiento será de 3300 m3 su cota de fondo se debe ubicar como mínimo en la cota 1653 para garantizar presiones mínimas en el punto más alto abastecer.

5.1 RED MATRIZ DE DESCARGA DESDE EL TANQUE

La red matriz de descarga desde el tanque se localizará en la margen izquierda de la autopista del Café (sentido norte – sur). De acuerdo con el perfil topográfico, el punto más alto se localiza cerca a la abscisa PR0+270 de la Autopista del Café en donde la diferencia de nivel con respecto al predio del tanque evaluado como alternativa es de 21m. Esto se puede observar en los planos HCND-C001 (salida del tanque) y HCND-C003 (ventosa No 3. Abscisa K0+720).

Con estas condiciones se evalúan las presiones dinámicas mínimas y máximas de la tubería de descarga para verificar que se cumpla con el rango requerido por la resolución 330 de 2017.

Los datos se presentan en la **Tabla 29** y en la **Tabla 30**.

Tabla 29
Presiones mínimas en línea matriz de descarga

ID Nudo	Cota (m)	Cota Piezométrica (m)	Presión (mca)
---------	----------	-----------------------	---------------

Depósito T3	1,655.00	1656.38	1.38
Conexión D001	1,653.00	1656.31	3.31
Conexión D002	1,638.60	1655.03	16.43
Conexión D003	1,638.80	1654.92	16.12
Conexión D004	1,625.96	1654.03	28.07
Conexión D005	1,626.00	1653.8	27.80
Conexión D006	1,631.17	1653.43	22.26
Conexión D007	1,627.02	1652.62	25.60
Conexión D008	1,633.94	1651.39	17.45
Conexión VENT3	1,634.71	1651.18	16.47
Conexión D010	1,627.79	1648.89	21.10
Conexión D011	1,624.93	1646.72	21.79
Conexión D012	1,618.14	1644.61	26.47

Elaboración propia

Tabla 30
Presiones máximas en línea matriz de descarga

ID Nudo	Cota (m)	Cota Piezométrica (m)	Presión (mca)
Depósito T3	1,655.00	1656.38	1.38
Conexión D001	1,653.00	1661.43	8.43
Conexión D002	1,638.60	1661.29	22.69
Conexión D003	1,638.80	1661.28	22.48
Conexión D004	1,625.96	1661.19	35.23
Conexión D005	1,626.00	1661.17	35.17
Conexión D006	1,631.17	1661.13	29.96
Conexión D007	1,627.02	1661.04	34.02
Conexión D008	1,633.94	1660.91	26.97
Conexión VENT3	1,634.71	1660.89	26.18
Conexión D010	1,627.79	1660.65	32.86
Conexión D011	1,624.93	1660.42	35.49
Conexión D012	1,618.14	1660.2	42.06

Como se puede observar en las anteriores tablas, la “Conexión VENT3” corresponde al punto crítico de la red de descarga en el que se tiene una presión mínima de 16.47 mca (24 psi) correspondiente al horario de mayor demanda en el sistema y en el cual el nivel del tanque se encuentra en 1.38 m.

Figura 17
 Perfil de presiones mínimas en la red de descarga

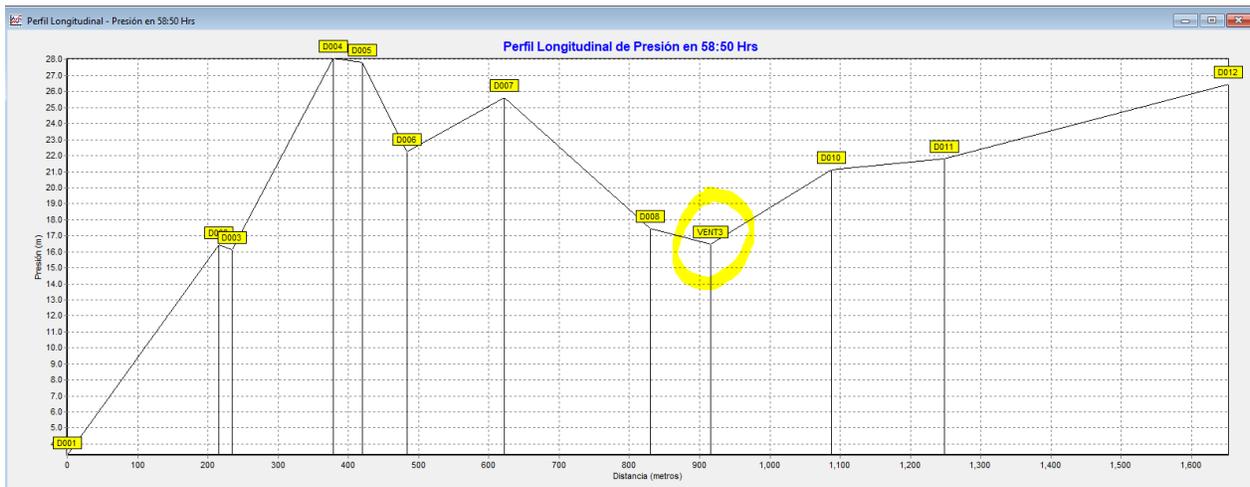


Figura 18
 Perfil de presiones máximas en la red de descarga

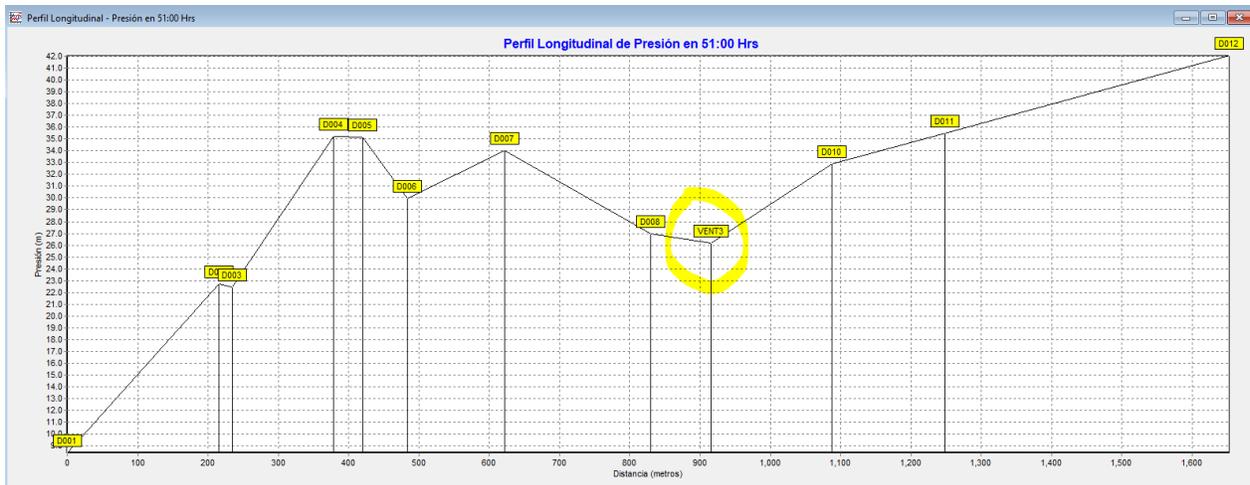
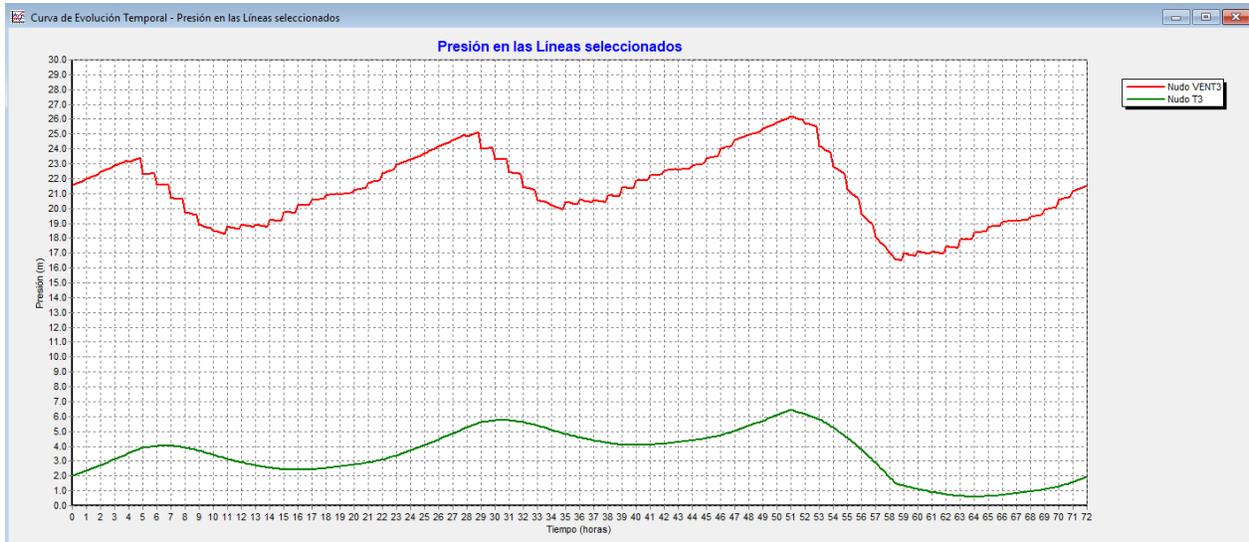


Figura 19
 Variación de presiones en el punto VENT3



Los otros puntos críticos de presión corresponden a los predios aledaños al tanque de almacenamiento.

Las condiciones de presión máxima y mínima se pueden observar en la **Figura 20** y en la **Figura 21**;

No se encuentra el origen de la referencia..

Figura 20
Mapa de presiones mínimas

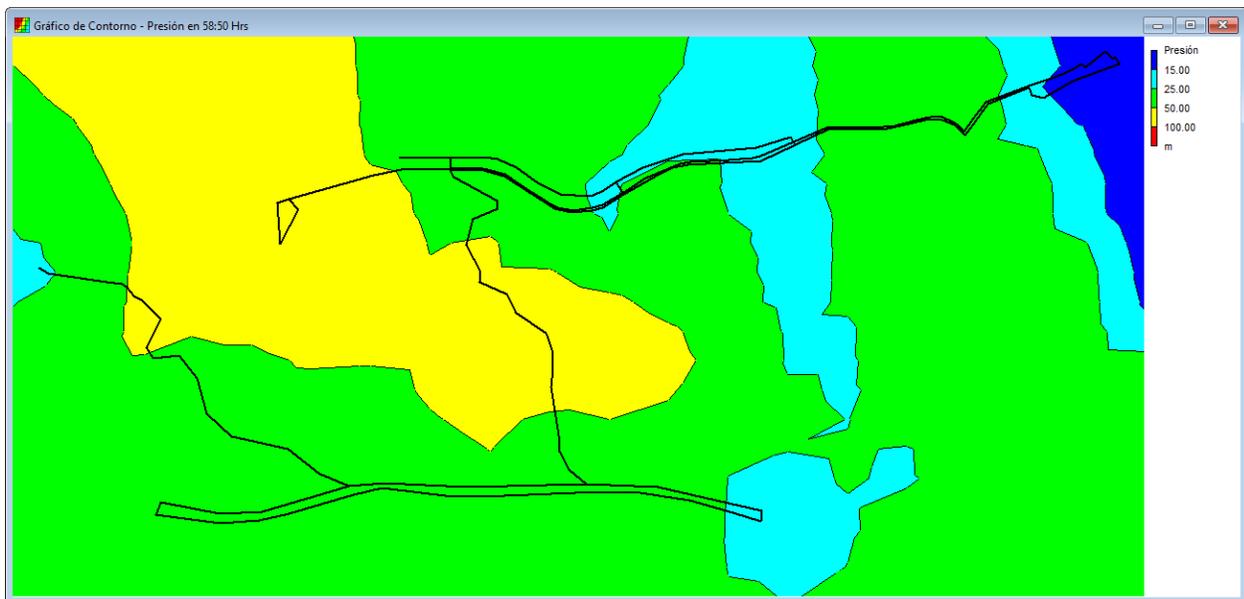
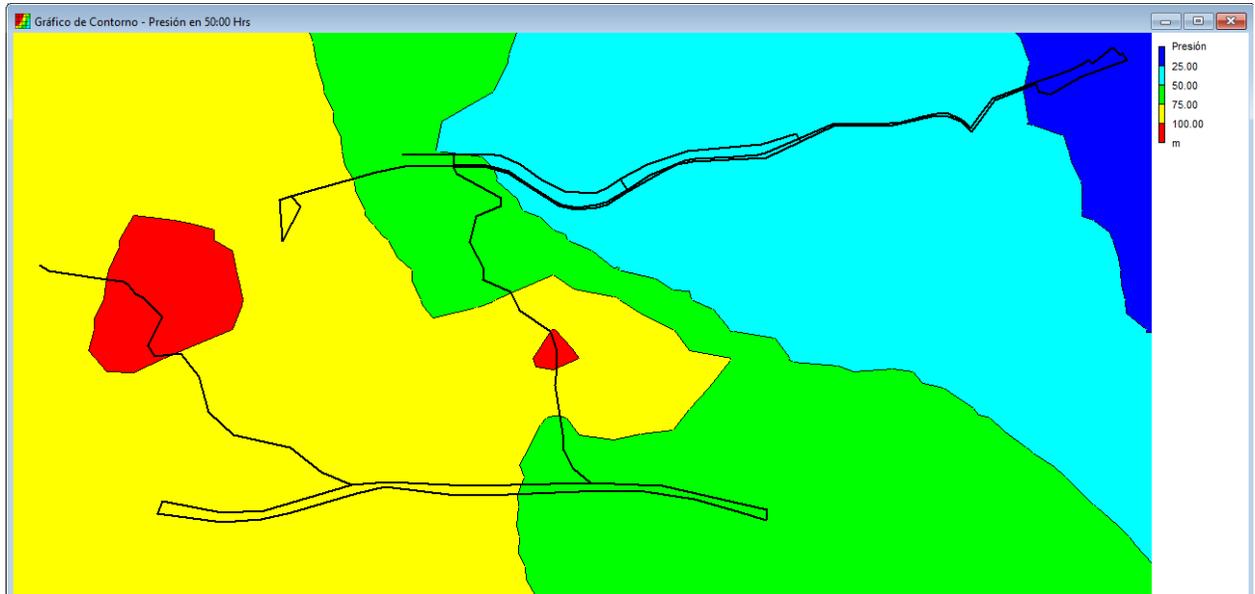


Figura 21
Mapa de presiones máximas



6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el diseño presentado se realizaron actualizaciones y ajustes al proyecto de consultoría 05 de 2012 DISEÑOS DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA Y LA RED DE ACUEDUCTO DE LA ZONA NORTE DE LA CIUDAD DEFINIDA COMO ZONA DE EXPANSIÓN realizado por el ingeniero Diego León Álzate Ospina, conservando la concepción y criterios de diseño de la consultoría en mención; de acuerdo con la actualización de criterios establecidos en la resolución 330 de 2017. Se actualiza la población de diseño, se hacen ajustes en el trazado de la red matriz de abastecimiento a la avenida Centenario debido a trámites de permisos de ocupación de zona de vía y consecución de servidumbres en predios en jurisdicción del municipio de Salento y se predimensiona la alternativa para la localización y funcionamiento del tanque de almacenamiento.

Como resultado se requiere una línea de impulsión en diámetro 300mm (12”), tanque de almacenamiento con capacidad de 3300 m³ (dividido en 2 módulos), una red matriz de descarga localizada en la margen oriental de la autopista del Café iniciando con tubería 350mm (14”), pasando a 250mm (10”) después de alimentar la zona aferente a la avenida Bolívar y zona noroccidental y finalizando en 200mm (8”) en el trazado que comunica la Avenida Bolívar (en la entrada al Barrio La Mariela) con la Avenida Centenario en el sector del SENA agropecuario. La red matriz antes descrita es la alternativa de descarga o alimentación de la zona Avenida Centenario adoptada luego de inconvenientes generados por la adquisición de servidumbres en predios privados localizados en la zona rural del municipio de Salento. Ver ilustración 5.

No obstante, Empresas Públicas de Armenia deberá continuar con la adquisición de las servidumbres antes mencionadas para tener una alimentación y tanque dedicados en forma exclusiva a la zona de Avenida Centenario.

El trazado de 200mm (8”) entre la avenida Bolívar y la avenida Centenario, se plantea usando el mismo corredor de servidumbre de la línea de impulsión de 24” proveniente de la Estación de Bombeo alterna de Chagualá. Además se verificó en sitio las posibles afectaciones de tipo predial, las cuales fueron informadas al área jurídica de Empresas Públicas de Armenia mediante oficio GPT-429 de fecha 20 de septiembre de 2019. La mayor afectación corresponde al tramo localizado en los predios denominados Paraiso 3 y Mirador 4 en los que actualmente se construye el proyecto de vivienda privado San Luis Rey y en el cual se tiene un tramo con superficie en pavimento recién construida, por lo cual, en el presente diseño el trazado desde la avenida Bolívar hasta la entrada al barrio La Mariela (proyección carrera 13) se hace por borde de vía. No obstante, durante la construcción se puede evaluar en conjunto con la interventoría la localización por borde de vía o el uso del tramo de servidumbre.

En los planos se indica la localización de las tuberías y accesorios a instalar así como la existencia de algunas de las redes de otros servicios, sin embargo, el contratista deberá verificar las posibles interferencias con otros servicios antes de iniciar las actividades de corte, demolición y excavación, e informar a la interventoría si se requieren modificaciones para que sean aprobadas por esta.

Para la ejecución del tramo red de distribución de 4" localizado en la avenida Centenario correspondiente al municipio de Salento, se encuentra pendiente respuesta de la Secretaría de Infraestructura de dicho municipio acerca de los requisitos para la intervención.

Los nuevos predios adquiridos por Empresas Públicas de Armenia en el año 2018 se destinarán a la construcción del tanque de capacidad de 3300 m³. Sin embargo, es recomendable la adquisición de un predio adyacente a estos con el fin de optimizar los diseños y la operación de los tanques de reserva y almacenamiento.

Finalmente, para la operación y funcionamiento del sistema, el proyecto contempla la construcción de los componentes especiales siguiendo los periodos de diseño señalados en el presente informe, así:

- Línea de impulsión: tramo inicial 400m, año 2019 y tramo final 1600m año 2020
- Sistema de bombeo: Etapa 1, operación 2019 a 2028. Etapa 2, operación 2029 a 2043.
- Tanque de almacenamiento: modulo 1, operación año 2019 a 2028. Adicionar módulo 2, operación 2028 a 2043.