

Apoyo en el diseño de la red de distribución de agua potable dirigida a abastecer comunidades en los distritos Los Colorados, La Cumbre, Trinidad, El Carmen y San Juan, en la periferia del área de prestación de servicio del amb S.A E.S.P.

Angie Gabriela Ayala Ferreira

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniera Civil

Director

Andrés Almeyda Ortiz

Ingeniero Civil, Magister en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico - Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a mis padres, Milena Ferreira y Wilson Ayala, quienes son mi mayor motivación y apoyo constante. A mis hermanos, Vanessa y Daniel Ayala, mis compañeros de vida y mejores amigos, por siempre estar a mi lado. A mi tía Sonia Ayala, quien por su amor y sabiduría ha sido un pilar fundamental en mi vida y carrera universitaria. A mi prima Johanna Mancilla, quien fue mi primera profesora y con amor me instruyó en mis primeros años académicos.

Gracias a todos por su incondicional apoyo y por inspirarme a alcanzar mis sueños.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios, mi centro en la vida, a quien atribuyo todos mis logros. Quiero resaltar la invaluable ayuda de la empresa de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. y a mi equipo de trabajo, quienes desde el primer momento me acogieron con amor y estuvieron dispuestos a aportar sus conocimientos y calidad humana. Gracias por todo el apoyo brindado.

Agradezco profundamente a mi familia y amigos, quienes siempre han estado a mi lado. También quiero reconocer a mi entrenador Julián, así como al voleibol, que llenaron mi vida de felicidad y momentos maravillosos.

Agradezco a mis profesores, quienes sembraron en mí grandes conocimientos y contribuyeron a mi crecimiento humano. Asimismo, a todas las personas que hicieron parte de mi paso por la universidad, por su apoyo y contribución a mi desarrollo personal y académico. Especialmente, gracias a Andrés por su amor incondicional y apoyo constante.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	14
1.Objetivos.....	15
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos	15
2. Descripción de la Empresa.....	16
3. Descripción del Proyecto	16
3.1 Localización.....	17
3.2 Población.....	18
4. Proceso de Diseño de La Red	19
4.1 Revisión Normativa.....	20
4.2 Información Preliminar	21
4.3 Fase de diseño.....	22
4.3.1 Período de diseño	22
4.3.2 Población de diseño.....	22
4.3.3 Nivel de complejidad	24
4.3.4 Determinación de la demanda	24
4.3.4.1 Evaluación de pérdidas	27
4.3.4.2 Dotación bruta	27
4.3.4.2 Cálculo de caudales.....	28
4.3.5 Modelamiento hidráulico.....	29
4.3.6 Resultados Modelamiento Hidráulico.....	30

4.3.6.1 Modelo Hidráulico Pila Asocoflor	30
4.3.6.2 Modelo Hidráulico Pila Palmeras II.....	31
4.3.6.3 Modelo Hidráulico Pilas Asovisur II.	32
4.3.6.4 Modelo Hidráulico Pila Bellavista Campestre	33
4.3.6.5 Modelo Hidráulico Pila Bellavista La Palmita	33
4.3.6.6 Modelo Hidráulico Pila Villa Carmen.	34
4.3.6.7 Modelo Hidráulico Pila Campestre Norte.	35
4.3.5.8 Modelo Hidráulico Pilas Prados del Sur.....	36
4.4 Análisis de resultados de los Modelos Hidráulicos	37
4.4.1 Pila Asocoflor	37
4.4.2 Pila Palmeras II.....	39
4.4.3 Pilas Asovisur II	42
4.4.4 Pila Bellavista Campestre	45
4.4.5 Pila Bellavista La Palmita	49
4.4.6 Pila Villa Carmen	50
4.4.7 Pilas Campestre Norte.....	54
4.4.8 Pilas Prados del Sur.....	55
4.5 Planos de Diseño	58
4.6 Redacción del Informe Técnico Final	58
5. Conclusiones.....	59
Referencias Bibliográficas	60
Apéndices.....	61

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Identificación y Localización de Pilas Públicas	17
Tabla 2. Familias usuarias de la Pila Pública	18
Tabla 3. Proyección Población de Diseño.....	23
Tabla 4. Consumos medios de facturación.	26
Tabla 5. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.	26
Tabla 6. Dotaciones Brutas	27
Tabla 7. Puntos de Conexión Red Existente.	29
Tabla 8. Cantidades finales de la tubería Pila Asocoflor.	39
Tabla 9. Cantidades finales de la tubería pila Palmeras II.	41
Tabla 10. Cantidades finales de tubería Pilas Asovisur II.....	44
Tabla 11. Cantidades finales de tubería Pila Bellavista Campestre.	48
Tabla 12. Cantidades finales de tubería Pila Bellavista La Palmita	49
Tabla 13. Cantidades finales de tubería Pila Villa del Carmen.	53
Tabla 14. Cantidades finales de tubería Pilas Campestre Norte.	55
Tabla 15. Cantidades finales de tubería Pilas Prados del Sur.	57

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Procedimiento de Ejecución Implementado en el Proyecto.	19
Figura 2. Estudio estadístico demográfico Bucaramanga, Santander.	22

Figura 3. Consumos registrados sobre medidor de Pila Pública 1.	24
Figura 4. Consumos registrados sobre medidor de Pila Pública 2.	25
Figura 5. Curva de modulación El Carmen.	28
Figura 6. Modelo hidráulico Pila Asocoflor	30
Figura 7. Modelo hidráulico Pila Palmeras II.....	31
Figura 8. Modelo hidráulico Pilas Asovisur II.	32
Figura 9. Modelo hidráulico Pila Bellavista Campestre.	33
Figura 10. Modelamiento hidráulico Pila Bellavista La Palmita.....	34
Figura 11. Modelo hidráulico Pila Villa Carmen	34
Figura 12. Modelo hidráulico Pila Campestre Norte	35
Figura 13. Modelamiento hidráulico Pilas Prados del Sur.	36
Figura 14. Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pila Asocoflor.	37
Figura 15. Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pila Palmeras II	40
Figura 16. Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pilas Asovisur II.....	42
Figura 17. Sectorización de presiones en la red Asovisur II.	43
Figura 18. Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pila Bellavista Campestre	45
Figura 19. Sectorización de presiones en la red Bellavista Campestre.....	47
Figura 20. Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pila Bellavista La Palmita	49
Figura 21. Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pila Villa Carmen.....	50
Figura 22. Sectorización de presiones en la red Villa del Carmen.....	52
Figura 23. Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pilas Campestre Norte	54
Figura 24. Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería de las Pilas Prados del Sur	55

Figura 25. Resultados de nodos presiones bajas franja [6:45 A.M - 2:00 P.M] Prados del Sur. .56

Figura 26. Resultados Sectorización del servicio franja horaria 1 Prados del Sur.57

Lista de Gráficas

	Pág.
Gráfica 1. Presión en la nueva red de Asocoflor en los horarios de alto consumo	38
Gráfica 2. Presión en la nueva red de Palmeras II horarios de alto consumo.....	41
Gráfica 3. Presión en nueva red de Asovisur II horarios de alto consumo.....	43
Gráfica 4. Presión en nueva red de Bellavista Campestre horarios de alto consumo.	46
Gráfica 5. Resultados Nodos con sobrepresión en la tubería Villa del Carmen.....	51

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Gráfica de presión en nodo JTP_17537 antes y después de incluir la red del sector Asocoflor.....	61
Apéndice B. Gráfica de presión en nodo JC11_17566 antes y después de incluir la red del sector Palmeras II.	62
Apéndice C. Gráfica de presión en nodo JTP_17777 antes y después de incluir la red del sector Palmeras II.	63
Apéndice D. Gráfica de presión en nodo JR_39408 antes y después de incluir la red del sector Asovisur II.....	64
Apéndice E. Gráfica de presión en nodo JTEE_17920 antes y después de incluir la red del sector Asovisur II.....	65

Apéndice F. Gráfica de presión en nodo JTEE_28712 antes y después de incluir la red del sector Bellavista Campestre.	66
Apéndice G. Gráfica de presión en nodo JTP_28905 antes y después de incluir la red del sector Villa del Carmen.	67
Apéndice H. Informe Técnico Final	68
Apéndice I. Planos finales de Diseño.	69

Glosario

Abastecimiento de agua: proceso mediante el cual se proporciona agua a una comunidad o área específica.

Caudal: cantidad de agua que fluye a través de una sección de la tubería en un tiempo determinado, normalmente expresada en litros por segundo (L/s).

Demanda: análisis de la cantidad de agua que se requerirá para satisfacer las necesidades de la población proyectada.

Diseño hidráulico: proceso de planificación y creación de sistemas de transporte y distribución de agua, teniendo en cuenta las características físicas y necesidades de los usuarios.

Informe técnico: documento que detalla el proceso de diseño, análisis y resultados obtenidos en un proyecto, asegurando la claridad y rigor en la presentación de información técnica.

Lineamientos técnicos: directrices y recomendaciones específicas que guían el diseño y construcción de infraestructuras en el sector del agua potable y saneamiento.

Modelo hidráulico: simulación digital utilizada para analizar el comportamiento de la red de distribución de agua y optimizar su diseño.

Pérdidas menores en tuberías: pérdidas de presión que se producen en tramos de tubería debido a la fricción del agua con las paredes de la tubería, así como a la existencia de accesorios, cambios de dirección, o reducciones de diámetro.

Periferia: área o región que se encuentra en los bordes de una ciudad o localidad, a menudo con menos acceso a servicios básicos.

Pila pública: estructura comunitaria donde los habitantes pueden acceder al agua potable, a menudo compartida por varios hogares.

Planos de diseño: representaciones gráficas detalladas que muestran la disposición de la red de distribución, incluyendo tuberías, accesorios y puntos de conexión, utilizadas como guía para la construcción.

Población de diseño: estimación de la cantidad de personas que se espera que utilicen el servicio de agua potable en el futuro.

Red de distribución: conjunto de tuberías, válvulas y otros componentes que transportan agua potable desde el punto de abastecimiento hasta los usuarios finales.

Resolución 0799 de 2021: normativa que modifica la Resolución 330 de 2017 la cual adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS en Colombia.

Trazado preliminar de la red: diseño inicial de la disposición de tuberías y accesorios necesarios para la distribución del agua.

Resumen

Título: Apoyo en el diseño de la red de distribución de agua potable dirigida a abastecer comunidades en los distritos Los Colorados, La Cumbre, Trinidad, El Carmen y San Juan, en la periferia del área de prestación de servicio del amb S.A E.S.P.*

Autor: Angie Gabriela Ayala Ferreira.**

Palabras Clave: Diseño hidráulico, red de distribución, pila pública, modelo hidráulico, informe técnico.

Descripción:

El presente documento es el resultado del proyecto de grado en modalidad práctica empresarial como auxiliar de ingeniería para la empresa Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P. Este proyecto se enmarca en el contexto del Proyecto de Individualización de Pilas Públicas, llevado a cabo por el Área de Gestión Integral de Agua No Contabilizada, que busca inicialmente diseñar una red hidráulica de acueducto para 18 pilas públicas en los municipios de Floridablanca, Girón y Bucaramanga. Se seleccionaron pilas que cuentan con soluciones adecuadas de alcantarillado y están ubicadas en áreas que cumplen con estudios de uso del suelo y vulnerabilidad de acuerdo con los planes de ordenamiento territorial de cada uno de los municipios en el área de estudio, garantizando así un suministro eficiente de agua potable.

El objetivo general fue apoyar el diseño inicial de la red de distribución de agua, en cumplimiento de la Resolución 330 de 2017 y su modificación de la Resolución 0799 de 2021, que establecen el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico. El diseño se enfocó en el dimensionamiento hidráulico de la red secundaria de acueducto, implementando modelos hidráulicos para cada diseño y abordando las limitaciones de presión y continuidad en sectores periféricos mediante la sectorización del servicio y válvulas reguladoras.

Este esfuerzo contribuye a mejorar el acceso al agua potable, alinear los planes de ordenamiento territorial de los municipios y promover un desarrollo sostenible. Además, se busca reducir las pérdidas en el sistema de distribución, facilitar la vinculación de usuarios y asegurar un adecuado cobro y seguimiento, regularizando el acceso al servicio. Finalmente, se redactó un informe técnico que documenta todos los resultados y planos de diseño anexos, asegurando un enfoque integral en la ejecución del proyecto.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Andrés Almeyda Ortiz. Magister en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental.

Abstract

Title: Support in the Design of the Potable Water Distribution Network Aimed at Supplying Communities in the Districts of Los Colorados, La Cumbre, Trinidad, El Carmen, and San Juan, on the Periphery of the Service Area of Amb S.A E.S.P.*

Author(s): Angie Gabriela Ayala Ferreira.**

Key Words: Hydraulic design, distribution network, public tap, hydraulic model, technical report.

Description:

The present document is the result of the degree project in the practical business modality as an engineering assistant for the company Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A E.S.P. This project is framed within the context of the Public Well Individualization Project, carried out by the Integrated Management of Non-Revenue Water Area, which initially aims to design a hydraulic network for 18 public wells in the municipalities of Floridablanca, Girón, and Bucaramanga. The selected wells have adequate sewer solutions and are located in areas that comply with land use studies and vulnerability assessments according to the land management plans of each municipality in the study area, thereby ensuring an efficient supply of drinking water.

The general objective was to support the initial design of the water distribution network in compliance with Resolution 330 of 2017 and its modification, Resolution 0799 of 2021, which establishes the Technical Regulation for the Potable Water and Basic Sanitation Sector. The design focused on the hydraulic sizing of the secondary aqueduct network, implementing hydraulic models for each design and addressing pressure and continuity limitations in peripheral sectors through service sectorization and regulating valves.

This effort contributes to improving access to potable water aligning the land-use plans of the municipalities, and promoting sustainable development. Additionally, it seeks to reduce losses in the distribution system, facilitate user connections, and ensure adequate billing and monitoring, regularizing access to the service. Finally, a technical report was prepared documenting all results and attached design plans, ensuring a comprehensive approach in the execution of the project.

*Degree Work

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Andrés Almeyda Ortiz. Magister en Recursos Hídricos y Saneamiento Ambiental .

Introducción

El agua es un recurso esencial para el desarrollo sostenible, ya que influye de manera directa en el crecimiento socioeconómico, la producción de alimentos, la generación de energía y la supervivencia de las poblaciones. A medida que las necesidades hídricas aumentan debido al crecimiento demográfico y a la urbanización, las desigualdades en el acceso a este recurso se hacen más evidentes.

En el área metropolitana de Bucaramanga, diversas comunidades enfrentan desafíos significativos en el acceso al agua potable. Para abordar esta problemática, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga desarrolló un plan de obras e inversiones que busca garantizar el acceso universal al agua en áreas de expansión. En este contexto, la práctica empresarial apoyó técnicamente la elaboración del diseño preliminar de la red de distribución de acueducto, cumpliendo con la Resolución 330-2017 y Resolución 0799-2021 y adaptándose a las condiciones topográficas, de uso del suelo y demanda de agua.

En el marco del Proyecto de Individualización de Pilas Públicas, se elaboró el diseño hidráulico de la red menor de acueducto para 18 pilas públicas en Floridablanca, Girón y Bucaramanga integrando modelos hidráulicos. La metodología de diseño incluyó seis etapas, partiendo de la revisión normativa, información preliminar, fase de diseño, resultados y análisis del modelo, planos de diseño y finalizando con la redacción del informe final, que expuso resultados y soluciones eficientes a las problemáticas identificadas, contribuyendo a la mejora del acceso al agua y al desarrollo sostenible en la región.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Apoyar en la fase inicial del diseño de la red de distribución para la prestación individual de servicios de acueducto, liderado por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, asegurando el cumplimiento de la Resolución 330 de 2017 por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

1.2 Objetivos Específicos

Identificar los lineamientos técnicos y legales asociados a la elaboración del diseño hidráulico.

Integrar los conocimientos fundamentales de diseño hidráulico en la planificación y desarrollo de cada etapa del proceso de diseño de la red de distribución.

Adquirir competencias de carácter profesional para la elaboración de un informe técnico detallado que documente todas las etapas del proceso de diseño ejecutadas, en conformidad con la resolución 330 de 2017.

2. Descripción de la Empresa

La Empresa de Acueducto de Bucaramanga S.A. E.S.P. fue creada en 1937 con el objetivo de garantizar el acceso al agua potable y al saneamiento básico en el área metropolitana de Bucaramanga, que incluye los municipios de Bucaramanga, Girón y Floridablanca. Desde su fundación, la empresa ha evolucionado para convertirse en un actor clave en la gestión de recursos hídricos en la región.

Con un enfoque en el desarrollo sostenible, la Empresa de Acueducto de Bucaramanga promueve la conservación del recurso hídrico y la protección del medio ambiente, asegurando que sus operaciones cumplan con las normativas técnicas y ambientales vigentes. A través de proyectos de inversión y desarrollo, la empresa busca fortalecer su capacidad operativa.

3. Descripción del Proyecto

En el marco del Proyecto de Individualización de Pilas Públicas, se ha desarrollado el diseño hidráulico de la red menor de acueducto para 18 pilas públicas, que actúan como puntos de entrega de agua para comunidades situadas en la periferia del área de prestación del servicio en los municipios de Floridablanca, Girón y Bucaramanga.

Este diseño se enfoca en el dimensionamiento hidráulico de la red secundaria, garantizando el cumplimiento de los estándares establecidos por la Empresa de Acueducto de Bucaramanga S.A. E.S.P. y la Resolución 0799 de 2021, que modifica la Resolución 330 de 2017. Los resultados obtenidos incluyen diseños eficientes en términos de presión y continuidad, modelos hidráulicos calibrados, planos de diseño detallados y cantidades finales de obra. Además, se implementaron soluciones técnicas para abordar las limitaciones identificadas en algunos sectores, relacionadas

con la presión y la continuidad del suministro, atribuibles a la topografía y a las condiciones del sistema existente.

3.1 Localización

El Proyecto de Individualización de Pilas Públicas comprende el área de prestación de servicio del amb S.A E.S. P y su periferia, abarcando los municipios de Floridablanca, Girón y Bucaramanga. A continuación, se describen los sectores objeto del proyecto.

Tabla 1

Identificación y Localización de Pilas Públicas

CÓDIGO	NOMBRE	MUNICIPIO	DISTRITO	DIRECCIÓN
198357	JAC ASOCOFLO	FLORIDABLANCA	Trinidad	MZ 2 CASA 12-ASOCOFLO - PILA PUBLICA
179358	JUNTA VIVIENDA PALMERA II	FLORIDABLANCA	El Carmen	CRA 60 # 22-49
213273	JAC ASOVISUR II	FLORIDABLANCA	Trinidad	MZ 1 Y 2 EN LA ESQUINA DEL LOTE 10 AL LADO DEL POSTA
213274	JAC ASOVISUR II	FLORIDABLANCA	Trinidad	#N/D
213301	JAC ASOVISUR II	FLORIDABLANCA	Trinidad	MZ 3 Y 4 FRENTE A LA CARPINTERIA
213275	JAC ASOVISUR II	FLORIDABLANCA	Trinidad	MZ 6-ESQUINA DE LA CASA 3
213276	JAC ASOVISUR II	FLORIDABLANCA	Trinidad	MZ 7-IGLESIA ADVENTISTA PUERTA DEL CIELO
213277	JAC ASOVISUR II	FLORIDABLANCA	Trinidad	CL 38 # 6BE-IMPAR CASA 1
256016	ASVIMIFLO	FLORIDABLANCA	La cumbre	ET II MZ 4 CASA 8 MIRADORES DE LA FLORIDA
198923	JAC MIRADORES DE LA FLORIDA	FLORIDABLANCA	La cumbre	CRA 45 CL 144A-ESQUINA PRADOS DEL SUR
213269	FUNBIVISO	FLORIDABLANCA	La cumbre	CRA 45 MANZ D B. MIRADORES DEL CAMPO
229472	ASOC. DE VIVIENDA EL PORTAL	FLORIDABLANCA	La cumbre	CRA 45 # 146C ESQUINA PILA PUBLICA PORTAL DE LA HACIENDA
237183	ASOC QUINTAS DE LA HACIENDA	FLORIDABLANCA	La cumbre	CL 147D # 45-07(ENTREGAR CL 147D 45-07) QUINTAS DE LA HACIENDA

CÓDIGO	NOMBRE	MUNICIPIO	DISTRITO	DIRECCIÓN
197627	JAC CAMPESTRE NORTE	BUCARAMANGA	Los colorados	CRA 26A # 55N-04 PILA PUBLICA
236897	JAC CAMPESTRE NORTE	BUCARAMANGA	Los colorados	CRA 28 # 52BN-14 CAMPESTRE NORTE
184296	JAC BELLAVISTA / LA PALMITA	GIRON	San juan	CL 47 # 30-10 CASA 4 SECTOR LA PALMITA
175189	JAC VILLA DEL CARMEN	GIRON	San juan	CRA 32D # 45-10 PILA PUBLICA
206178	BELLAVISTA CAMPESTRE	GIRON	San juan	CL 44 # 3-24 PILA PUBLICA

Nota. Esta tabla se obtuvo del Catastro propiedad del amb y muestra las pilas públicas objeto del proyecto de individualización, su código de registro, nombre, municipio, distrito y ubicación.

3.2 Población

Actualmente, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga cuenta con registros proporcionados por las Juntas de Acción Comunal sobre las familias beneficiarias del servicio de pila pública. A continuación, se detallan estos registros:

Tabla 2

Familias usuarias de la Pila Pública.

NOMBRE	FAMILIAS	ESTRATO
JAC ASOCOFLO	180	1
JUNTA VIVIENDA PALMERA II	120	1
JAC ASOVISUR II	129	1
JAC ASOVISUR II	52	1
JAC ASOVISUR II	50	1
JAC ASOVISUR II	42	1
JAC ASOVISUR II	52	1
JAC ASOVISUR II	30	1
ASVIMIFLO	90	1
JAC MIRADORES DE LA FLORIDA	248	1
FUNBIVISO	200	1
ASOC. DE VIVIENDA EL PORTAL	135	1
ASOC QUINTAS DE LA HACIENDA	123	1
JAC CAMPESTRE NORTE	82	1
JAC CAMPESTRE NORTE	36	1

NOMBRE	FAMILIAS	ESTRATO
JAC BELLAVISTA / LA PALMITA	40	1
JAC VILLA DEL CARMEN	90	1
BELLAVISTA CAMPESTRE	60	1

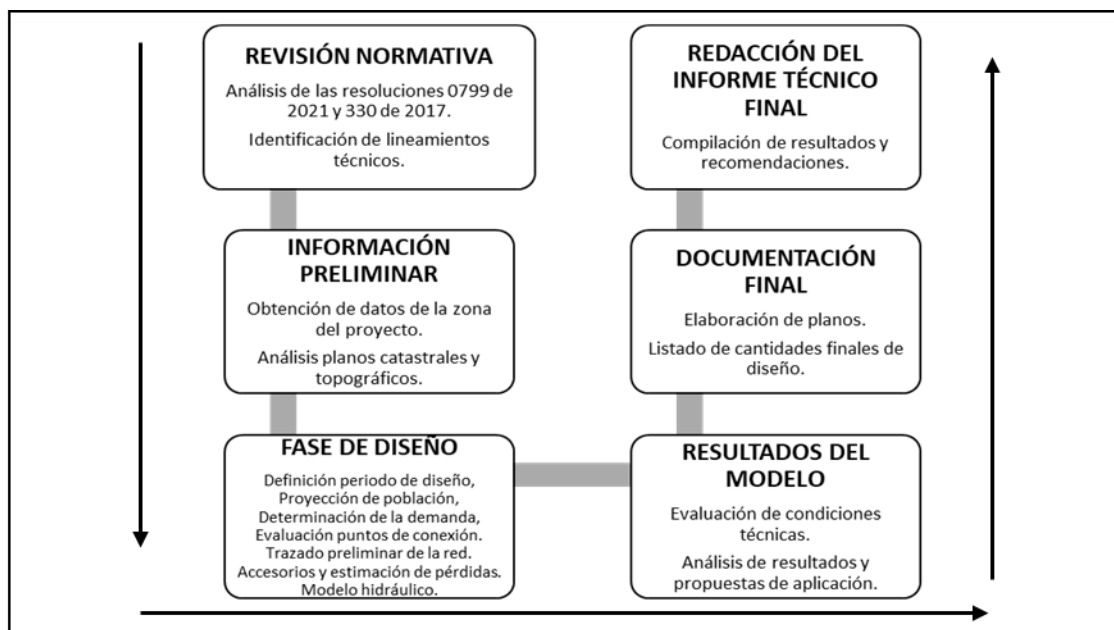
Nota. Familias registradas como usuarias de la pila pública por la Junta de Acción Comunal. Fuente: Área Gestión de Agua No Contabilizada amb.

4. Proceso de Diseño de La Red

Para el diseño de la red, se empleó la metodología que se detalla a continuación. La figura 1 ilustra los pasos utilizados en este proceso y las actividades realizadas en cada uno de ellos.

Figura 1

Procedimiento de Ejecución Implementado en el Proyecto.



Nota. La figura 1 representa la metodología aplicada para el diseño de la red, partiendo de la revisión normativa, hasta la consolidación del informe final.

4.1 Revisión Normativa

En la revisión de las resoluciones 0799 de 2021 y 330 de 2017, se establecieron los siguientes parámetros de diseño fundamentales (*Resolución 0330 - 2017 | Minvivienda, s. f.; Resolución 0799 - 2021 | Minvivienda, s. f.*):

- **Diámetro de Tubería Domiciliaria:** Se adoptó un diámetro interno mínimo de Ø3" para la tubería domiciliaria, conforme al Artículo 76 de la Resolución 330 de 2017, y se especificó el uso de material PVC.
- **Presión de Servicio Mínima:** La presión mínima en los nodos se fijó en 10 m.c.a., según lo estipulado en el Artículo 61 de la Resolución 330 de 2017.
- **Presión de Servicio Máxima:** Se estableció una presión máxima en los nodos de 60 m.c.a., conforme al Artículo 17 de la Resolución 0799 de 2021, que modifica el Artículo 62 de la Resolución 330 de 2017.
- **Velocidades en Tuberías:** Se determinó que las velocidades en las tuberías no deben superar los 2.5 m/s para asegurar un flujo adecuado y evitar problemas de presión.
- **Válvulas de Cierre:** Se especifica la instalación de válvulas de cierre de Ø3" en puntos de interconexión de tres o más tuberías, conforme al Artículo 18 de la Resolución 0799 de 2021, que modifica al Artículo 64 de la Resolución 330 de 2017.
- **Hidrantes:** Se establece que los hidrantes deben estar ubicados a una distancia máxima de 300 metros, con un diámetro de Ø3", de acuerdo con los Artículos 71 y 72 de la Resolución 330 de 2017.

4.2 Información Preliminar

Para el desarrollo del diseño se tuvo acceso a información general fundamental para comprender el contexto del área de influencia del proyecto. La información preliminar revisada incluyó:

- **Catastro Completo del Sistema de Acueducto:** Se obtuvo acceso al catastro del sistema de acueducto existente, lo que permitió identificar las conexiones actuales y la infraestructura disponible.
- **Análisis de Impactos de Amenazas y Riesgos:** Se realizó un análisis de las amenazas y riesgos que podrían afectar la zona de influencia, evaluando su impacto potencial en el sistema de abastecimiento de agua.
- **Estado Actual de Alcantarillado:** Se revisó el estado del sistema de alcantarillado en los sectores, lo que es crucial para garantizar una correcta interconexión entre los servicios de agua potable y saneamiento.
- **Fotografías Satelitales:** Se utilizaron imágenes satelitales que, junto con verificaciones generales de campo, permiten visualizar la configuración topográfica de la zona de estudio y comprender mejor la infraestructura existente.
- **Inventario de Carreteras y Caminos Peatonales:** Se elaboró un inventario de las carreteras y caminos peatonales que facilitan el trazado de la red y el acceso y la movilidad dentro del área.

4.3 Fase de diseño

4.3.1 Período de diseño

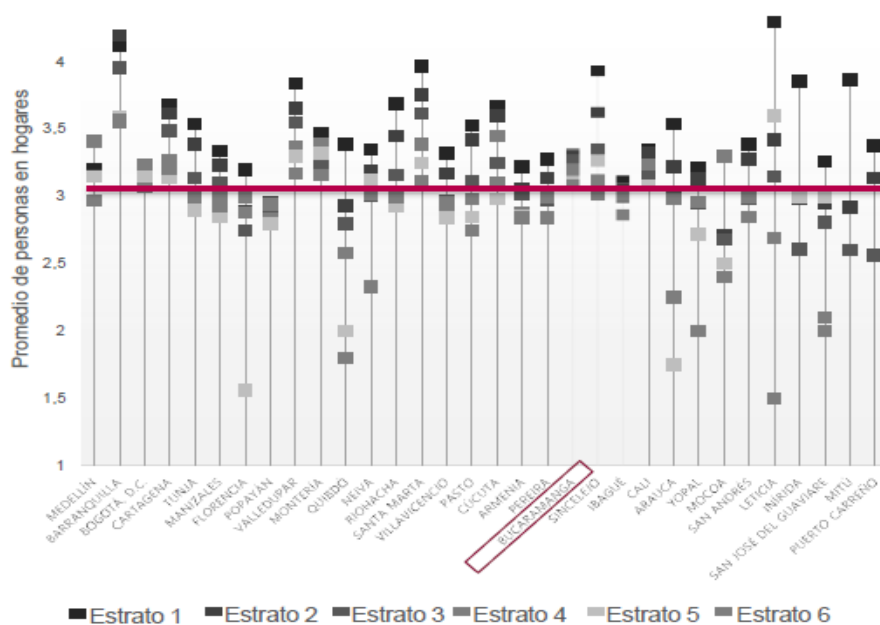
Se define un período de diseño de 25 años, así como lo establece el Artículo 40 de la Resolución 330 de 2017, para todos los componentes de sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo.

4.3.2 Población de diseño

Para determinar la población de diseño se acogieron las estadísticas compartidas por el DANE en su estudio de Indicadores Población y Demografía de la ciudad de Bucaramanga, Santander 2020 (SEN. Sistema Estadístico Nacional- Colombia., s. f.). Según lo establecido el número de habitantes por vivienda estará en función del estrato y el tipo de hogar que se reside. Se acoge una densidad habitacional de 4 personas para estrato 1 en proyectos de viviendas. La figura 2 muestra el estudio estadístico realizado identificando la ciudad de Bucaramanga.

Figura 2

Estudio estadístico demográfico Bucaramanga, Santander.



Nota. En la figura 2 se relacionan los valores de densidad habitacional definidos por el SEN (Sistema Estadístico Nacional) año 2020. Fuente: DANE.

El procedimiento implementado para la proyección de la población elegido es el de Detalle de Densidades, contemplado en el numeral B.2.2.4 del RAS y se implementaron criterios establecidos dentro del Área de Gestión de Agua No Contabilizada, el cual consistió en:

- Se definió de los planos catastrales y la ortofoto del sector delimitado por la pila pública, el número de viviendas existentes.
- Se tomó como referencia las estadísticas del DANE las cuales reportan que el promedio de hogares por vivienda es de 1.03 para el total nacional.
- Mediante visita previa a los sectores se pudo establecer una proyección promedio de 3 pisos por vivienda, para lo cual se proyectó 3 hogares por vivienda.
- Se adoptó una población de 4 habitantes por vivienda. A partir de esta densidad, se calculó la población con base al número de unidades de vivienda definidas.
- Se evaluó en el perímetro posibles áreas de expansión y lotes baldíos para definir la población de diseño.

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos en la proyección de población, detallando el número de casas, habitantes y familias proyectadas.

Tabla 3

Proyección Población de Diseño

Nombre	Número de casas	Habitantes proyectados	Familias proyectadas
JAC ASOCOFLO	65	791	198
JUNTA VIVIENDA PALMERA II	99	1273	318
JAC ASOVISUR II	47	575	144
JAC ASOVISUR II	20	240	60
JAC ASOVISUR II	17	232	58
JAC ASOVISUR II	22	264	66
JAC ASOVISUR II	15	180	45

Nombre	Número de casas	Habitantes proyectados	Familias proyectadas
JAC ASOVISUR II	10	130	33
ASVIMIFLO			
JAC MIRADORES DE LA FLORIDA			
FUNBIVISO			
ASOC. DE VIVIENDA EL PORTAL	561	6732	1683
ASOC QUINTAS DE LA HACIENDA			
JAC CAMPESTRE NORTE	123	1476	369
JAC BELLAVISTA / LA PALMITA	112	1479	370
JAC VILLA DEL CARMEN	69	764	191
BELLAVISTA CAMPESTRE	55	763	191

Nota. Esta tabla muestra la población de diseño proyectada al período de diseño de 25 años.

4.3.3 Nivel de complejidad

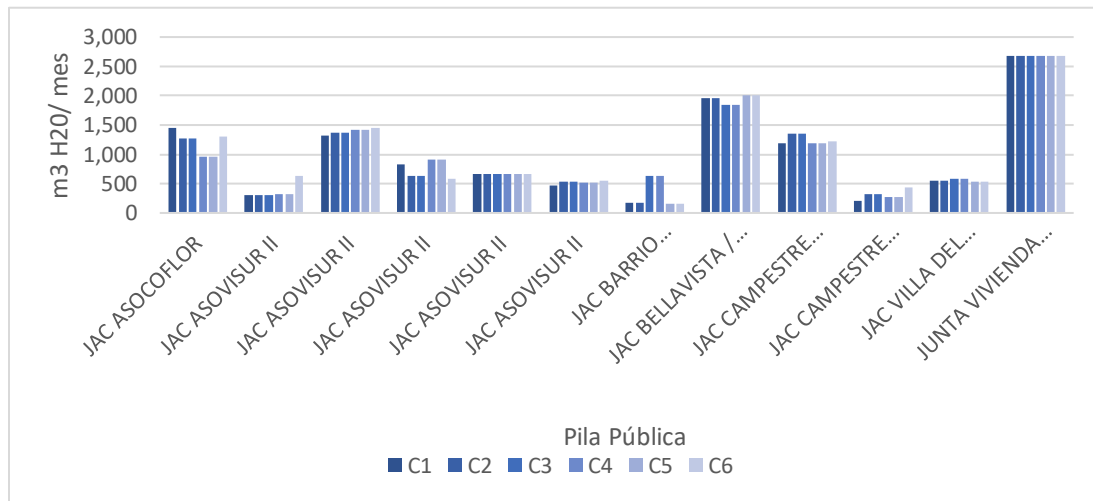
El nivel de complejidad del sistema se define de acuerdo con lo expuesto en el numeral A.3.1 del RAS. Como se aprecia para todas las zonas de estudio desde el punto de vista de la población proyectada se presenta un nivel de complejidad bajo.

4.3.4 Determinación de la demanda

De acuerdo con los registros de medidor de las pilas públicas, en la figura 3 y 4 se presentan los consumos registrados:

Figura 3

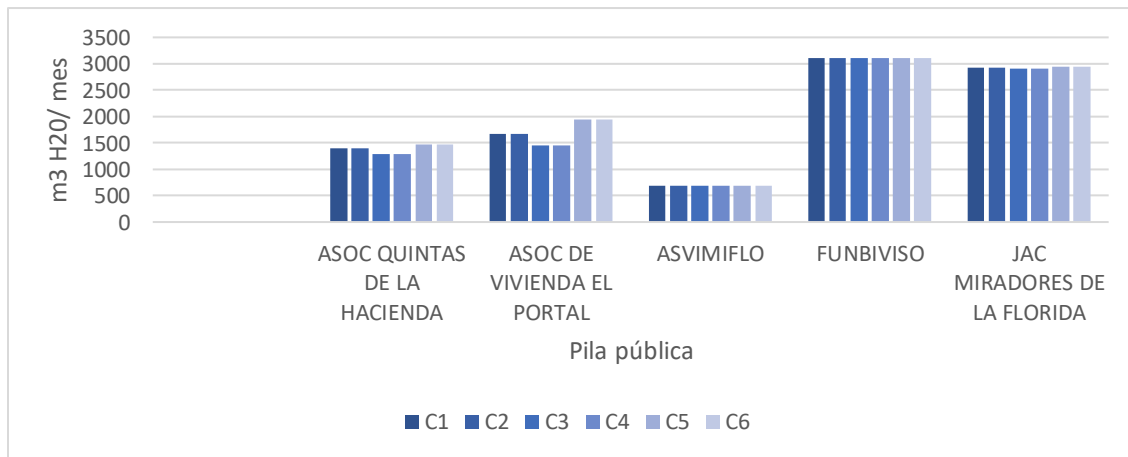
Consumos registrados sobre medidor de Pila Pública 1



Nota. La figura 3 muestra los consumos registrados (C1,C2,C3,C4,C5,C6) metros cúbicos por mes en un período de seis meses para 12 de las pilas de incidencia del proyecto. Fuente: amb sa.esp.

Figura 4

Consumos registrados sobre medidor de Pila Pública 2.



Nota. La figura 4 muestra los consumos registrados (C1,C2,C3,C4,C5,C6) metros cúbicos por mes en un período de seis meses para 5 de las pilas de incidencia del proyecto. Fuente: amb sa.esp.

Con la información recogida respecto al número de familias usuarias de Pila Pública y los consumos registrados en los medidores, se consolidó en la tabla 4 un consumo promedio de facturación y su equivalencia en litros habitante día (L-H-D).

Tabla 4*Consumos medios de facturación.*

Código	Nombre	m3/mes	Equivalencia	
198357	JAC ASOCOFLO	1,201	55.6	L-H-D
213277	JAC ASOVISUR II	365	101.4	L-H-D
213273	JAC ASOVISUR II	1,387	89.6	L-H-D
213301	JAC ASOVISUR II	750	125	L-H-D
213276	JAC ASOVISUR II	659	105.6	L-H-D
213275	JAC ASOVISUR II	519	103.0	L-H-D
206178	JAC BARRIO BELLAVISTA	319	44.3	L-H-D
184296	JAC BELLAVISTA / LA PALMITA	1,936	403.3	L-H-D
197627	JAC CAMPESTRE NORTE	1,248	126.8	L-H-D
236897	JAC CAMPESTRE NORTE	303	70.1	L-H-D
175189	JAC VILLA DEL CARMEN	558	51.7	L-H-D
179358	JUNTA VIVIENDA PALMERA II	2,677	185.9	L-H-D
198923	JAC MIRADORES DE LA FLORIDA	2,929	98.4	L-H-D
237183	ASOC QUINTAS DE LA HACIENDA	1,389	94.1	L-H-D
229472	ASOC. DE VIVIENDA EL PORTAL	1,688	104.2	L-H-D
256016	ASVIMIFLO	690	63.9	L-H-D
213269	FUNBIVISO	3,103	129.3	L-H-D

Nota. La tabla 4 muestra el cálculo de consumo en unidades de litro habitante día para cada pila pública.

Se calcula a partir del historial de facturación un consumo promedio mensual, el cual se define como consumo por uso netamente residencial. Como resultado la dotación neta residencial actual L-H-D muestra desproporción entre los consumos y el registro de usuarios de la pila pública, presentando estos resultados alta variabilidad con respecto a los límites de dotación neta establecidos por el RAS.

Se asigna bajo criterio del RAS (*Resolución 0330 - 2017 / Minvivienda, s.f.*) 140 L/HAD*DÍA para el caso de dotación neta residencial. Así mismo, se presenta la tabla de referencia en la norma empleada:

Tabla 5

Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.

Altura promedio sobre el nivel del mar	Dotación neta máxima L/Hab*Día
>2.000 m.s.n.m	120
1.000 – 2.000 m.s.n.m	130
<1.000 m.s.n.m	140

Nota. La Tabla 5 Corresponde a la Tabla 1. Artículo 43 RAS. Fuente: Resolución 330 de 2017.

De acuerdo con los datos históricos de facturación establecidos por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga SA ESP el consumo mensual promedio para estrato 1 es de 20.78 m³/mes por vivienda, por lo cual se evalúa este escenario dentro del cálculo de las dotaciones.

4.3.4.1 Evaluación de pérdidas Actualmente, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga SA ESP presenta un porcentaje de pérdidas del 23.84%, que se encuentra por debajo del límite máximo estipulado en el RAS, el cual es del 25% para pérdidas técnicas. Por lo tanto, no es necesario implementar un plan especial para la reducción de pérdidas en este proyecto.

4.3.4.2 Dotación bruta Se calcula a continuación empleando la ecuación 1:

Ecuación 1

Cálculo dotación bruta

$$db = \frac{(\text{Dotación neta } m^3/\text{mes} * \text{Número de familias})}{1 - \% \text{ pérdidas}}$$

En la Tabla 6 se presentan las dotaciones brutas calculadas mediante el anterior procedimiento para cada pila pública:

Tabla 6

Dotaciones Brutas

Nombre	Dotación bruta m3/mes
JAC ASOCOFLO	5478.9
JUNTA VIVIENDA PALMERA II	8814.2
JAC ASOVISUR II	3979.8

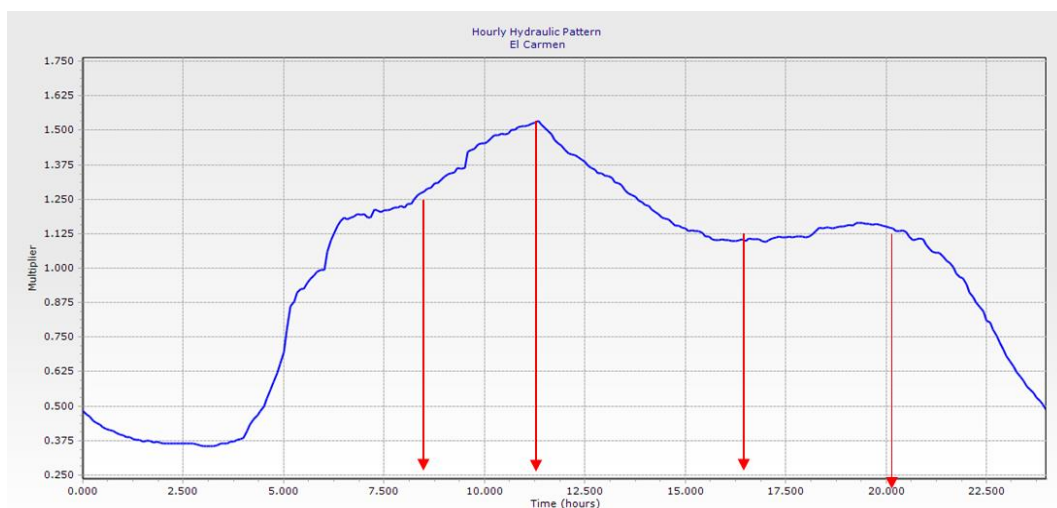
Nombre	Dotación bruta m3/mes
JAC ASOVISUR II	1662.4
JAC ASOVISUR II	1605.2
JAC ASOVISUR II	1828.6
JAC ASOVISUR II	1246.8
JAC ASOVISUR II	902.7
ASVIMIFLO	
JAC MIRADORES DE LA FLORIDA	
FUNBIVISO	46630.3
ASOC. DE VIVIENDA EL PORTAL	
ASOC QUINTAS DE LA HACIENDA	
JAC CAMPESTRE NORTE	
JAC CAMPESTRE NORTE	10223.8
JAC BELLAVISTA / LA PALMITA	10244.7
JAC VILLA DEL CARMEN	5292.0
BELLAVISTA CAMPESTRE	5285.7

Nota. Esta tabla 6 muestra la dotación bruta calculada para la población proyectada al período de diseño.

4.3.4.2 Cálculo de caudales La metodología de cálculo del caudal de diseño para dimensionar las redes de acueducto del proyecto se realizó mediante una de las curvas de modulación horaria existentes, de modo que el modelo digital trabajará con picos de consumo horario. Está se ilustra a continuación:

Figura 5

Curva de modulación El Carmen.



Nota. La figura 5 muestra La Curva de modulación de caudal horaria y cuatro horas de alto consumo identificadas, durante las cuales se va a evaluar las condiciones de presión en la tubería.

Fuente: Área de Gestión de Agua No Contabilizada-amb.

4.3.5 Modelamiento hidráulico

Se desarrolló un modelo hidráulico para cada pila, que incorpora los suscriptores con sus consumos calculados y proyectados. Estos modelos se realizaron en el software WaterGems, una herramienta avanzada de modelado de redes de distribución de agua que permite simular el comportamiento hidráulico en sistemas complejos. Estos se integraron al modelo general y se corrió en período extendido con frecuencia de cuartos de hora, lo que permitió analizar el impacto técnico de la extensión de la red en el sistema de distribución de agua existente. La tabla 7 detalla los puntos de conexión de la red existente empleados para la extensión de red.

Tabla 7

Puntos de Conexión Red Existente.

NOMBRE	CÓDIGO	COORDENADAX	COORDENADAY	DIÁMETRO	MATERIAL	PRESIÓN	HORA
JAC ASOCOFLO	JTP_17537	1.109.308,99	1.275.971,64	Ø3"	PVC	33.8 m.c.a.	9:50 A.M
JUNTA VIVIENDA PALMERA II	JC11_17566	1.109.285,76	1.275.842,56	Ø3"	PVC	28.2 m.c.a	10:10 A.M
	JTP_17777	1.109.350,33	1.275.786,56	Ø2"	PVC	41.1 m.c.a	11:00 A.M
	JTP_17776	1.109.355,83	1.275.769,52	Ø2"	PVC	44.4 m.c.a	11:00 A.M
ASOVISUR II	JR_39408	1.109.001,60	1.274.913,65	Ø6"	PVC	47.4 m.c. a	11:00 A.M
	JTEE_17918	1.109.006,94	1.274.824,54	Ø3"	PVC	52.1 m.c.a	12:35 P.M
	JC90_39409	1.109.003,15	1.274.742,36	Ø4"	PVC	36.1 m.c.a	11:00 A.M
	JC22_17724	1.108.903,16	1.274.824,48	Ø4"	PVC	31.1 m.c.a	11:00 A.M
PRADOS DEL SUR	JR_41410	1.108.306,86	1.274.930,18	Ø2"	PVC	63 m.c.a	11:00 A.M
	JTEE_23708	1.108.399,14	1.274.825,42	Ø2"	PVC	46.8 m.c.a	11:00 A.M
	JTEE_23707	1.108.444,37	1.274.791,38	Ø2"	PVC	47.5 m.c.a	11:00 A.M
	JC_32366	1.108.482,14	1.274.742,55	Ø3"	PVC	44.9 m.c.a	11:00 A.M
	JTEE_23871	1.108.529,69	1.274.662,43	Ø3"	PVC	34.9 m.c.a	11:00 A.M
	JC90_40009	1.108.564,39	1.274.606,00	Ø4"	PVC	33.5 m.c.a	11:00 A.M
	JTEE_23898	1.108.615,63	1.274.530,05	Ø4"	PVC	36.8 m.c.a	11:00 A.M

NOMBRE	CÓDIGO	COORDENADAX	COORDENADAY	DIÁMETRO	MATERIAL	PRESIÓN	HORA
CAMPESTRE	JTP_49463	1.104.579,05	1.285.439,36	Ø4"	PVC	22.5 m.c.a	15:39 P.M
NORTE	JTP_49464	1.104.505,48	1.285.569,60	Ø4"	PVC	28.6 m.c.a	11:00 A.M
JAC BELLAVISTA /	JR_28860	1.099.701,73	1.274.408,50	Ø2"	PVC	60.5 m.c.a	10:38 A.M
LA PALMITA	JTP_28858	1.099.911,96	1.274.382,25	Ø2"	PVC	70.9 m.c.a	11:00 A.M
JAC VILLA DEL		1.099.537,52	1.274.331,07				8:55 A.M
CARMEN	JTP_28905			Ø2"	PVC	39.4 m.c.a	
BELLAVISTA	JTEE_28712	1.099.446,74	1.274.463,51	Ø2"	PVC	22.5 m.c.a	10:02 A.M
CAMPESTRE	JTP_28640	1.099.362,33	1.274.538,56	Ø2"	PVC	18.3 m.c.a	9:34 A.M

Nota. La tabla muestra las presiones iniciales de servicio de los nodos de conexión elegidos su horario de toma, coordenadas espaciales, el diámetro y material de la tubería.

4.3.6 Resultados Modelamiento Hidráulico

A continuación, se presentan los modelos hidráulicos desarrollados en el software WaterGems a partir de la información anteriormente presentada:

4.3.6.1 Modelo Hidráulico Pila Asocoflor. Se realizó un trazado de la red partiendo del punto de conexión JTP_17537 coordenadas (X,Y) (1.109.308,99, 1.275.971,64), correspondiente a tubería de Ø3" de PVC distrito El Carmen, con una demanda de 0.0164 l/s a cada suscriptor añadido. Esta extensión de red pasa a formar parte del distrito de El Carmen, dejando de pertenecer al distrito de La Trinidad.

Figura 6

Modelo Hidráulico Pila Asocoflor



Nota. La figura muestra el trazado de la red tubería PVC Ø3" y suscriptores con demanda asignada mediante modelamiento en WaterGems.

4.3.6.2 Modelo Hidráulico Pila Palmeras II. Se realizó un trazado de la red partiendo del punto de conexión JC11_17566, coordenadas (X,Y) (1.109.285,76, 1.275.842,56) correspondiente a tubería de Ø3" de PVC distrito El Carmen. Se realizan 4 empalmes adicionales a tubería existente de diámetro Ø3" y Ø2". Se asigna una demanda de 0.03208 l/s a cada suscriptor añadido. Esta extensión de red se integra al Distrito El Carmen.

Figura 7

Modelo hidráulico Pila Palmeras II.



Nota. La figura 7 es ilustrativa y corresponde al trazado de la red tubería PVC Ø3" y suscriptores con demanda asignada mediante modelamiento en WaterGems.

4.3.6.3 Modelo Hidráulico Pilas Asovisur II. Se realizó un trazado de la red para las 6 pilas distribuidas en la zona partiendo del punto de conexión JR_39408, coordenadas (X,Y) (1.109.001,60, 1.274.913,65) correspondiente a tubería de Ø6" de PVC distrito El Carmen. Se realizan 7 empalmes adicionales a tuberías existentes de diámetro Ø3" y Ø4". Las demandas se asignaron de manera individualizada para cada pila presente en el sector. Esta extensión de red pasa a formar parte del distrito de El Carmen, dejando de pertenecer al distrito de La Trinidad.

Figura 8

Modelo hidráulico Pilas Asovisur II.



Nota. La figura es ilustrativa y corresponde al trazado de la red tubería PVC Ø3" y suscriptores con demanda asignada mediante modelamiento en WaterGems.

4.3.6.4 Modelo Hidráulico Pila Bellavista Campestre. Se realizó un trazado de la red partiendo del punto de conexión JTEE_28712, coordenadas (X,Y) (1.099.446,74, 1.274.463,51) correspondiente a tubería de Ø2” de PVC distrito San Juan. Se realiza un empalme adicional a tubería existente de diámetro Ø2”. Se asignó la demanda de 0.0134 l/s por suscriptor. Esta extensión de red se integra al Distrito San Juan.

Figura 9

Modelo hidráulico Pila Bellavista Campestre.



Nota. La figura es ilustrativa y corresponde al trazado de la red tubería PVC Ø3” y suscriptores con demanda asignada mediante modelamiento en WaterGems.

4.3.6.5 Modelo Hidráulico Pila Bellavista La Palmita. Se realizó un trazado de la red partiendo del punto de conexión JC45_28730, coordenadas (X,Y) (1.099.701,73, 1.274.408,50) distrito San Juan, correspondiente a tubería de Ø2” de PVC. Se realiza 1 empalme adicional a tubería existente de diámetro Ø2”. Se asignó la demanda de 0.0332 l/s por suscriptor. Esta extensión de red se integra al Distrito San Juan.

Figura 10*Modelamiento hidráulico Pila Bellavista La Palmita*

Nota. La figura es ilustrativa y corresponde al trazado de la red tubería PVC Ø3" y suscriptores con demanda asignada mediante modelamiento en WaterGems.

4.3.6.6 Modelo Hidráulico Pila Villa Carmen. Se realizó un trazado de la red partiendo del punto de conexión JTP_28905, coordenadas (X,Y) (1.099.537,52, 1.274.331,07) correspondiente a tubería de Ø2" de PVC distrito San Juan. Se asignó la demanda de 0.0175 l/s por suscriptor. Está extensión de red se integra al Distrito San Juan.

Figura 11*Modelo hidráulico Pila Villa Carmen*



Nota. La es ilustrativa y corresponde al trazado de la red tubería PVC Ø3” y suscriptores con demanda asignada mediante modelamiento en WaterGems.

4.3.6.7 Modelo Hidráulico Pila Campestre Norte. Se realizó un trazado de la red para las 2 pilas distribuidas en la zona partiendo del punto de conexión JTP_49463, coordenadas (X,Y) (1.104.579,05, 1.285.439,36) correspondiente a tubería de 4” de PVC distrito Los Colorados. Se realizan 4 empalmes adicionales a tuberías existentes de diámetro Ø4”. Las demandas se asignaron de manera global para las dos pilas presentes en el sector, siendo 0.0303 l/s por suscriptor. Esta extensión de red se integra al Distrito Los Colorados.

Figura 12

Modelo hidráulico Pila Campestre Norte



Nota. La figura es ilustrativa y corresponde al trazado de la red tubería PVC Ø3" y suscriptores con demanda asignada mediante modelamiento en WaterGems.

4.3.5.8 Modelo Hidráulico Pilas Prados del Sur. Se realizó un trazado de la red partiendo del punto de conexión JR_41410, coordenadas (X,Y) (1.108.306,86, 1.274.930,18) correspondiente a tubería de Ø2" de PVC distrito La Cumbre. Se realizan 13 empalmes adicionales a tuberías existentes de diámetro Ø4" y Ø3". Las demandas se asignaron de manera global para las cinco pilas presentes en el sector de 0.0316 l/s por suscriptor. Esta extensión de red se integra al Distrito La Cumbre.

Figura 13

Modelamiento Hidráulico Pilas Prados del Sur.



Nota. La figura es ilustrativa y corresponde al trazado de la red tubería PVC Ø3" y suscriptores con demanda asignada mediante modelamiento en WaterGems.

4.4 Análisis de resultados de los Modelos Hidráulicos

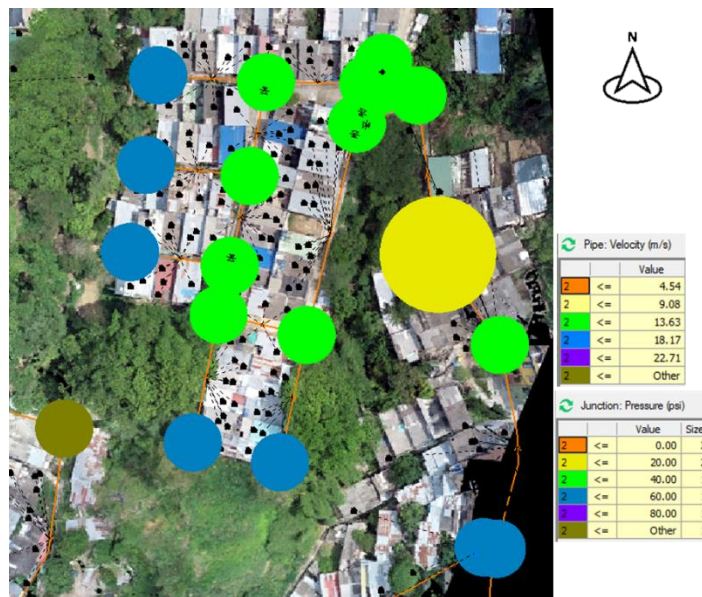
Este análisis evaluó parámetros críticos de presión y continuidad del servicio en la zona.

4.4.1 Pila Asocoflor

. El mapa de presión en los nodos presentado en la figura 14 indica que las presiones se mantienen dentro de los rangos máximos y mínimos estipulados, lo que sugiere que el sistema está funcionando adecuadamente durante esta franja horaria crítica. Así mismo, las velocidades en las tuberías presentan un valor de 0.5 m/s, estando dentro de los rangos permitidos. Esto indica que el sistema opera eficientemente tanto en términos de presión como de velocidad del flujo de agua en las tuberías.

Figura 14

Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pila Asocoflor.



Nota. La Figura 14 presenta el mapa ilustrativo con sus leyendas, para analizar los resultados en presión y velocidad del modelo hidráulico corrido en período extendido para la hora crítica de las 11:00 a.m en el software WaterGems.

Seguidamente se evaluaron las presiones en el nodo de conexión durante los horarios críticos establecidos (véase apéndice A, Gráfica de presión en nodo JTP_17537 antes y después de incluir la red del sector Asocoflor), donde se observa una caída de presión promedio de 15 psi durante las horas de mayor consumo. Aunque este valor es considerable, no compromete la calidad del servicio en términos de presión y continuidad en la zona. Por tanto, la nueva red es considerada técnicamente viable.

De igual manera, se evaluaron las presiones futuras en los nodos de la nueva red durante los horarios críticos analizados.

Gráfica 1

Presión en la nueva red de Asocoflor en los horarios de alto consumo

Nota. La Gráfica 1 muestra que las presiones en los nodos de la nueva red proyectada se mantienen dentro de los rangos establecidos. Esto garantiza la presión y continuidad del servicio.

A continuación, se presentan las cantidades finales de tuberías y accesorios del diseño propuesto.

Tabla 8

Cantidades finales de la tubería Pila Asocoflor.

Descripción	Cantidad
Longitud de tubería	467.1 mL
Uniones estimado	80 u
Codo 22 ½° Ø3"	3 u
Codo 90° Ø3"	1 u
Codo 45° Ø3"	1 u
Tee Ø3x3"	7 u
Codo 11.25° Ø3"	1 u
Tapón Ø3"	5 u
Válvula cierre Ø3"	5 u
Hidrante Ø3"	1 u
Acometidas	129 u

4.4.2 Pila Palmeras II

El mapa de presión en los nodos ilustrado en la figura 15 muestra gráficamente que las presiones se mantienen dentro de los rangos máximos y mínimos estipulados. Además, las

velocidades en las tuberías, con un valor de 0.8 m/s. Esto indica que el sistema opera eficientemente tanto en términos de presión como de velocidad del flujo de agua en las tuberías.

Figura 15

Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pila Palmeras II



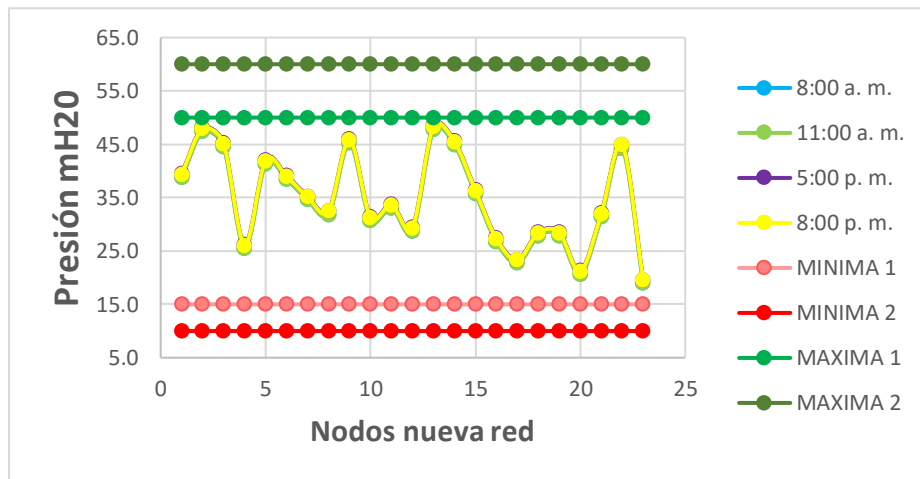
Nota. La Figura 15 presenta el mapa ilustrativo con sus leyendas, para analizar los resultados en presión y velocidad del modelo hidráulico corrido en período extendido para la hora crítica de las 11:00 a.m. en el software WaterGems.

Seguidamente se evaluaron las presiones en los nodos de conexión, para el caso de nodo JC11_17566 (véase apéndice B, gráfica de presión en nodo JC11_17566 antes y después de incluir la red del sector Palmeras II), se observa una caída de presión promedio de 3 psi durante las horas de mayor consumo. En nodo JTP_17777 (véase apéndice C, gráfica de presión en nodo JTP_17777 antes y después de incluir la red del sector Palmeras II) se observa una caída de presión promedio de 3.13 psi durante las horas de mayor consumo. Lo anterior indica que no se compromete la calidad del servicio en términos de presión y continuidad en la zona. Por tanto, la nueva red es considerada técnicamente viable.

De igual manera, se evaluaron las presiones futuras en los nodos de la nueva red durante los horarios críticos analizados.

Gráfica 2

Presión en la nueva red de Palmeras II horarios de alto consumo.



Nota. La Gráfica 2 muestra que las presiones en los nodos de la nueva red proyectada se mantienen dentro de los rangos establecidos, que son de 10 m.c.a como mínimo y 60 m.c.a como máximo.

Esto garantiza la presión y continuidad del servicio. A continuación, se presentan las cantidades finales de tuberías y accesorios del diseño propuesto.

Tabla 9

Cantidades finales de la tubería pila Palmeras II.

Descripción	Cantidad
Longitud tubería	528 mL
Uniones estimado	88 u
Codo 22.5° Ø3"	3 u
Tee Ø3X3"	8 u
Codo 90° Ø3"	3 u
Tapón Ø3"	4 u
Hidrante Ø3"	1 u
Cruz Ø3x3"	1 u
Codo 11.25° Ø3"	3 u
Reducción 3x2"	2 u

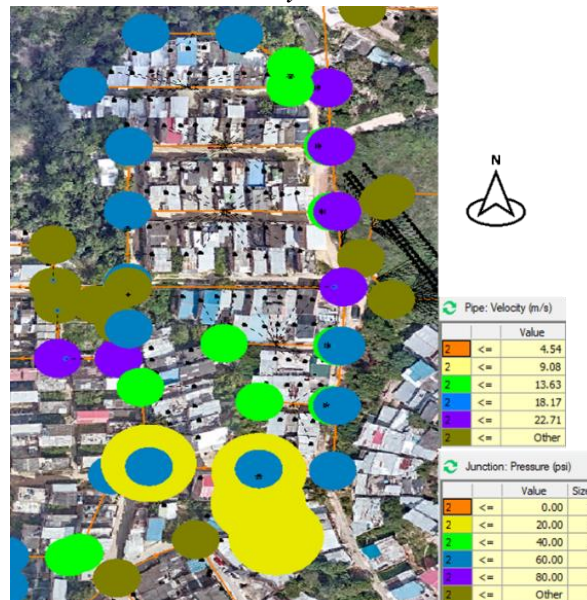
Descripción	Cantidad
Codo 45° Ø3"	1 u
Válvula Ø3"	7 u
Acometidas	265 u

4.4.3 Pilas Asovisur II

El mapa de presión en los nodos ilustrado en la figura 16 muestra gráficamente la existencia de una zona con presiones bajas y otra en la que las presiones se mantienen dentro de los rangos máximos y mínimos estipulados. Así mismo, se evaluaron las velocidades en las tuberías, con un valor de 0.5 m/s, las cuales se encuentran dentro de los rangos permitidos.

Figura 16

Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pilas Asovisur II.



Nota. La Figura 16 presenta el mapa ilustrativo con sus leyendas, para analizar los resultados en presión y velocidad del modelo hidráulico corrido en período extendido para la hora crítica de las 11:00 a.m. en el software WaterGems.

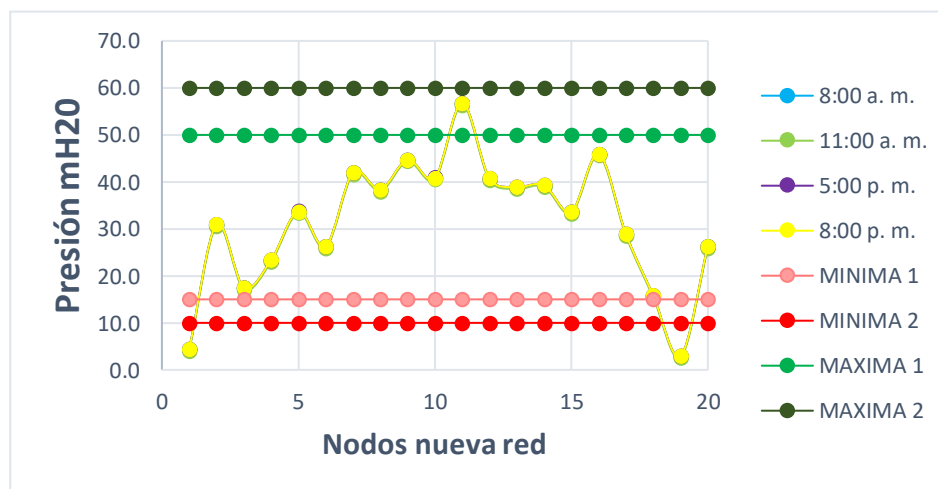
Seguidamente se evaluaron las presiones en los nodos de conexión, para el caso de nodo JR_39408 (véase apéndice D, gráfica de presión en nodo JR_39408 antes y después de incluir la

red del sector Asovisur II), se observa una caída de presión promedio de 0.66 psi durante las horas de mayor consumo. En nodo JTEE_17920 (véase apéndice E, Gráfica de presión en nodo JTEE_17920 antes y después de incluir la red del sector Asovisur II) se observa una caída de presión promedio de 0.77 psi durante las horas de mayor consumo. Lo anterior indica que no se compromete la calidad del servicio en términos de presión y continuidad en la zona. Por tanto, la nueva red es considerada técnicamente viable.

De igual manera, se evaluaron las presiones futuras en los nodos de la nueva red durante los horarios críticos analizados.

Gráfica 3

Presión en nueva red de Asovisur II horarios de alto consumo.



Nota. La Gráfica 3 muestra que las presiones en la red operan en los rangos establecidos, a excepción de dos nodos que presentan bajas presiones los cuales se estudian independiente.

Se propone una sectorización del área debido a que dos de los nodos proyectados presentan bajas presiones durante el día. Esta sectorización asegura un servicio regular en una zona y un servicio especial en la otra, tal como lo muestra la figura 17.

Figura 17

Sectorización de presiones en la red Asovisur II.

Nota. La figura 17 muestra la sectorización realizada tras la evaluación de presiones en el sector, que da lugar a vinculación del servicio a usuarios regulares y especiales.

La sectorización dará lugar, actualmente, a la incorporación de 10 usuarios especiales y 266 usuarios regulares del servicio. A continuación, se presentan las cantidades finales de tuberías y accesorios del diseño propuesto.

Tabla 10

Cantidades finales de tubería Pilas Asovisur II.

Descripción	Cantidad
Longitud tubería	541 mL
Uniones estimado	90 u
Codo 45° Ø3"	2 u
Tee Ø3x3"	2 u
Codo 11.25° Ø3"	1 u
Codo 90° Ø3"	1 u

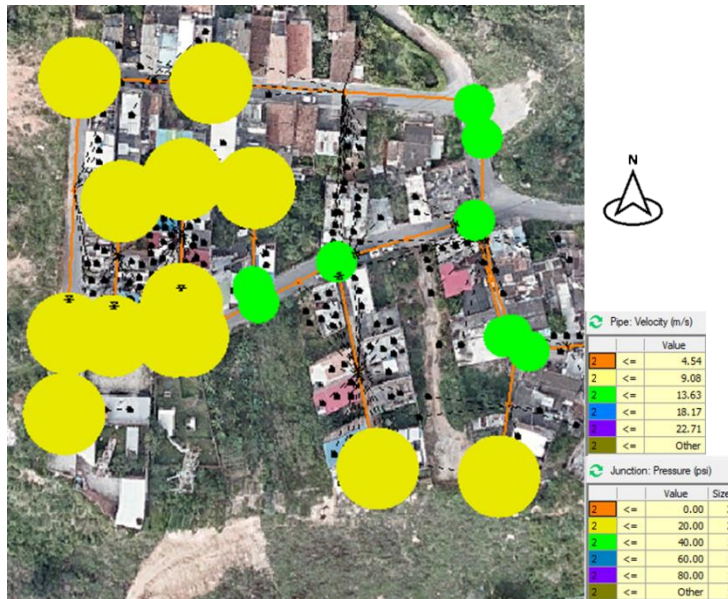
Descripción	Cantidad
Tapón Ø3"	6 u
Codo 22.50° Ø3"	1 u
Reducción de 6"x 4"	1 u
Válvula Ø3"	7 u
Hidrante Ø3"	1 u
Tee Ø6X3"	1 u
Tee Ø4x3"	6 u
Cruz Ø3x3"	1 u
Acometidas	277 u

4.4.4 Pila Bellavista Campestre

El mapa de presión en los nodos ilustrado en la figura 18 muestra gráficamente la existencia de una zona con presiones bajas y otra en la que las presiones se mantienen dentro del rango mínimo estipulado. Esto debido a la ubicación periférica del sector y su distancia respecto al tanque de suministro lo que resulta en una pérdida significativa de presión. Así mismo, se evaluaron las velocidades en las tuberías, con un valor de 0.8 m/s, estando dentro de los rangos permitidos.

Figura 18

Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pila Bellavista Campestre



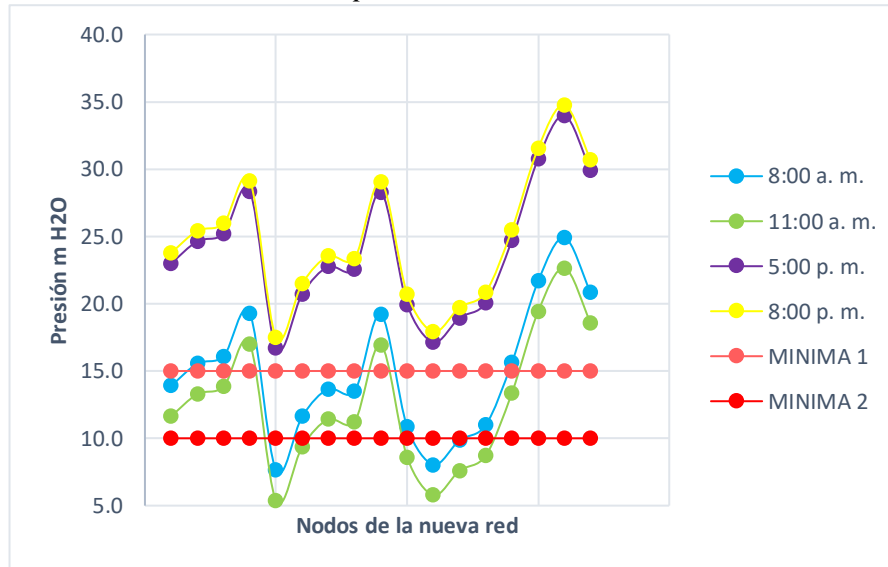
Nota. La Figura 18 presenta el mapa ilustrativo con sus leyendas, para analizar los resultados en presión y velocidad del modelo hidráulico corrido en período extendido para la hora crítica de las 11:00 a.m. en el software WaterGems.

Seguidamente se evaluaron las presiones en el nodo de conexión JTEE_28712 (véase apéndice F, gráfica de presión en nodo JTEE_28712 antes y después de incluir la red del sector Bellavista Campestre). Se observa una caída promedio de presión de 5 psi durante las horas de mayor consumo. Aunque las presiones finales se acercan a los valores límite, no los superan, pero si se compromete la calidad del servicio en horarios de alto consumo.

De igual manera, se evaluaron las presiones futuras en los nodos de la nueva red durante los horarios críticos analizados, obteniendo los resultados en la gráfica 4.

Gráfica 4

Presión en nueva red de Bellavista Campestre horarios de alto consumo.



Nota. La Gráfica 4 muestra que hay nodos de la nueva red proyectada que están por debajo de los rangos establecidos de presión. Estos son analizados independientemente.

Se propone una sectorización del área tal como se muestra en la figura 19 debido a que existen nodos proyectados que presentan bajas presiones durante el día. Esta sectorización asegura un servicio regular en una zona y un servicio especial en la otra.

Figura 19

Sectorización de presiones en la red Bellavista Campestre.

Nota. Sectorización tras evaluación de presiones en los nodos.

La sectorización dará lugar, actualmente a la incorporación de 83 usuarios especiales y 69 usuarios regulares del servicio. Se presentan en la tabla 11 las cantidades finales de tuberías y accesorios del diseño propuesto.

Tabla 11

Cantidades finales de tubería Pila Bellavista Campestre.

Descripción	Cantidad
Longitud de tubería	464.74 mL
Uniones estimado	77 u
Tee Ø X2"	1 u
Tee Ø3X3"	6 u
Reducción Ø3x2"	3 u
Codo 22.50° Ø3"	2 u
Codo 11.25° Ø3"	2 u
Tapón Ø 3"	5 u
Codo 90° Ø3"	2 u
Válvula Ø3"	6 u
Hidrante Ø3"	1 u
Acometidas	152 u

4.4.5 Pila Bellavista La Palmita

El mapa de presión en los nodos ilustrado en la figura 20 muestra gráficamente la existencia de presiones mayores al rango máximo estipulado de 60 m.c.a. En consecuencia, se deja como recomendación la implementación de una válvula reguladora de presión en el sector.

Figura 20

Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pila Bellavista La Palmita



Nota. La Figura 20 presenta el mapa ilustrativo con sus leyendas, para analizar los resultados en presión y velocidad del modelo hidráulico corrido en período extendido para la hora crítica de las 11:00 a.m. en el software WaterGems.

Así mismo, se evaluaron las velocidades en las tuberías, con un valor de 0.7 m/s, estando dentro de los rangos permitidos. Se presentan en la tabla 12 las cantidades finales de tuberías y accesorios del diseño propuesto.

Tabla 12

Cantidades finales de tubería Pila Bellavista La Palmita

Descripción	Cantidad
Longitud de tubería	708 mL
Uniones estimado	118 u

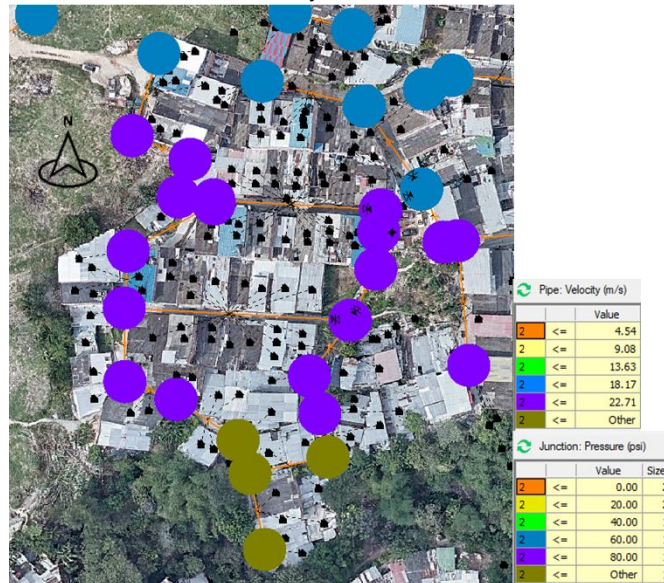
Descripción	Cantidad
Tee Ø2X2"	1 u
Tee Ø3X3"	7 u
Reducción Ø3 x 2"	2 u
Codo 22.50° Ø3"	13 u
Codo 11.25° Ø3"	5 u
Tapón Ø3"	6 u
Codo 45° Ø3"	4 u
Codo 90° Ø3"	5 u
Válvula Ø3"	9 u
Hidrante Ø3"	1 u
Codo 45° Ø2"	1 u
Acometidas	172 u

4.4.6 Pila Villa Carmen

El mapa de presión en los nodos ilustrado en la figura 21 muestra gráficamente que, en los nodos de la zona baja del sector, que termina en un tapón, las presiones superan el rango máximo estipulado de 60 m.c.a. En consecuencia, se propone la implementación de una válvula reguladora de presión en el sector. Así mismo, se evaluaron las velocidades en las tuberías, con un valor de 0.5 m/s, estando dentro de los rangos permitidos.

Figura 21

Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pila Villa Carmen



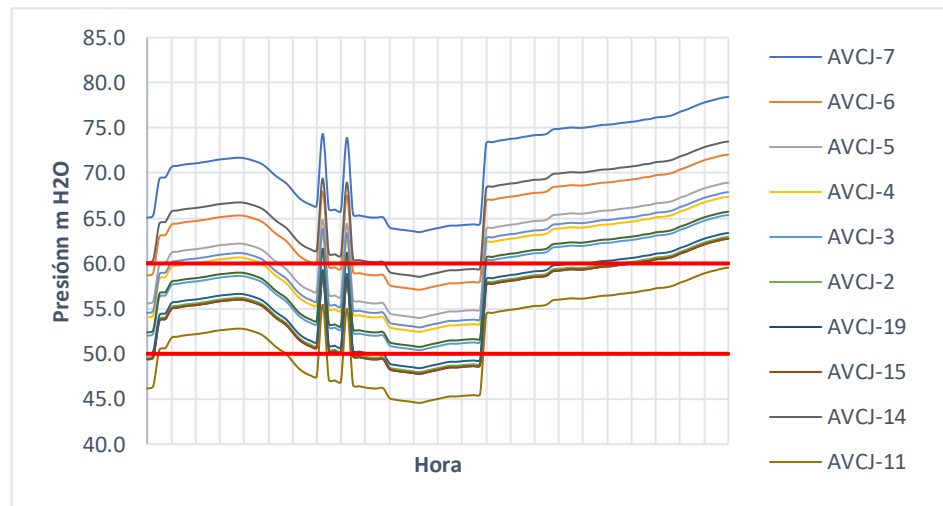
Nota. La Figura 21 presenta el mapa ilustrativo con sus leyendas, para analizar los resultados en presión y velocidad del modelo hidráulico corrido en período extendido para la hora crítica de las 11:00 a.m. en el software WaterGems. Fuente: Autor.

Seguidamente se evaluaron las presiones en el nodo de conexión JTEE_28712 (véase apéndice G, gráfica de presión en nodo JTP_28905 antes y después de incluir la red del sector Villa del Carmen.), se observa una caída promedio de presión de 7 psi durante las horas de mayor consumo. Lo que indica que no se compromete la calidad del servicio en términos de presión y continuidad en la zona.

De igual manera, en l gráfica 5 se evaluaron las presiones futuras en los nodos de la nueva red durante los horarios críticos analizados.

Gráfica 5

Resultados Nodos con sobrepresión en la tubería Villa del Carmen.



Nota. La gráfica 5 muestra los nodos de la nueva red y sus presiones tras la corrida del modelo y las demandas asignadas.

Los nodos ubicados en la zona baja del sector presentan presiones que superan los 60 metros de columna de agua (m.c.a). Para solucionar este problema, se recomienda la implementación de una válvula reguladora de presión que permita ajustar y controlar estos niveles.

Figura 22

Sectorización de presiones en la red Villa del Carmen



Nota. La figura 22 ilustra gráficamente la sectorización de presiones realizada en la zona tras implementación de una válvula reguladora, donde la zona baja corresponde a las mayores presiones presentadas.

A continuación, en la tabla 13 se presentan las cantidades finales de tuberías y accesorios que se deben implementar del diseño propuesto.

Tabla 13

Cantidades finales de tubería Pila Villa del Carmen.

Descripción	Cantidad
Longitud de tubería	410.6 mL
Uniones estimado	68 u
Tee Ø2X2"	1 u
Tee Ø3X3"	6 u
Reducción Ø3x2"	2 u
Codo 22.50° Ø3"	6 u
Codo 45° Ø3"	7 u
Codo 11 ¼ Ø3"	1 u
Tapón Ø3"	3 u
Codo 90° Ø3"	3 u
Válvula Ø3"	8 u

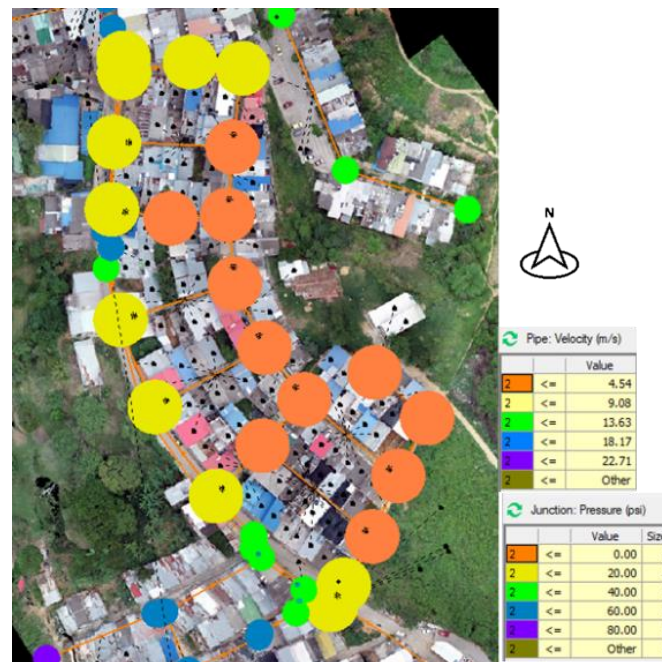
Descripción	Cantidad
Hidrante Ø3"	1 u
Acometidas	109 u

4.4.7 Pilas Campestre Norte

El mapa de presión en los nodos ilustrado en la figura 23 muestra que, en el sector, se presenta un déficit de cantidad de agua, resultando en presiones muy bajas. Se propone por parte del área técnica la implementación del diseño de la red, que, tras la entrada en servicio del nuevo tanque Angelinos, mejorará la presión del suministro de agua al sector.

Figura 23

Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería Pilas Campestre Norte



Nota. La Figura 23 presenta el mapa ilustrativo con sus leyendas, para analizar los resultados en presión y velocidad del modelo hidráulico corrido en período extendido para la hora crítica de las 11:00 a.m. en el software WaterGems.

Así mismo, se evaluaron las velocidades en las tuberías, con un valor de 0.3 m/s, estando dentro de los rangos permitidos. Finalmente se presentan en la tabla 14 las cantidades finales de tuberías y accesorios del diseño propuesto.

Tabla 14

Cantidades finales de tubería Pilas Campestre Norte.

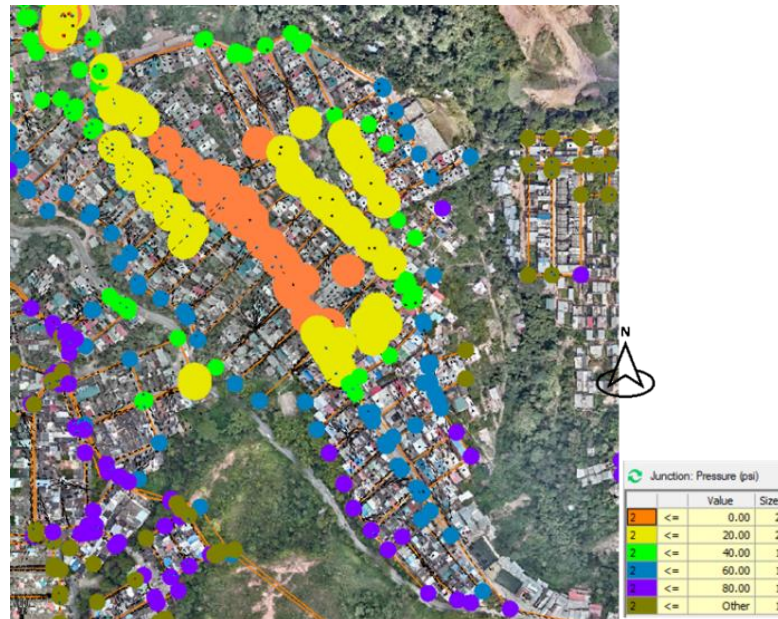
Descripción	Cantidad
Longitud de tubería	688 mL
Uniones estimado	115
Tee Ø3X3"	11
Codo 11.25° Ø3"	2
Codo 90° Ø3X3"	2
Tapón Ø3"	2
Reducción de Ø4X3"	1
Tee Ø4x3"	4
Válvula Ø3"	13
Hidrante Ø3"	1
Acometidas	260 u

4.4.8 Pilas Prados del Sur

El mapa de presión en los nodos ilustrado gráficamente en la figura 24 muestra la existencia de una zona con presiones bajas y una en la que las presiones se mantienen dentro del rango estipulado. Así mismo, se evaluaron las velocidades en las tuberías, con un valor máximo de 0.7 m/s.

Figura 24

Resultados de presión y velocidad en los nodos y tubería de las Pilas Prados del Sur



Nota. La Figura 24 presenta el mapa ilustrativo con sus leyendas, para analizar los resultados en presión y velocidad del modelo hidráulico corrido en período extendido para la hora crítica de las 11:00 a.m. en el software WaterGems.

Se identificaron los nodos que presentan bajas presiones en la figura 25:

Figura 25

Resultados de nodos presiones bajas franja [6:45 A.M - 2:00 P.M] Prados del Sur.

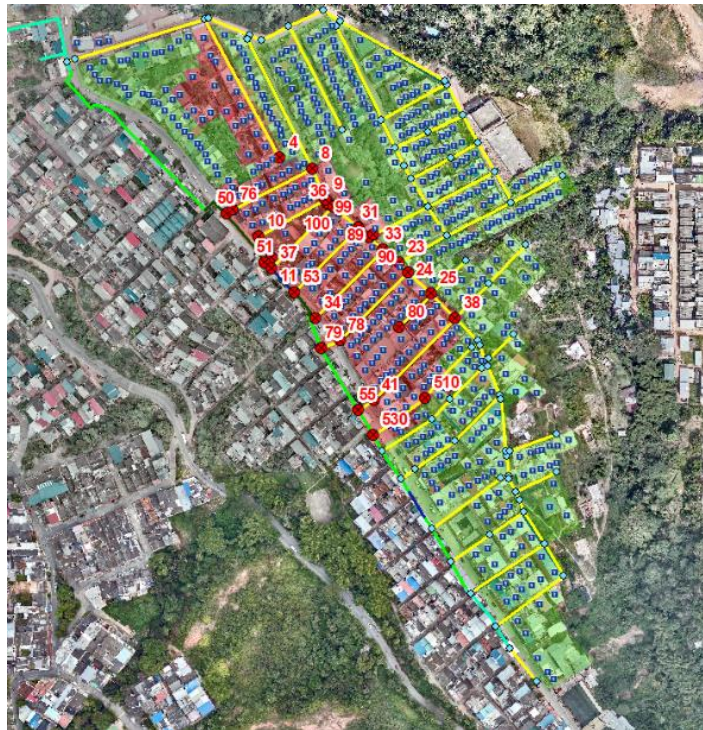


Nota. En la figura 25 se identifican los nodos que presentan presiones por debajo de 10 m.ca en la franja horaria de 6:30 A.M y 2:00 P.M.

Se propone una sectorización del área como se muestra en la figura 26. Esta sectorización asegura un servicio regular en una zona y un servicio especial en la otra, donde no se garantiza la presión mínima en horarios de alto consumo.

Figura 26

Resultados Sectorización del servicio franja horaria 1 Prados del Sur.



Nota. La figura 26 muestra la sectorización propuesta para inclusión de usuarios regulares y usuarios especiales, tras el análisis de las presiones en los nodos de la red.

En la tabla 15 se presentan las cantidades finales de tuberías y accesorios del diseño propuesto.

Tabla 15

Cantidades finales de tubería Pilas Prados del Sur.

Descripción	Cantidad
Longitud de tubería	3303 mL

Descripción	Cantidad
Uniones estimado	541 u
Reducción Ø3"x2"	4 u
Tee Ø3x3"	36 u
Tee Ø2x2"	3 u
Codo 90° Ø3"	4 u
Tapón Ø3"	10 u
Cruz Ø3x3"	3 u
Codo 45° Ø3"	8 u
Codo 11.25° Ø3"	15 u
Tee Ø4x3"	4 u
Reducción Ø4 a 3"	1 u
Tee Ø4x4"	1 u
Codo 22.50° Ø3"	8 u
Válvula Ø3"	29 u
Acometidas	1500 u

4.5 Planos de Diseño

Una vez culminada la fase de diseño, se elaboraron los planos utilizando el software AutoCAD, el cual permite una representación precisa y detallada de los elementos del proyecto. Estos planos incluyen la planta general de redes proyectadas y existentes, así como la ubicación e identificación de accesorios, facilitando su reconocimiento. Además, se detallan las cantidades de obra necesarias para la ejecución del proyecto y finalmente las convenciones del proyecto. (Véase apéndice H, Planos finales de Diseño).

4.6 Redacción del Informe Técnico Final

Se cumplió con la redacción y presentación del informe técnico del proyecto de individualización de pilas, el cual describe en detalle todo el proceso de estudio, análisis y diseño realizado durante la práctica. Este informe ha sido aprobado y archivado para los usos pertinentes en la ejecución del proyecto. (Véase apéndice I, Informe Técnico Final).

5. Conclusiones

Se lograron los objetivos planteados y la inclusión de 4 diseños hidráulicos adicionales a los inicialmente listados, logrando así culminar con un total de 18 pilas públicas el proyecto. Cumpliendo con las normativas vigentes, en particular la Resolución 330 de 2017 y su modificación, contribuyendo significativamente a mejorar el acceso al agua potable, lo cual impacta la salud pública y fomenta el desarrollo económico y social de la región.

Durante el proceso de diseño, se identificaron diversas limitaciones relacionadas con la topografía y la ubicación periférica de algunas zonas. Estas experiencias enfatizan la necesidad de análisis, lo que permite encontrar soluciones, como en este caso la sectorización del servicio y el uso de válvulas reguladoras.

La práctica empresarial permitió un fortalecimiento en el conocimiento de diseño de red de distribución. Se desarrollaron habilidades en la gestión de información técnica y la redacción de informes claros. Además, se adquirió un dominio sobre el diseño hidráulico y la normativa vigente.

El manejo de softwares especializados como WaterGEMS, ArcGIS y AutoCAD fue esencial para el éxito del proyecto. WaterGEMS facilitó la modelación hidráulica, ArcGIS permitió una georreferenciación y análisis topográfico precisos. AutoCAD, por su parte, fue clave en la generación de planos de diseño detallados.

Durante la ejecución del proyecto, se reconoció que la parte técnica debe ser capaz de desarrollar alternativas de solución ante las diversas problemáticas que surgen. Esta capacidad de adaptación y resolución de problemas es esencial para garantizar el éxito en cualquier proyecto, demostrando que la teoría y la práctica deben complementarse para lograr resultados efectivos.

Referencias Bibliográficas

COLPATRIA, P&S ASOCIADOS S.A.S. (s. f.). Diseño hidráulico básico de las redes de acueducto y alcantarillado plan parcial de renovación urbana Búfalo Bogotá D.C. Promotor.

Portal EPM. (s. f.). Glosario. <https://www.grupo-epm.com/content/Grupo-Epm/site/aguasnacionales/glosario>

Ramos, K. L. S. (s. f.). Diseño de redes de distribución de agua potable. https://www.academia.edu/35449561/Diseno_de_Nets_de_Distribucion_de_Agua_Potable

Resolución 0330—2017 | Minvivienda. (s. f.). <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>

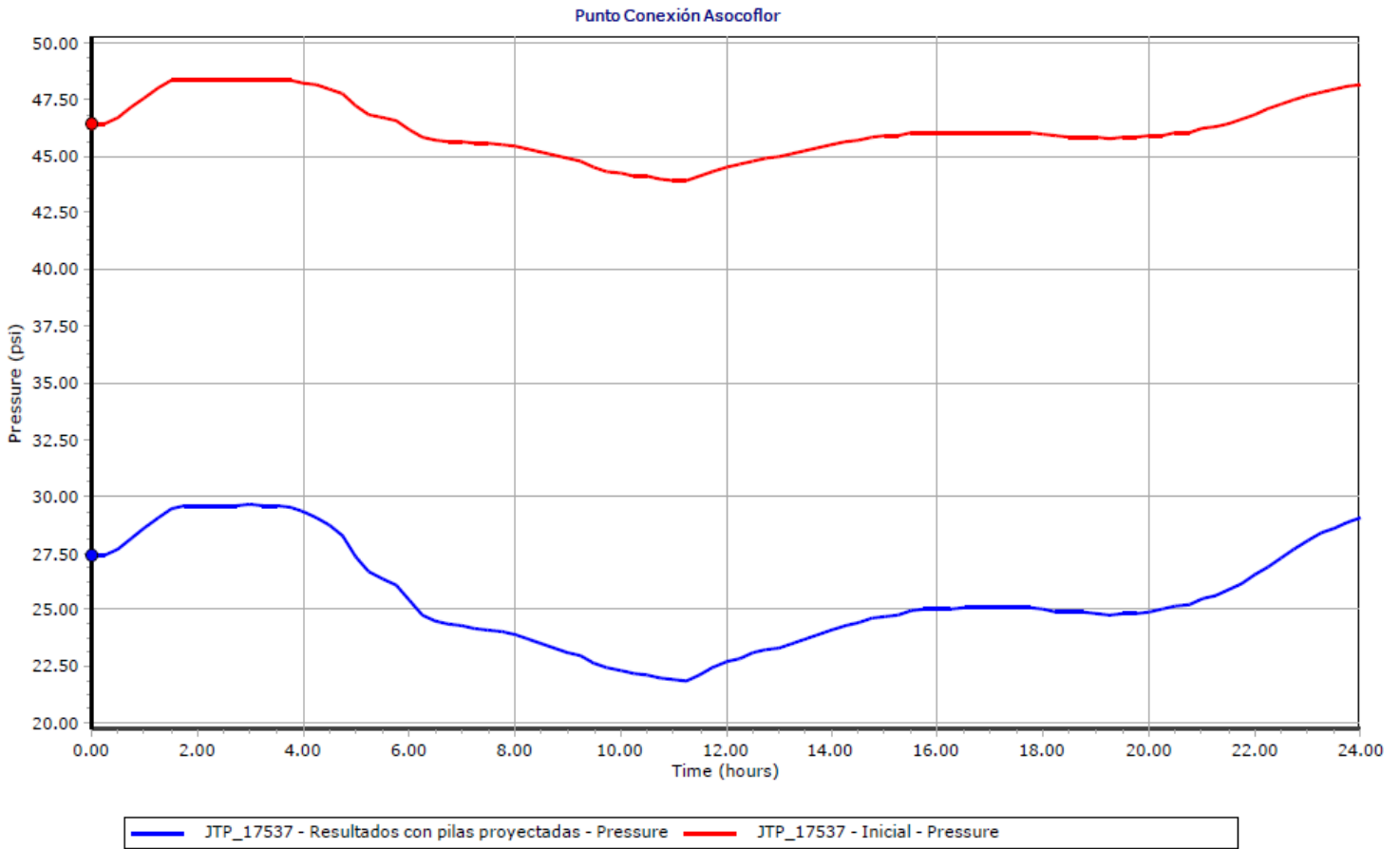
Resolución 0799—2021 | Minvivienda. (s. f.). <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0799-2021>

SEN. Sistema Estadístico Nacional - Colombia. (s. f.). LA INFORMACIÓN DEL DANE EN LA TOMA DE DECISIONES DE LAS CIUDADES CAPITALES.

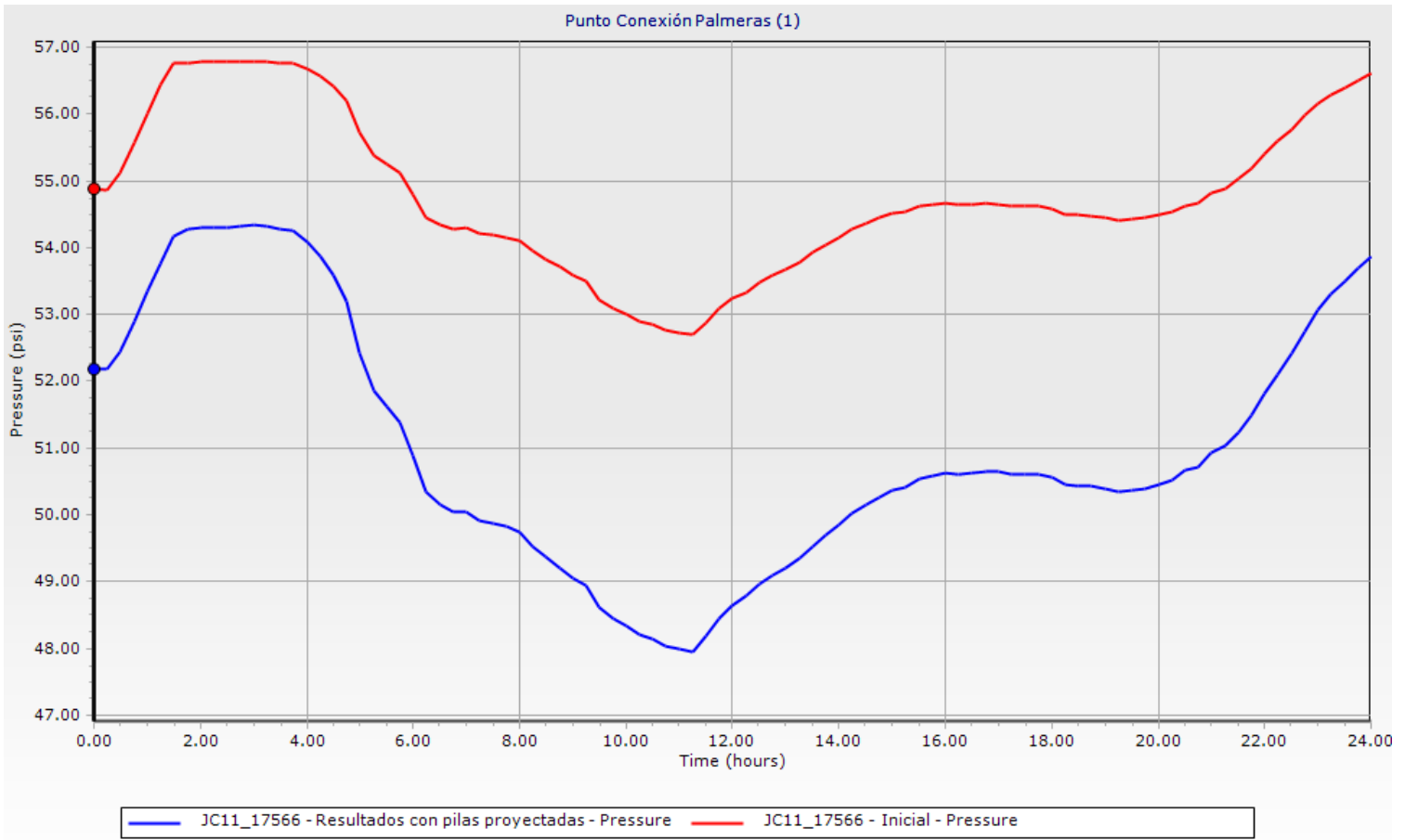
Glosario | Minvivienda. (s. f.). <https://minvivienda.gov.co/atencion-la-ciudadania/glosario?page=4>

Apéndices

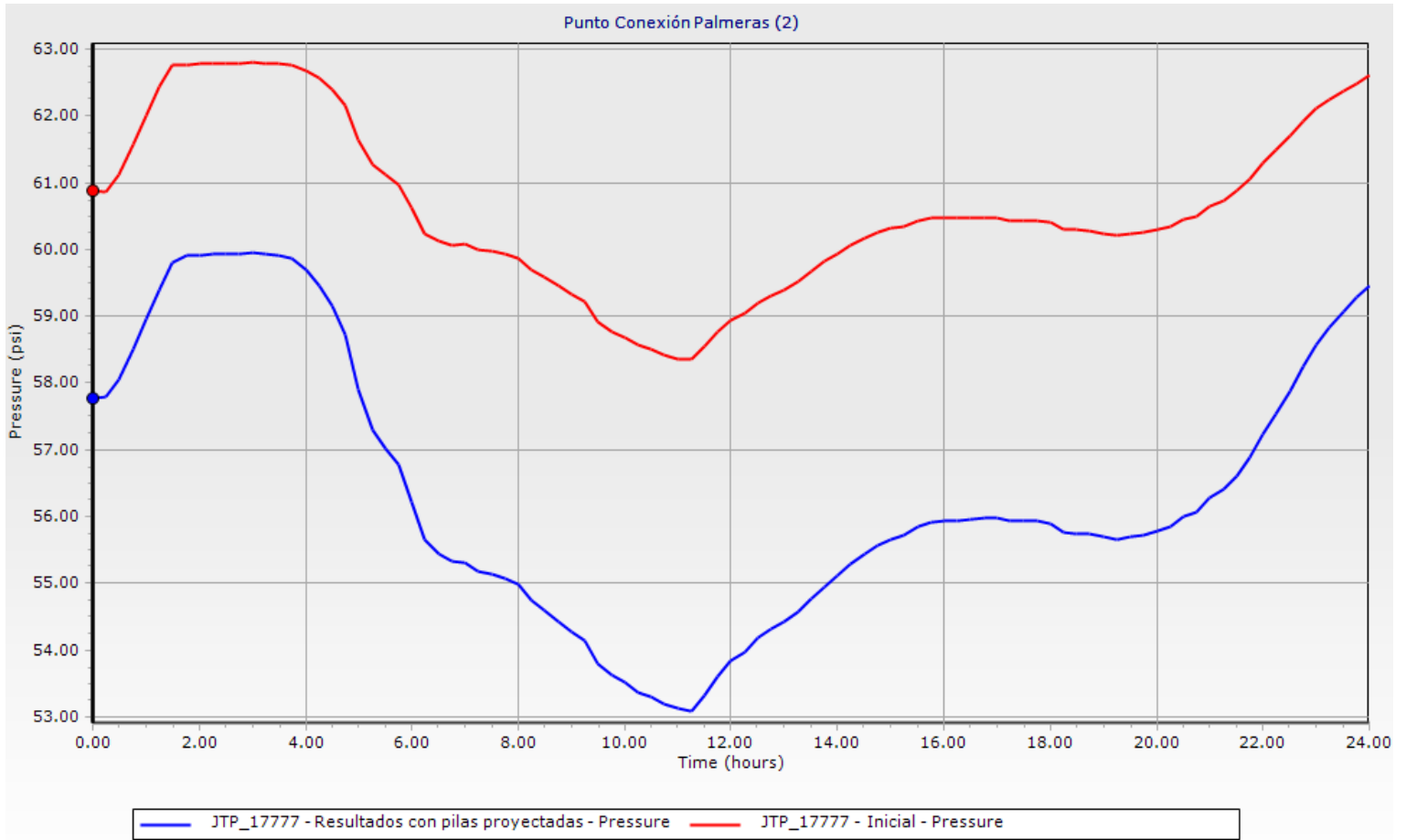
Apéndice A. Gráfica de presión en nodo JTP_17537 antes y después de incluir la red del sector Asocoflor.



Apéndice B. Gráfica de presión en nodo JC11_17566 antes y después de incluir la red del sector Palmeras II.

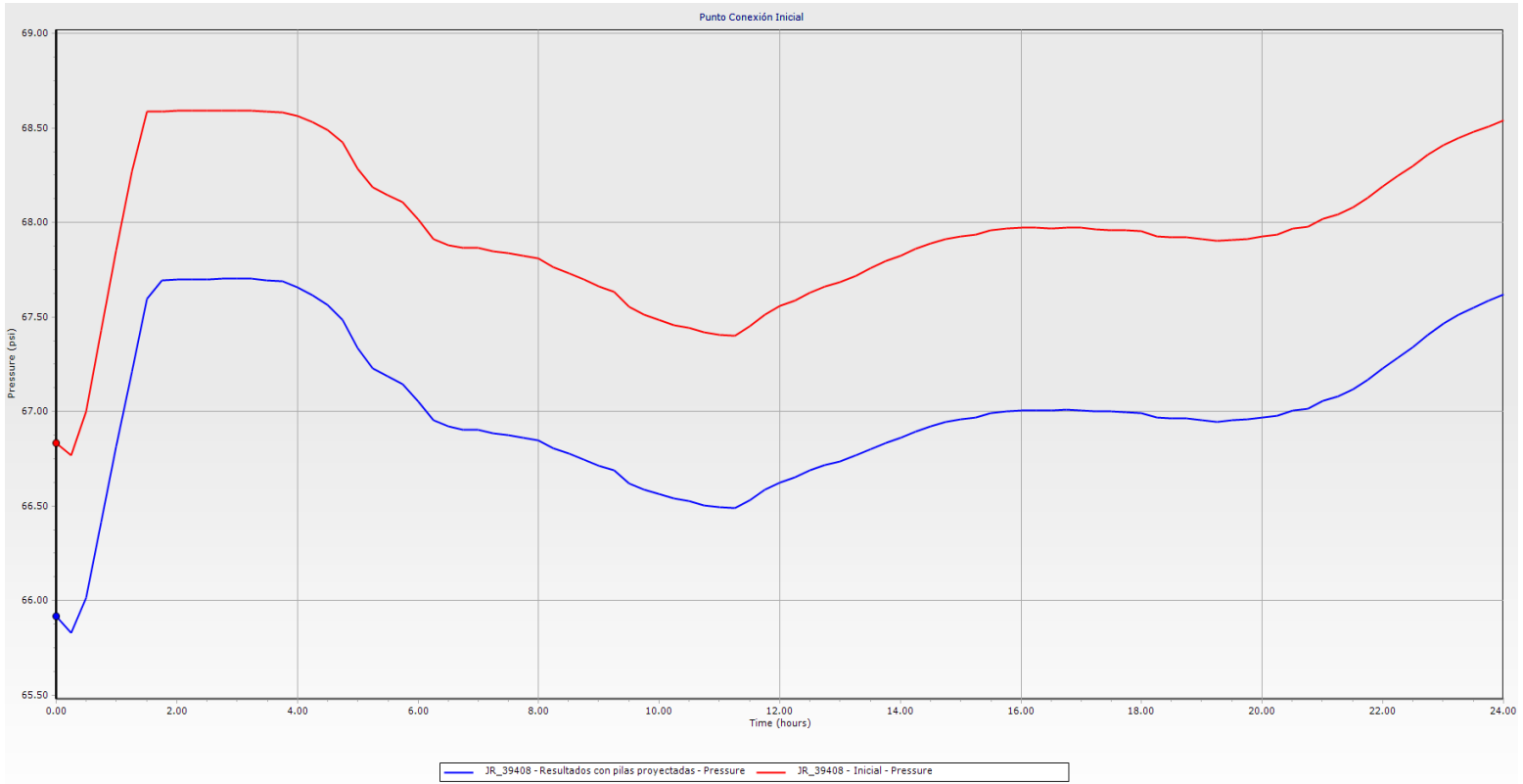


Apéndice C. Gráfica de presión en nodo JTP_17777 antes y después de incluir la red del sector Palmeras II.



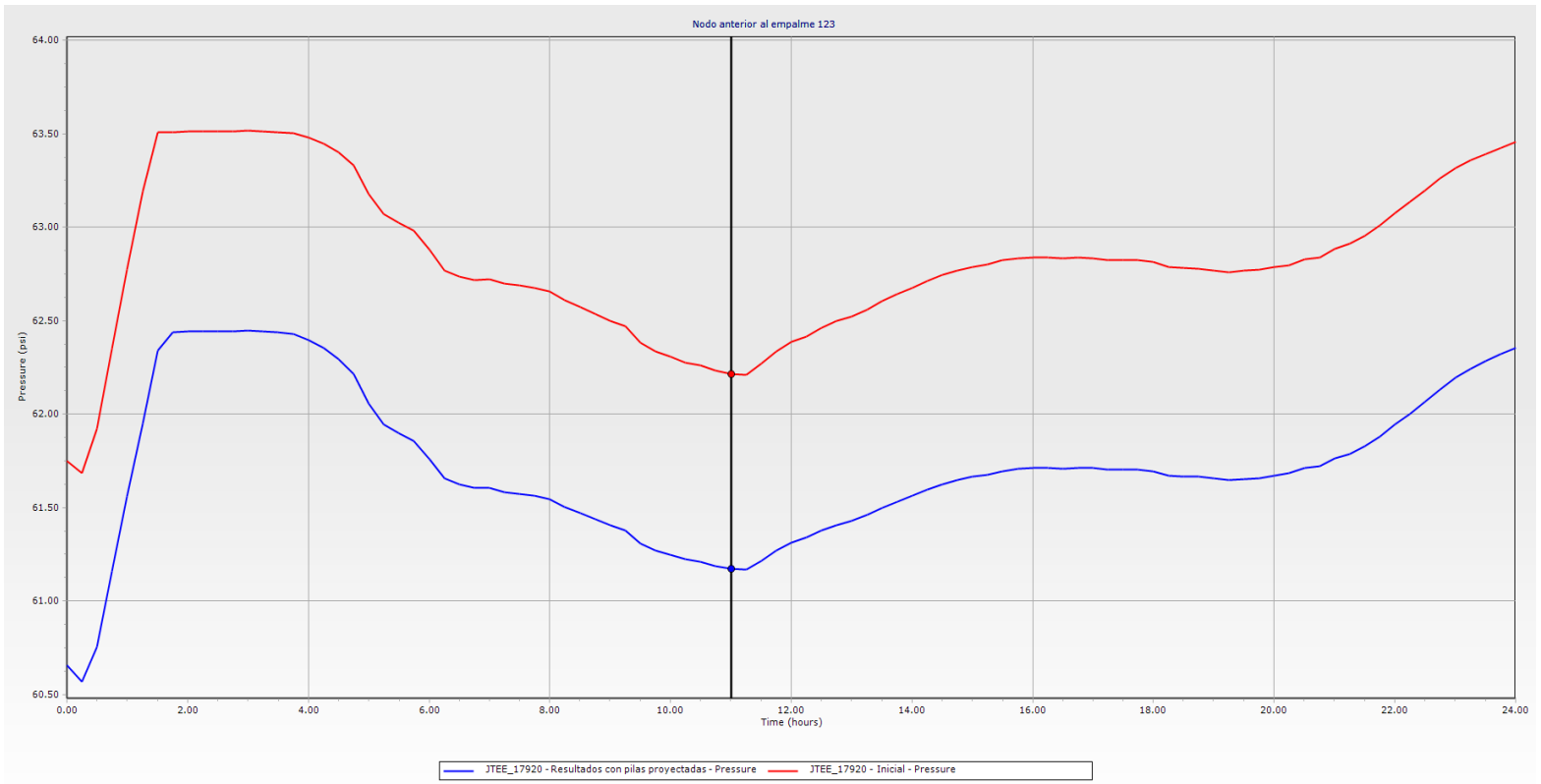
Apéndice D. Gráfica de presión en nodo JR_39408 antes y después de incluir la red del sector

Asovisur II.

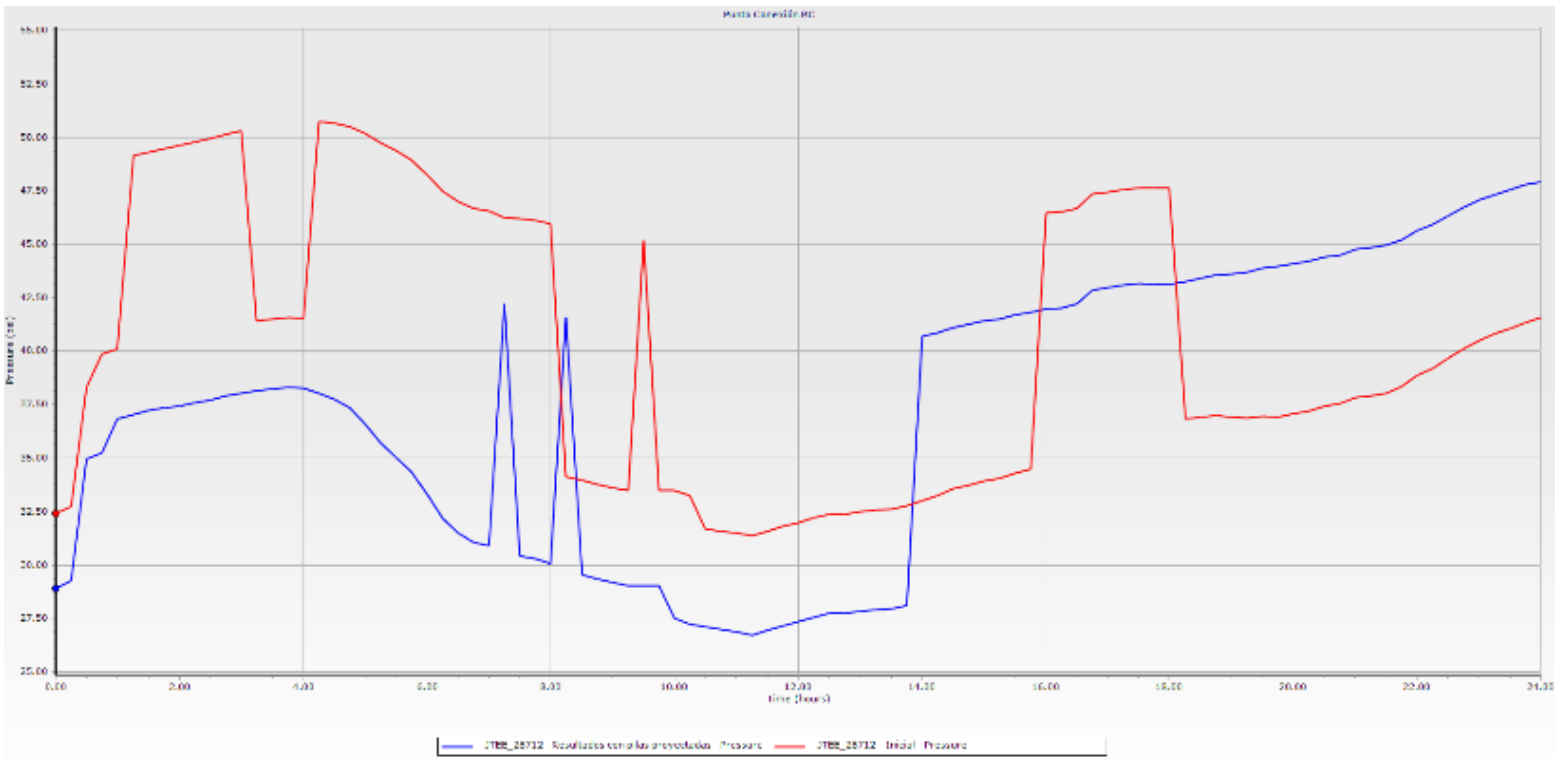


Apéndice E. Gráfica de presión en nodo JTEE_17920 antes y después de incluir la red del sector

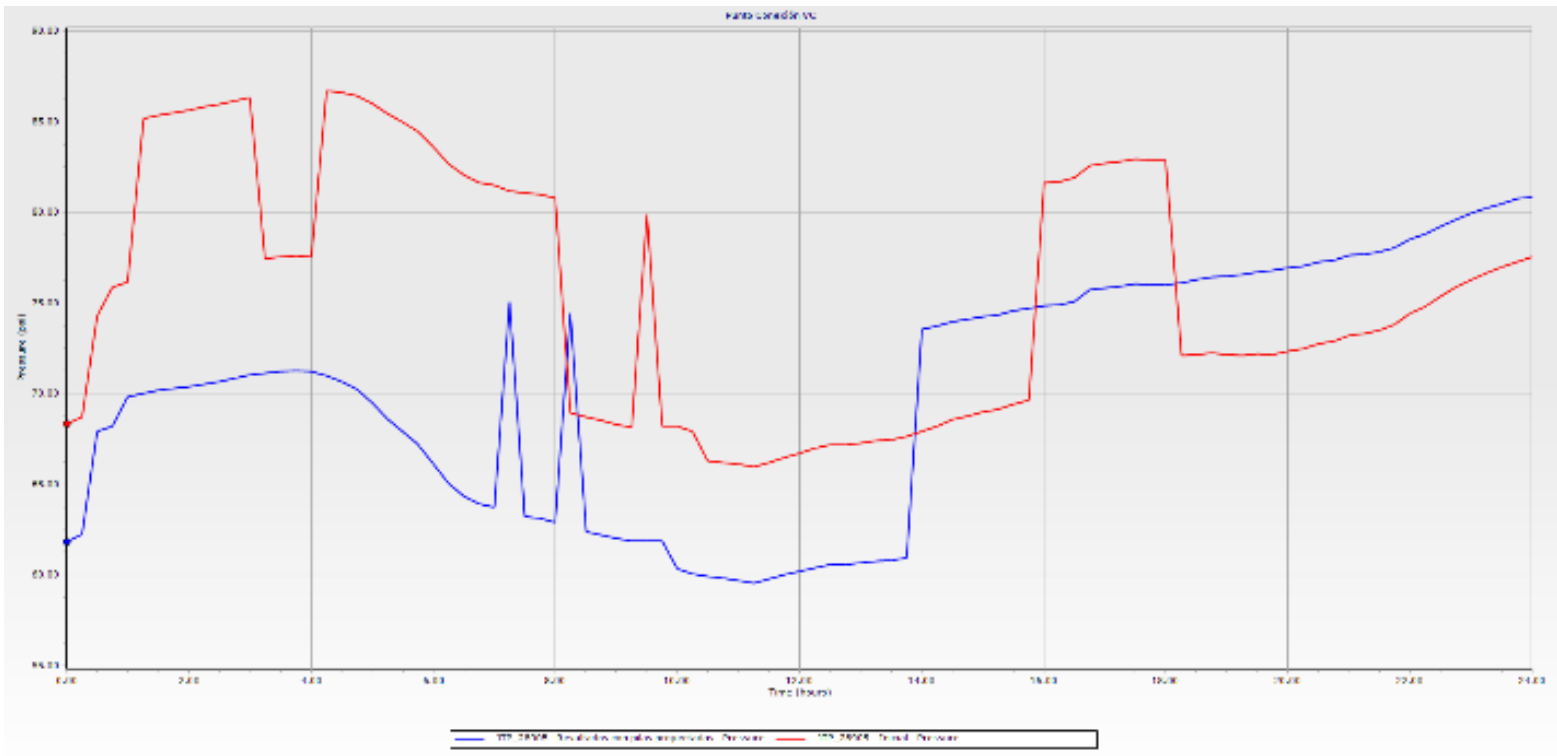
Asovisur II.



Apéndice F. Gráfica de presión en nodo JTEE_28712 antes y después de incluir la red del sector Bellavista Campestre.



Apéndice G. Gráfica de presión en nodo JTP_28905 antes y después de incluir la red del sector Villa del Carmen.



Apéndice H. Planos finales de Diseño.

Documentos adjuntos en carpeta.

Apéndice I. Informe Técnico Final

Documento adjunto en carpeta.