



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Reforzamiento de la red de abastecimiento de agua potable, Red Alta del Centro Histórico, sector 3.1 de la planta El Cebollar de la ciudad de Cuenca.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

ISMAEL JOSUÉ CALDERÓN ALVAREZ

MARLON ANDRES JIMBO CONDO

DIRECTOR:

ING. JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁZQUEZ

CUENCA-ECUADOR

2026

DEDICATORIA

A mis padres, Mario y Blanca, y a mi hermana, Melissa, quienes han sido el pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Gracias por su amor incondicional, por su apoyo constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Todo lo que he logrado es también gracias a ustedes, a sus enseñanzas, sacrificios y confianza.

A mi pareja, mis amigos y mis familiares, quienes han estado presentes a lo largo de este camino, brindándome su compañía, motivación y apoyo en cada desafío. Gracias por las risas, por los consejos y por hacer de este proceso una experiencia más llevadera y significativa.

Calderón Álvarez Ismael Josué

DEDICATORIA

Primero quiero darle gracias a Dios, por guiarme en cada paso de mi vida, darme fortaleza en los momentos más difíciles y bendecirme con la oportunidad de poder culminar esta etapa tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, Nayo y María, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, por su amor incondicional, sacrificio, su apoyo incondicional, por sus enseñanzas que me han guiado a ser una buena persona, y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y perseverancia, este logro también es de ustedes.

A mis hermanos, Mateo y Daniela, por su cariño y apoyo constante. Gracias por motivarme a seguir adelante y acompañarme en toda mi vida personal y académica.

A mis abuelos y demás familiares, por su apoyo y cuidados, por estar siempre pendientes de mi bienestar y mis estudios.

A mi pareja Fernanda, por su amor incondicional, gracias por apoyarme en toda esta etapa de mi vida, por tu comprensión, paciencia y por estar presente en los momentos difíciles motivándome siempre para no rendirme. Gracias por estar a mi lado junto al Rafa, por respaldarme en cada decisión tomada y por ser ese pilar fundamental en mi vida.

Finalmente, quiero agradecer a todos los docentes que me acompañaron durante toda mi formación profesional, y especialmente a mi tutor de tesis Josué Larriva, gracias por su guía, conocimientos, paciencia y su apoyo académico brindado durante el desarrollo de este trabajo.

Jimbo Condo Marlon Andres

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay por habernos brindado una formación sólida, así como por proporcionarnos el entorno académico y los recursos necesarios para culminar esta etapa de nuestra formación profesional.

Expresamos un profundo y sincero agradecimiento al Ing. Josué Larriva, quien, en su rol de tutor, fue una guía constante a lo largo de todo este proceso. Su paciencia, dedicación y compromiso, reflejados en su disposición para orientarnos en cualquier momento, sin importar la fecha o la hora, marcaron una diferencia significativa en el desarrollo de este trabajo. Su respaldo no solo fue clave en el ámbito técnico, sino también en lo personal, motivándonos a dar lo mejor en cada etapa hasta lograr la culminación de este proyecto.

De igual forma, extendemos nuestro agradecimiento a la Ing. Belén Arévalo, miembro del tribunal evaluador, por sus observaciones y recomendaciones, las cuales aportaron significativamente a la mejora del contenido y la calidad de esta investigación.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional durante toda nuestra formación académica, por su comprensión y motivación constante, que fueron un pilar importante para alcanzar este objetivo.

A nuestros amigos y compañeros, con quienes compartimos esta etapa llena de aprendizajes, desafíos y experiencias que marcaron nuestro crecimiento personal y profesional.

Finalmente, agradecemos a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento hidráulico y proponer la optimización de la red de abastecimiento de agua potable correspondiente al Sector 3.1, perteneciente a la Red Alta del Centro Histórico abastecida desde de la planta El Cebollar, en la ciudad de Cuenca. A partir de información técnica proporcionada por ETAPA EP y mediante la elaboración de un modelo hidráulico en el software WaterGEMS, se identificaron tramos de tubería con falta de capacidad y presiones inadecuadas en distintos puntos de la red, especialmente bajo condiciones de demanda proyectadas al año 2050.

Como parte del proceso de optimización, se plantearon soluciones técnicas orientadas a mejorar el desempeño hidráulico del sistema, incluyendo la modificación de diámetros en tramos críticos, la implementación de válvulas reductoras de presión y la sectorización de la red mediante el cierre estratégico de válvulas. Estas intervenciones permitieron reducir las pérdidas de carga, mejorar las presiones de servicio y garantizar el cumplimiento de los criterios establecidos en las normas nacionales, asegurando así un funcionamiento eficiente y confiable frente al crecimiento futuro de la demanda.

Palabras clave: Agua potable, red de distribución, modelación hidráulica, optimización, sectorización hidráulica.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the hydraulic performance and propose the optimization of the potable water distribution network corresponding to Sector 3.1, part of the High Network of the Historic Center supplied by the El Cebollar treatment plant in the city of Cuenca. Based on technical data provided by ETAPA EP and through the development of a hydraulic model using WaterGEMS software, system deficiencies were identified, including excessive head losses and inadequate pressure levels at various points in the network, particularly under projected demand conditions for the year 2050.

As part of the optimization process, technical solutions were proposed to improve the system's hydraulic performance, including pipe diameter adjustments in critical sections, the implementation of pressure reducing valves (PRVs), and network sectorization through strategic valve closures. These measures allowed for a reduction in head losses, stabilization of pressure levels, and compliance with the criteria established in the national standards, ensuring an efficient and reliable water supply under future demand scenarios.

Keywords: Drinking water, distribution network, head, hydraulic modeling, optimization, hydraulic sectorization.

INDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iv |
| RESUMEN..... | v |
| ABSTRACT..... | vi |
| INDICE DE CONTENIDOS..... | vii |
| INDICE DE TABLAS..... | xii |
| INDICE DE FIGURAS..... | xiii |
| INDICE DE ANEXOS..... | xv |
| Introducción..... | 1 |
| Antecedentes..... | 2 |
| Problemática y justificación..... | 3 |
| Alcance..... | 5 |
| Objetivos..... | 5 |
| Objetivo general..... | 5 |
| Objetivos específicos..... | 5 |
| Metodología..... | 6 |
| 1. CAPÍTULO I: Levantamiento de Información Técnica de la Red de Agua Potable Basado en Datos de ETAPA EP..... | 9 |
| 1.1 Información preliminar..... | 9 |
| 1.1.1 Ubicación de la zona de estudio..... | 9 |
| 1.1.2 Levantamiento de información (actividad comercial y servicios)..... | 10 |
| 1.1.3 Abastecimiento de la red..... | 15 |

| | | |
|-------|--|----|
| 1.2 | Conceptos generales | 15 |
| 1.2.1 | Ecuación de la continuidad..... | 16 |
| 1.2.2 | Ecuación de Darcy-Weisbach..... | 17 |
| 1.2.3 | Ecuación de la Energía de Bernoulli | 17 |
| 1.3 | Normativa | 18 |
| 1.3.1 | Pérdidas de carga..... | 18 |
| 1.3.2 | Presiones máximas y mínimas..... | 18 |
| 1.3.3 | Material para tuberías | 18 |
| 1.3.4 | Diámetros | 19 |
| 1.3.5 | Velocidades | 20 |
| 1.4 | Componentes de la línea de conducción del sistema..... | 20 |
| 1.4.1 | Tuberías | 20 |
| 1.4.2 | Tanques de Almacenamiento..... | 20 |
| 1.4.3 | Válvulas | 20 |
| 1.4.4 | Cámara rompe presiones | 21 |
| 1.4.5 | Accesorios | 21 |
| 2. | CAPÍTULO II: Modelación Hidráulica y Análisis de Operatividad de la Red..... | 22 |
| 2.1 | Modelación Hidráulica de la Red | 22 |
| 2.2 | Información básica de la modelación de la red de abastecimiento..... | 22 |
| 2.2.1 | Diámetros empleados | 22 |
| 2.2.2 | Material de las tuberías..... | 23 |
| 2.3 | Parámetros para la evolución operativa de la red. | 24 |
| 2.4 | Evaluación Operativa de la red..... | 24 |
| 2.5 | Evaluación Operativa de la red para el año 2025 | 25 |
| 2.5.1 | Evaluación de velocidades..... | 25 |

| | |
|--|----|
| 2.5.2 Evaluación de pérdidas de carga | 26 |
| 2.5.3 Evaluación de presiones | 27 |
| 2.6 Evaluación Operativa de la red para el año 2050 | 28 |
| 2.6.1 Evaluación de velocidades..... | 28 |
| 2.6.2 Evaluación de pérdidas de carga | 29 |
| 2.6.3 Evaluación de presiones | 30 |
| 2.7 Comparación de los resultados de evaluación operativa de la red | 31 |
| 3. CAPÍTULO III: Propuestas de Optimización y Refuerzo para el mejoramiento de la Red de Abastecimiento..... | 33 |
| 3.1 Identificación de tramos de tubería con deficiencias..... | 33 |
| 3.2 Modificación del Modelo Hidráulico (Optimización de Pérdidas de Carga y Diámetros) | 38 |
| 3.3 Resultados de la Optimización para reducir las Pérdidas de Carga | 42 |
| 3.4 Modificación del Modelo Hidráulico (Optimización de Presiones)..... | 44 |
| 3.5 Resultados de Optimización Provisional para Reducción de Presiones..... | 47 |
| 3.5.1 Revisión del Modelo Hidráulico tras la implementación de la válvula Rompe Presiones | 48 |
| 3.5.2 Re-optimización del Modelo Hidráulico por pérdidas de carga..... | 50 |
| 3.6 Resultados de la optimización: diámetros, pérdidas de carga y presiones | 54 |
| 3.7 Propuesta Técnica de Reforzamiento de la Red | 56 |
| 3.7.1 Aumento de diámetros de tuberías existentes | 56 |
| 3.7.2 Implementación de una válvula reductora de presión | 62 |

| | |
|--|----|
| Conclusiones..... | 64 |
| Recomendaciones | 65 |
| Bibliografía..... | 66 |
| ANEXOS..... | 68 |
| Anexo 1. Levantamiento de información comercial y de servicios en la zona de estudio. 68 | |
| Anexo 2. Perdidas de carga en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 70 |
| Anexo 3. Presiones en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 70 |
| Anexo 4. Diámetros de tubería en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 71 |
| Anexo 5. Ubicación de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 71 |
| Anexo 6. Perdidas de carga en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 72 |
| Anexo 7. Presiones en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 72 |
| Anexo 8. Diámetros de tubería en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 72 |
| Anexo 9. Ubicación de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 73 |
| Anexo 10. Tabla General de Nodos en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 73 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 11. Tabla General de Tuberías en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 80 |
| Anexo 12. Tabla General de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 89 |
| Anexo 13. Tabla General de Nodos en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 89 |
| Anexo 14. Tabla General de Tuberías en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 96 |
| Anexo 15. Tabla General de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 105 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1. Tabla de levantamiento de información de actividad comercial y servicios. | 11 |
| Tabla 1.2. Coeficientes de pérdida “C” para la fórmula de Hazen Williams. | 18 |
| Tabla 1.3. Normativa para materiales de tuberías. | 19 |
| Tabla 2.1 Material de Tuberías. | 23 |
| Tabla 2.2 Factores utilizados por ETAPA EP. | 24 |
| Tabla 2.3 Proyección ETAPA – Sector 3.1 Planta El Cebollar. | 24 |
| Tabla 2.4 Comparación de resultados de evaluación operativa de la red. | 31 |
| Tabla 3.1 Tuberías que exceden la pérdida de carga permitida (Norma CO 10.07-601). | 34 |
| Tabla 3.2 Optimización de diámetros en tramos críticos de la red de distribución. | 39 |
| Tabla 3.3 Ubicación preliminar de válvula reductora de presión (PRV) propuesta para el control de presiones en el sector 3.1 Planta El Cebollar. | 44 |
| Tabla 3.4 Tramos con las válvulas cerradas para control de flujo. | 46 |
| Tabla 3.5 Tuberías con pérdidas de carga mayores a 12 m/km. | 49 |
| Tabla 3.6 Tramos modificados para re-optimización. | 52 |
| Tabla 3.7 Tramos de tuberías a cambiar con sus respectivos diámetros. | 57 |
| Tabla 3.8 Longitudes de tubería por diámetro y material. | 62 |
| Tabla 3.9 Detallado para la ubicación de PRV. | 62 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1. Delimitación planimétrica del sector 3.1 de la planta de tratamiento El Cebollar. | 9 |
| Figura 1.2. Mapa de Tuberías, Sector 3.1 de la planta El Cebollar. | 10 |
| Figura 1.3. Restaurantes del sector. | 13 |
| Figura 1.4. Consultorios, clínicas odontológicas, psicológicas y laboratorios clínicos. | 13 |
| Figura 1.5. Consultorios, clínicas odontológicas, psicológicas y laboratorios clínicos. | 14 |
| Figura 1.6. Negocios varios. | 14 |
| Figura 1.7. Centros Educativos. | 14 |
| Figura 1.8. Gym y belleza. | 15 |
| Figura 1.9. Hospedaje, hoteles y hostales. | 15 |
| Figura 2.1 Diámetros y longitudes de las tuberías empleadas en el sector. | 23 |
| Figura 2.2 Velocidades en la red en el año 2025. | 26 |
| Figura 2.3 Pérdidas de carga en el año 2025. | 27 |
| Figura 2.4 Variación de presiones dinámicas en la red en el año 2025. | 28 |
| Figura 2.5 Velocidad en la red en el año 2050. | 29 |
| Figura 2.6 Pérdidas de carga en la red en el año 2050. | 30 |
| Figura 2.7 Variación de presiones dinámicas en la red en el año 2050. | 30 |
| Figura 3.1 Comparación de diámetros antes y después de la optimización en el Sector 3.1 Planta El Cebollar. | 42 |
| Figura 3.2 Comparación de pérdidas de carga antes y después de la optimización de diámetros en el sector 3.1 Planta El Cebollar. | 43 |
| Figura 3.3 Ubicación propuesta de la válvula reductora de presión en el modelo hidráulico. | 45 |
| Figura 3.4 Válvulas cerradas para control de flujo. | 47 |
| Figura 3.5 Comparación de presiones en la red: Escenario 2050 original vs 2050 optimizado con válvulas reductoras de presión. | 48 |
| Figura 3.6 Pérdidas de carga tras instalación de la PRV. | 49 |
| Figura 3.7 Pérdidas de carga tras el corte de flujo en la Calle Antonio Vallejo entre Calle del Chorro y Calle Coronel Francisco Calderón. | 51 |
| Figura 3.8 Tramos con cambios de diámetro de tuberías. | 52 |
| Figura 3.9 Pérdidas de carga corregidas. | 54 |
| Figura 3.10 Comparación de diámetros antes y después de la optimización. | 55 |

Figura 3.11 Comparación de pérdidas de carga antes y después de la optimización..... 55

Figura 3.12 Comparación de presión en nodos antes y después de la optimización..... 56

INDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Levantamiento de información comercial y de servicios en la zona de estudio. | |
| 68 | |
| Anexo 2. Perdidas de carga en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 70 |
| Anexo 3. Presiones en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 70 |
| Anexo 4. Diámetros de tubería en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 71 |
| Anexo 5. Ubicación de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 71 |
| Anexo 6. Perdidas de carga en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 72 |
| Anexo 7. Presiones en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 72 |
| Anexo 8. Diámetros de tubería en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 72 |
| Anexo 9. Ubicación de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 73 |
| Anexo 10. Tabla General de Nodos en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 73 |
| Anexo 11. Tabla General de Tuberías en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 80 |
| Anexo 12. Tabla General de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar. | 89 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 13. Tabla General de Nodos en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 89 |
| Anexo 14. Tabla General de Tuberías en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 96 |
| Anexo 15. Tabla General de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado. | 105 |

Introducción

El abastecimiento de agua potable en la ciudad de Cuenca representa un elemento clave para garantizar el desarrollo sostenible de sus habitantes. Disponer de un suministro continuo y eficiente es necesario para mejorar la calidad de vida de la población, además de ser indispensable para que las actividades productivas y la prestación de bienes y servicios puedan llevarse a cabo de manera adecuada.

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador (2008), en su artículo 12, reconoce al agua como un derecho humano fundamental e irrenunciable, además de ser considerada como un patrimonio nacional estratégico de uso público.

El presente trabajo de titulación se enfoca en la optimización hidráulica y reforzamiento de la red de abastecimiento de agua potable denominada red alta del Centro Histórico, sector 3.1 de la planta El Cebollar.

El análisis preliminar mostró que, para el año 2050, la red podría enfrentar varias limitaciones operativas. Entre las más relevantes se identificaron pérdidas de carga sobre el valor establecido en la normativa y presiones demasiado altas en las zonas más bajas del sistema. De mantenerse estas condiciones, la eficiencia y la seguridad del suministro podrían verse afectadas tanto a mediano como a largo plazo.

Para enfrentar esta problemática, se llevó a cabo un análisis hidráulico utilizando el software WATERGEMS. A partir de los resultados obtenidos, se planteó una propuesta de mejora que incluye el ajuste de los diámetros de ciertas tuberías y la colocación estratégica de válvulas reductoras de presión (PRV) para regular el funcionamiento de la red.

El alcance de este estudio comprende el levantamiento y análisis de las condiciones actuales del sistema, la proyección de la demanda futura, la simulación de diferentes escenarios y el planteamiento de soluciones técnicas que permitan garantizar el cumplimiento de los criterios normativos de presión, caudal y pérdidas de carga.

La estructura del documento se organiza en cuatro capítulos principales. El primero presenta el marco conceptual y los fundamentos teóricos. El segundo detalla la simulación hidráulica en las condiciones actuales y futuras. El tercer capítulo desarrolla el diagnóstico, la identificación de problemas y las propuestas de reforzamiento.

Finalmente, el cuarto capítulo expone las conclusiones alcanzadas y las recomendaciones orientadas a la implementación de las mejoras planteadas.

Antecedentes

“Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (Naciones Unidas Ecuador, 2025), es un objetivo de desarrollo sostenible que se encuentra vigente, no solo en Ecuador, sino a nivel mundial. Para cumplir con este objetivo, es necesario que la infraestructura para el abastecimiento de agua potable sea eficiente y de buena calidad.

El acceso al agua potable y saneamiento es un derecho al que todos deben acceder. “La falta de acceso a este derecho repercute principalmente en la salud de los niños” (UNICEF Ecuador, 2017). Sin un servicio de calidad, los niños, que son la población más vulnerable, se vieran afectados tanto en su salud como en su desempeño a nivel educativo, ya que afecta directamente a su desarrollo cognitivo y asistencia escolar.

Según la Organización Mundial de la Salud (2023), “la mejora del abastecimiento, el saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a reducir la pobreza”. Esto nos indica que la buena calidad del servicio de abastecimiento de agua potable no influye solo a nivel social, sino también a nivel económico.

Según Haro-Terán (2024), “el camino hacia el reconocimiento del derecho al agua implica una labor constante, que busca establecer su justificación como un derecho independiente o como un componente esencial para el disfrute de otros derechos fundamentales, siendo crucial para llevar una vida digna”.

En este contexto, la Empresa Pública de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA EP) es la institución encargada de administrar y garantizar el correcto servicio para la distribución de agua potable en Cuenca, el cual es considerado un derecho fundamental para la ciudadanía. Esta entidad, además de su papel local, ha logrado importantes reconocimientos a nivel internacional y su labor está orientada en base a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) impulsados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cuyo objetivo es garantizar el acceso universal y equitativo al agua potable y a los servicios de saneamiento.

En la ciudad de Cuenca, la Empresa Pública de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA EP) es la institución responsable de administrar el sistema de agua potable. Hace algunos años, la entidad diseñó y puso en funcionamiento una red de distribución destinada a cubrir los requerimientos del sector 3.1, correspondiente a la Red Alta del Centro Histórico, el cual, en ese entonces, presentaba una menor concentración de habitantes y una demanda de agua significativamente más baja. No obstante, el crecimiento constante de la ciudad, tanto por el aumento de la población como por la expansión de la actividad comercial, ha sobrepasado la capacidad inicial de dicha red, provocando disminuciones de presión y deficiencias en el abastecimiento, especialmente durante los periodos de mayor consumo.

Actualmente, la ciudad dispone de una cobertura de agua potable que alcanza el 98 % en el área urbana y el 94 % en el sector rural. Asimismo, la plena vigencia de los Planes Maestros de agua potable y alcantarillado garantiza la provisión continua de estos servicios, asegurando su abastecimiento hasta el año 2030 (Gordillo & Proaño, 2024).

Problemática y justificación

La problemática surge debido a que la red existente no fue diseñada para satisfacer los niveles excedentes de demanda debido al aumento acelerado de la población. La red de distribución de agua potable en análisis posee una gran relevancia en la ciudad de Cuenca, ya que suministra a una parte significativa del Centro Histórico. El área de estudio presenta una concentración importante de infraestructura y servicios clave, como instituciones educativas, establecimientos de salud, restaurantes, gimnasios, ferreterías, tiendas y servicios de hospedaje, cuya operación depende de un suministro confiable de agua potable. El levantamiento de información efectuado en el sector confirma el nivel de desarrollo y actividad que allí se concentra, lo que incrementa la demanda hídrica y la sensibilidad del sistema ante variaciones de presión. Estas deficiencias en la red se evidencian principalmente en la disminución de la presión durante los periodos de mayor consumo, lo cual ocasiona interrupciones en el suministro del servicio. Esta situación compromete la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes de este sector y también repercute en la actividad comercial, especialmente en los establecimientos cuya operatividad depende directamente del agua.

Según los resultados del análisis hidráulico, la red muestra pérdidas de carga superiores a lo recomendado, lo que provoca bajos niveles de presión en distintos tramos del sistema. Esta situación afecta no solo a las viviendas, sino también a los negocios y servicios que requieren agua de manera constante para poder operar adecuadamente.

El crecimiento continuo de la ciudad aumenta la presión sobre la infraestructura, lo que demuestra que la red diseñada bajo condiciones previas ya no responde a los requerimientos actuales. Esta situación queda evidenciada en los resultados de la modelación operativa del presente estudio. En correspondencia con los lineamientos del ODS 6, que busca garantizar el acceso universal y equitativo al agua potable (Naciones Unidas Ecuador, 2025), se identifica la necesidad urgente de implementar intervenciones técnicas de reforzamiento que aseguren la capacidad operativa del sistema frente a la demanda actual y proyectada.

En el proceso de diseño de las conducciones es fundamental garantizar la capacidad de transportar los caudales proyectados, incorporando medidas de protección que aseguren la preservación de la calidad del agua, al mismo tiempo que se mantenga la seguridad operativa, la confiabilidad del servicio, la durabilidad de la infraestructura y la redundancia necesaria para responder ante eventuales contingencias (Paguay Serpa & Vázquez Andrade, 2023).

Una alternativa adecuada para solventar la problemática existente en la red de agua potable del sector consiste en reforzar su sistema de tuberías, lo que implica una ampliación y optimización de la infraestructura existente. Esta acción permitirá incrementar la capacidad de distribución del sistema y, a su vez, mejorar los niveles de presión en los puntos más críticos, lo que garantizaría un abastecimiento continuo. De igual forma, permitiría atender de forma eficiente los picos de consumo que actualmente generan interrupciones en el servicio. Este reforzamiento proporcionaría a la red una estructura más robusta y resiliente, capaz de adaptarse a las crecientes demandas debido al aumento poblacional y de la actividad comercial característica del Centro Histórico de la ciudad.

Alcance

El presente proyecto se circunscribe al diseño técnico para el reforzamiento y optimización hidráulica de la red de distribución de agua potable del Sector 3.1, planta del Cebollar, correspondiente a la Red Alta del Centro Histórico de Cuenca. El estudio abarca la evaluación de la infraestructura mediante procesos de modelación hidráulica para identificar los tramos donde existan problemas por presión o por insuficiencia en la capacidad de conducción de caudal. Se contempla el cálculo de la demanda actual y la proyección de la demanda futura para el año 2050, considerando el crecimiento poblacional y comercial debido a que es una zona céntrica de la ciudad.

La propuesta se limitará a la determinación de nuevos diámetros de tubería, selección de materiales, de la misma manera la ubicación de los accesorios para así garantizar la correcta continuidad del servicio y asegurar que la infraestructura no tenga problemas a futuro haciéndola más robusta y resistente, adaptándola a las necesidades futuras de zona. El acceso al agua potable es esencial para el bienestar y la calidad de vida de los ciudadanos, por lo que se tiene que asegurar la distribución equitativa y eficiente para un correcto desarrollo de la ciudad de Cuenca.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la capacidad actual de la red de abastecimiento de agua potable, Red Alta del Centro Histórico, sector 3.1 Planta del Cebollar de la Ciudad de Cuenca, realizar la modelación hidráulica del sector y, en base a este, proponer medidas de reforzamiento para asegurar un correcto funcionamiento del servicio actual y para un periodo de diseño de 25 años.

Objetivos específicos

- Elaborar el marco teórico y recopilar datos disponibles brindados por ETAPA EP acerca del estado actual de la red de agua potable.
- Realizar la modelación hidráulica con base en los datos recopilados y analizar la situación de la red de agua potable actualmente y a 25 años.
- Proponer alternativas de optimización y reforzamiento de la red de agua potable para asegurar la capacidad de abastecimiento del sistema.

Metodología

Para el desarrollo del presente proyecto de titulación se plantea una secuencia estructurada de actividades, diseñadas de manera lógica y progresiva, que permitirán cumplir de forma integral con los objetivos establecidos.

Se tomará como referencia particularmente la Normativa Co 10.7-602, la cual orienta el dimensionamiento y los parámetros técnicos mínimos que deben cumplir los sistemas en las comunidades rurales. De igual manera se aplicará la Normativa CO 10.7 - 601 para una población de más de 1000 habitantes, esta norma establece criterios de diseño hidráulico, caudales de dotación, presiones mínimas y máximas, así como también los lineamientos para la planificación de redes dependiendo del crecimiento poblacional proyectado.

En una primera fase, se gestionará conjuntamente con la empresa ETAPA EP, la obtención de información indispensable para el estudio del presente proyecto, esta información incluirá: planos actualizados de la red de distribución, registros de caudales y presiones, así como los datos sobre la antigüedad de la misma y el estado actual en el que se encuentra. Esta información es indispensable ya que nos ayudará a comprender el estado real de la infraestructura y constituye la base para el análisis posterior.

Una vez recopilada la información, se procederá al modelado y simulación hidráulica de la red ayudándonos con un software especializado en sistemas de distribución de agua potable, WaterGEMS. El software utilizado dispone herramientas de modelación que optimizan los procesos de construcción, calibración y desarrollo del modelo en diversos escenarios hidráulicos (Limachi Mozo, 2021). En esta fase se presentarán las condiciones actuales de operación, permitiendo así evaluar parámetros de gran relevancia como presiones en los nodos, los caudales que circulan, pérdidas de carga y características geométricas de las tuberías. Esta fase es importante ya que permite entender el comportamiento del sistema frente a la demanda existente.

Posteriormente con los datos obtenidos de la modelación, se identificarán los sectores de la red que presenten deficiencias en el suministro, tales como: bajas presiones, insuficiencia de caudal o fallas en la continuidad del servicio. Estas zonas críticas serán analizadas a detalle con el propósito de plantear alternativas de solución para optimizar su funcionamiento y desempeño.

Una vez localizadas las limitaciones, se realizarán los ajustes pertinentes en la modelación hidráulica, proponiendo mejoras relacionadas al redimensionamiento de tuberías, incorporación de válvulas de control, sectorización de la red o cambios en el esquema de distribución. Cada alternativa será comparada y evaluada en términos técnicos, operativos y de factibilidad, con el fin de seleccionar la opción que garantice un funcionamiento eficiente, sostenible y capaz de responder a la demanda actual como a un crecimiento proyectado de la población.

Esta metodología no solo busca diagnosticar y corregir problemas puntuales en la red, sino también establecer lineamientos técnicos como referencia para la planificación y gestión futura del sistema de agua potable, contribuyendo a un servicio más confiable y de calidad para la comunidad.

| Objetivos Específicos | Actividades | Indicador | Propósito |
|---|--|---|---|
| Elaborar el marco teórico y recopilar datos disponibles brindados por ETAPA EP acerca del estado actual de la red de agua potable. | - Solicitar a la empresa ETAPA EP la información requerida para determinar el estado actual de la red y realizar la proyección para la demanda futura. | - Planos actualizados - Datos de caudales - Presiones - Puntos Críticos - Condiciones actuales de la red. | Recopilar datos técnicos actualizados que sirvan como base para la modelación hidráulica de la red. |
| Realizar la modelación hidráulica con base en los datos recopilados y analizar la situación de la red de agua potable actualmente y a 25 años. | - Realizar la modelación hidráulica mediante el software WATERGEMS. | - Datos actuales a la que está sometida la red: presiones, caudales, diámetros de tuberías, etc. | - Realizar la simulación para verificar las condiciones actuales de la red |
| | - Identificar los puntos críticos de la red donde se requieran mejoras. | - Estado de la red bajo la demanda de abastecimiento actual | - Identificar los puntos que requieren mejoras. |

| | | | |
|---|--|--|---|
| <p>Proponer alternativas de optimización y reforzamiento de la red de agua potable para asegurar la capacidad de abastecimiento del sistema.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Realizar la modelación para una demanda futura con las mejoras propuestas - Comparar alternativas | <ul style="list-style-type: none"> - Asegurar un correcto funcionamiento de la red para el periodo actual y una demanda futura. | <ul style="list-style-type: none"> - Implementar soluciones que garanticen un funcionamiento correcto y eficiente de la red. |
|---|--|--|---|

1. CAPÍTULO I: Levantamiento de Información Técnica de la Red de Agua Potable Basado en Datos de ETAPA EP

1.1 Información preliminar

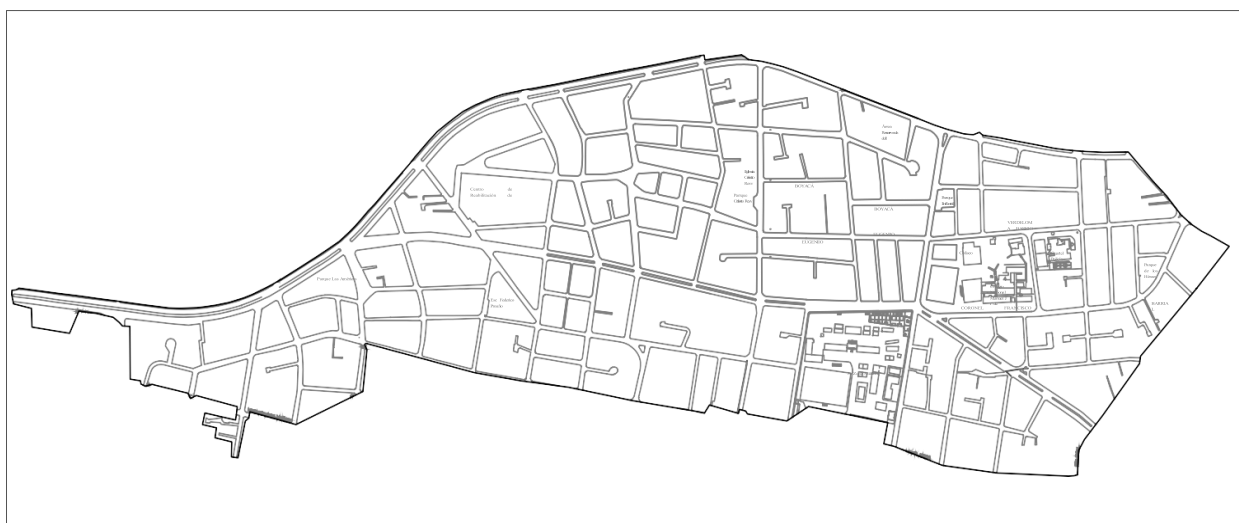
1.1.1 Ubicación de la zona de estudio

La red de abastecimiento de agua potable del sector 3.1 de la planta de tratamiento El Cebollar, también conocida como Red Alta del Centro Histórico, está ubicada en la zona urbana de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. El área considerada para el análisis cuenta con aproximadamente 114,20 hectáreas, conformada por zonas pertenecientes a la parroquia El Vecino. La red está conformada por una infraestructura de conducción principal que suma 63,37 km de tubería instalados, por las cuales se efectúa el suministro.

Su recorrido inicia en el extremo noroeste, desde la planta El Cebollar, y sigue el eje de la Avenida de las Américas hasta conectar con la Avenida Armenillas. Desde allí se dirige hacia el área del Barrial Blanco, extendiéndose posteriormente hasta la calle Rafael María Arizaga, en el límite sur del polígono de estudio.

Luego, la red continúa su trazado por la calle Antonio Vega Muñoz, prosigue por la calle Gaspar Sangurima y asciende nuevamente hacia la Avenida de las Américas mediante la calle Abraham Sarmiento, conformando un circuito cerrado de distribución.

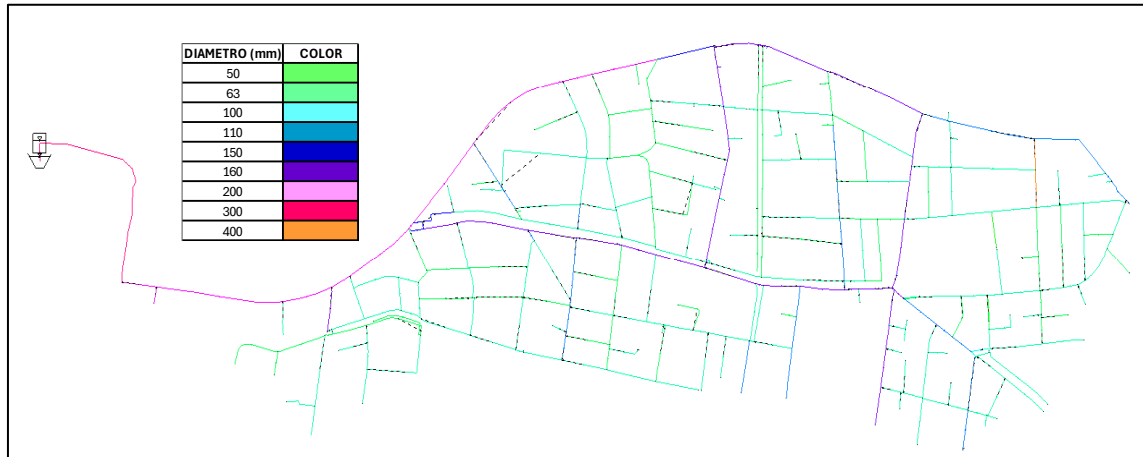
Figura 1.1. Delimitación planimétrica del sector 3.1 de la planta de tratamiento El Cebollar.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1.2 se presenta la red de abastecimiento correspondiente al sector 3.1 junto con sus respectivos diámetros de tuberías. Asimismo, se observa la ubicación del tanque de reserva y la red principal del sistema encargada del suministro del servicio para toda esta área.

Figura 1.2. Mapa de Tuberías, Sector 3.1 de la planta El Cebollar.



Fuente: Elaboración Propia.

1.1.2 Levantamiento de información (actividad comercial y servicios)

La tabla 1.1 presenta un resumen del levantamiento de información realizado en la zona de estudio. En ella se incluyen diversos establecimientos como restaurantes, gimnasios, ferreterías, tiendas comerciales, servicios de hospedaje y otros negocios relevantes presentes en el sector.

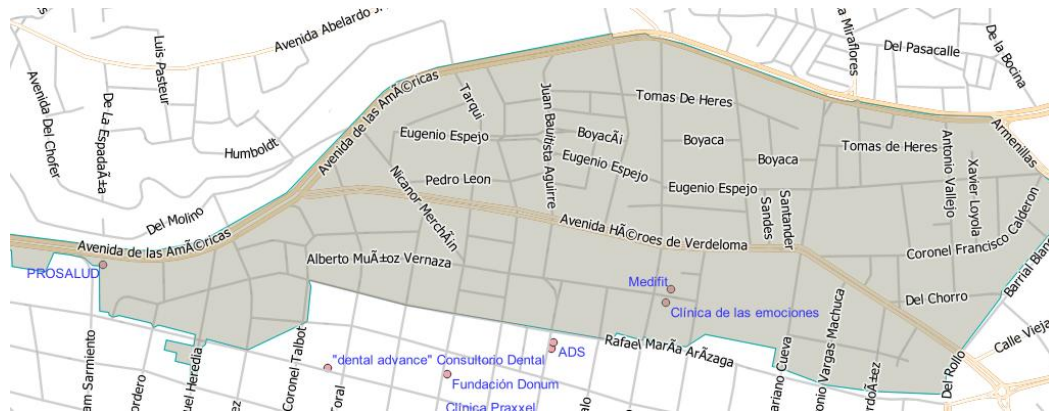
Tabla 1.1. Tabla de levantamiento de información de actividad comercial y servicios.

| Restaurantes | Consultorios, clínicas odontológicas, psicológicas y laboratorios clínicos | Centros Educativos | Gym y belleza | Hospedaje, hoteles y hostales | Negocios varios, tiendas, ferreterías |
|---|---|---|---|--|--|
| El broster de Gokú Viko al carbón El aula del buen sabor Ya que chuzo Family Pizza Crazy Food Botánico El Homero Cuenca Yummy Cybemet Patrick Donuts Los Picantes de Leo Salsa verde La embajada manabita Pergola Villaclara Hamburguesas Mezza Luna El secreto del volcán Delicias Verito Casa Nostra The Big Bite Pollos de la Remigio Rancho Dorado Handanick Pollo Volador | Prodentec Borealis Dental K Go Dental PROSALUD Medifit Clinica de las emociones Centro de Salud N2 Medifit San Art Consultorio Médico Lema Benavides | Federico Proaño Manuel J Calle Escuela España Home School Nuevo Milenio Alberto Andrade Arizaga Cristo Rey San Pedro Nolasco Luna de Cristal | Fitness Tech Vintage Barber Shop Eleva Granada Fit d'Anny Gia Salamea Le confident Force Gym Elys Beauty Estética Boyer Mary Belleza Natural | Alta Vista Americano San Antonio Kuna Blue Door Housing Historic Cuenca | Los Búhos Almacén Américas Groserly Las Américas Proserauto AMP Motors Auto Siglo Megautos ImporAuto Autopro Minimarket MC JS CrediAuto Juan Serrano Auto Tati Bermeo Tienda Doña Tere Jeff's Market Minimarket Su Kasita Autocomercio Luzuriaga Automagico Detail Studio Talleres Auquilla E hijos Auto Total El Ahorro |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|
| <p>Boca de mar Martina's Pizzeria Shogun La probadita Cosum Marisquería Don Santi Picantería Tania El tiburón Delicias caseras Chuzos de la héroes</p> | | | | | <p>Tienda Boyaca San Marco Ferretería Mecánica Duran Librería L.C Automotores Yuquilema Cobijar Bety's Mini Mercado Forros y tapicería Medina La Casita Market My Market Charly Servicio Automovil Molina Maderas El Vecino Calle Ferretería Glazzman Ferricons</p> |
|--|--|--|--|--|---|

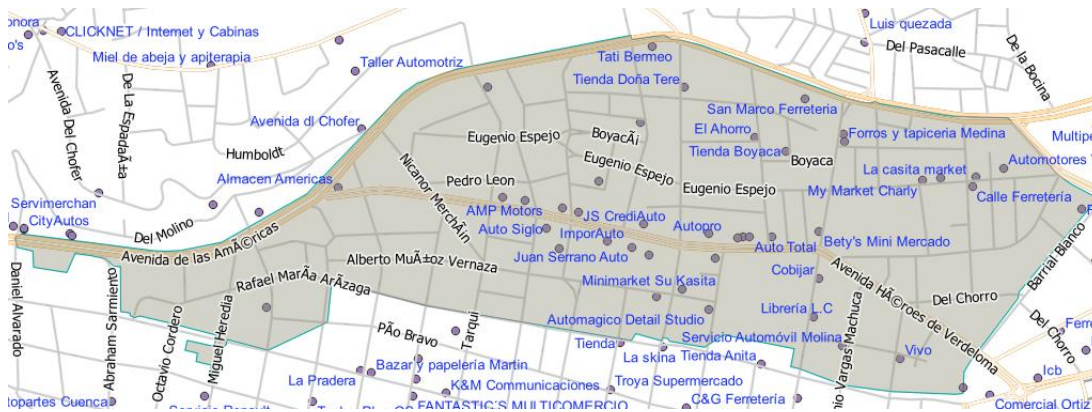
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 1.5. Consultorios, clínicas odontológicas, psicológicas y laboratorios clínicos.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 1.6. Negocios varios.



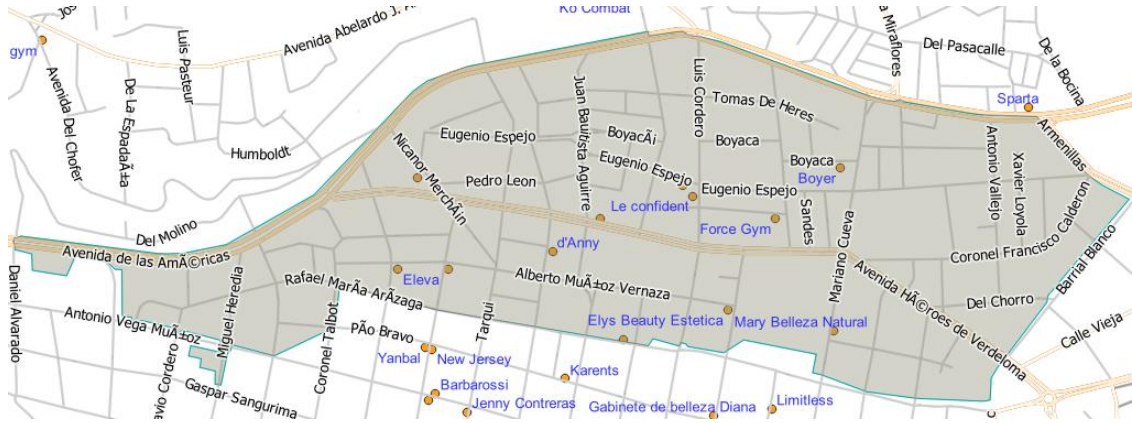
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 1.7. Centros Educativos.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 1.8. Gym y belleza.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 1.9. Hospedaje, hoteles y hostales.



Fuente: Elaboración Propia.

1.1.3 Abastecimiento de la red

La red de distribución de agua potable correspondiente a la Red Alta del Centro Histórico, sector 3.1 de la ciudad de Cuenca, se abastece directamente del sistema de producción y conducción proveniente de la Planta de Tratamiento El Cebollar.

1.2 Conceptos generales

El diseño óptimo de un sistema de abastecimiento de agua potable, entendido como aquel recurso hídrico que reúne las características, física, químicas y microbiológicas para el consumo humano directo, requiere una planificación integral cuyo punto de partida es la definición de un periodo de diseño. Este lapso, que debe armonizarse con la vida útil estimada en la infraestructura, que es el periodo durante el

cual la estructura mantiene su capacidad de desempeño dentro de parámetros de eficiencia y seguridad, cuyo objetivo es asegurar la operatividad del sistema ante el crecimiento poblacional proyectado.

El proceso inicia en la obra de captación, esta es una estructura destinada a recolectar el caudal desde la fuente natural, desde donde el agua es transportada mediante el sistema de conducción, compuesto por tuberías, válvulas y accesorio. Para garantizar la estabilidad y continuidad del servicio frente a las variaciones de la demanda, es fundamental la inclusión de tanques de almacenamiento que regulen el volumen.

La base del dimensionamiento hidráulico radica en el cálculo de tres caudales clave: el caudal medio anual, que representa el consumo promedio incluyendo pérdidas operativas; el caudal máximo diario, correspondiente al día de mayor demanda del año; y el caudal máximo horario, que refleja el pico de consumo en una hora específica. Estos valores se derivan de la dotación de agua potable, es decir, la cantidad promedio asignada diariamente a cada habitante para cubrir todas sus necesidades.

La eficacia global del sistema se mide a través del nivel de servicio, este es un indicador que evalúa la calidad, accesibilidad, continuidad, presión y caudal suministrado a los usuarios, cuyo desempeño puede verse seriamente afectado por las fugas, que constituyen pérdidas físicas de agua debido al deterioro de la red. Por lo tanto, un proyecto exitoso debe equilibrar todos estos componentes técnicos y normativos para asegurar un suministro sostenible, eficiente y confiable.

1.2.1 Ecuación de la continuidad

“La ecuación de la continuidad es una consecuencia del principio de conservación de la masa. Para un flujo permanente, la masa de fluido que atraviesa cualquier sección de una corriente de fluido, por unidad de tiempo, es constante” (Giles, 1993). En esta ecuación, el caudal (Q) del fluido se mantiene constante a lo largo de la tubería. Cuando el fluido es incompresible y el flujo es laminar, la velocidad en un punto de la conducción resulta inversamente proporcional al área de la sección.

$$Q = V1 * A1 = V2 * A2$$

dónde:

Q= Caudal

A= Área

v= Velocidad

1.2.2 Ecuación de Darcy-Weisbach

Es una expresión que permite calcular la pérdida de carga hidráulica debido a la fricción cuando un fluido se desplaza a través de una tubería a presión (Streeter *et al.*, 2000). En esta ecuación intervienen factores como el número de Reynolds para determinar el régimen de flujo (laminar o turbulento), y el coeficiente de fricción (dependiente de dicho número), además de las dimensiones del diámetro y longitud de la tubería.

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

donde: hf = pérdidas por fricción

f = coeficiente de fricción

L = longitud de la tubería

v = velocidad

D = diámetro de tubería

g = gravedad.

1.2.3 Ecuación de la Energía de Bernoulli

Se obtiene esta ecuación al aplicar el principio de conservación de energía al flujo fluido. Esta ecuación muestra que la energía total que posee un fluido en movimiento depende de la energía potencial (basada en la altura o posición), energía de flujo (presión) y energía cinética (derivada de la velocidad). Además, tiene en cuenta las fuentes, intercambios y disipación de energía en todas sus formas (Streeter *et al.*, 2000).

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hL$$

dónde: v = velocidad

P = presión

z = elevación del sistema

γ = peso específico del fluido

hf = pérdidas totales del sistema.

1.3 Normativa

1.3.1 Pérdidas de carga

Disminución de presión o energía que experimenta el agua mientras recorre la red de distribución. Esta pérdida es el resultado de dos factores principales, la fricción del agua con las tuberías y la resistencia generada al pasar por accesorios, codos y cambios de dirección dentro del sistema. En la Tabla 1.2 se presentan los coeficientes de pérdida correspondientes a distintos materiales empleados en sistemas de conducción de agua potable, los cuales sirven como referencia para el análisis hidráulico y la estimación de pérdidas de carga en la red.

Tabla 1.2. Coeficientes de pérdida “C” para la fórmula de Hazen Williams.

| Material de la tubería | Estado de la tubería | |
|-------------------------|----------------------|-------|
| | Nueva | Usada |
| Acero soldado | 120 | 90 |
| Hierro Dúctil | 140 | 135 |
| Acero con Revestimiento | 140 | 135 |
| PVC | 150 | 125 |

Fuente: Elaboración propia, adaptado de ETAPA EP.

Según la Norma CO 10.07-601, las pérdidas de carga permitidas en redes de distribución no deben superar los 12 m/km (SENAGUA, 2012).

1.3.2 Presiones máximas y mínimas

Para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema y la durabilidad de los componentes, la red de distribución debe operar dentro de límites de presión estrictos. La normativa local establece un margen que garantiza tanto la calidad del servicio en los puntos de consumo como la integridad física de las tuberías.

De acuerdo con la Norma CO 10.07-601, en zonas urbanas, la presión mínima aceptada es 20 m.c.a. La presión máxima estática no debe superar los 70 m.c.a, y la presión máxima dinámica de servicio debe limitarse a 50 m.c.a. (SENAGUA, 2012).

1.3.3 Material para tuberías

La selección del material de las tuberías es un factor crítico que rige la capacidad de la infraestructura para resistir las presiones de diseño, la vida útil esperada y los

requisitos de salubridad. Los materiales comúnmente aceptados en la construcción de redes de agua potable, conforme a la Norma CO 10.07-601, incluyen:

- Hierro dúctil (HD).
- Policloruro de vinilo (PVC).
- Polietileno de alta densidad (PEAD).

Las características de estos materiales deben estar sujeta a la siguiente tabla de normas técnicas:

Tabla 1.3. Normativa para materiales de tuberías.

| Material de la Tubería | Norma Ecuatoriana | Normas Internacionales |
|--|--------------------------|-----------------------------------|
| Hierro Dúctil | | ISO 2531 y conexas |
| Polietileno de Alta Densidad – PEAD | NTE INEN 1744:2009 | ISO 4427 y conexas |
| Polivinilo de Cloruro - PVC | NTE INEN 1373-2016 | ISO 4065 ISO 3606 ISO 161-1 |

1) Norma NTE INEN 1744:2009: “TUBOS DE POLIETILENO PARA CONDUCCIÓN DE AGUA A PRESION. REQUISITOS”
 2) Norma NTE INEN 1373-2016: “TUBERÍA PLÁSTICA. TUBOS Y ACCESORIOS DE PVC RÍGIDO PARA PRESIÓN.”
 3) Norma ISO 2531:” TUBERÍA EN HIERRO DÚCTIL”
 4) Norma ISO 4427: “SISTEMA DE TUBERÍAS PLÁSTICAS. TUBOS DE POLIETILENO (PE) Y CONEXIONES PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA”
 5) Norma ISO 4065: “Tubos termoplásticos - Tabla de espesor de pared universal”
 6) Norma ISO 3606: “TUBERÍAS DE CLORURO DE POLIVINILO (PVC) SIN PLASTIFICAR - TOLERANCIAS EN DIÁMETROS EXTERIORES Y ESPESORES DE PARED”
 7) Norma ISO 161-1: “TUBOS TERMOPLÁSTICOS PARA EL TRASNPORTE DE FLUIDOS - DIÁMETROS NOMINALES EXTERNOS Y PRESIONES NOMINALES”

Fuente: Tomado de: (Mendieta, 2019).

1.3.4 Diámetros

En el sistema de distribución, se debe considerar el diámetro interno de la tubería, el cual se selecciona en función del caudal requerido en cada tramo de la red. Esta selección es crítica para el dimensionamiento del proyecto

La Norma CO 10.07-601 establece que el diámetro mínimo permitido en áreas urbanas es de 63 mm. Además, el diámetro seleccionado debe ser suficiente para satisfacer el caudal máximo diario y la demanda específica para incendios, asegurando así que las presiones se mantengan dentro de los límites establecidos durante toda la vida útil de la red de abastecimiento (SENAGUA, 2012).

1.3.5 Velocidades

La velocidad del flujo es un parámetro esencial, junto con la presión, para garantizar un correcto abastecimiento. Su control es vital para la durabilidad y eficiencia del sistema.

De acuerdo con la Norma CO 10.07-601, la velocidad mínima admisible es de 0.30 m/s y la velocidad máxima permitida es de 2.00 m/s (SENAGUA, 2012).

1.4 Componentes de la línea de conducción del sistema

1.4.1 Tuberías

Las tuberías constituyen la red arterial del sistema de conducción hidráulica. Su diseño incorpora parámetros esenciales como la rugosidad interior, la resistencia a la presión hidrostática y la respuesta ante fenómenos transitorios. La selección del material debe considerar la resistencia a la corrosión, el análisis costo-beneficio a lo largo de su ciclo operativo.

1.4.2 Tanques de Almacenamiento

Son estructuras diseñadas para contener y regular el volumen de agua en la red. Su función es crucial para garantizar la continuidad del servicio y para mantener las presiones adecuadas en la distribución, especialmente durante las horas donde existen máximas demandas.

1.4.3 Válvulas

Son elementos instalados en las tuberías cuya finalidad es reducir, regular o interrumpir el paso del fluido dentro de la red. Constituyen componentes fundamentales para la correcta operación, el mantenimiento y la seguridad del sistema de abastecimiento. De acuerdo con la función que desempeñan, se clasifican en dos grandes grupos: las de aislamiento o seccionamiento, empleadas para dividir o cortar el flujo en determinados tramos de tubería, bombas o dispositivos de control con el propósito de ejecutar

inspecciones o reparaciones; y las de control, destinadas a regular el caudal o la presión, así como a permitir la admisión de aire o la evacuación de sedimentos y aire acumulado en el sistema (Comisión Nacional de Agua, 2019).

1.4.4 Cámara rompe presiones

Cuando existen diferencias de nivel entre la captación y la línea de conducción, pueden generarse presiones superiores a las que la tubería es capaz de resistir. En estas situaciones, resulta necesaria la construcción de una cámara rompe-presión, cuya función es disipar la energía del flujo y reducir la presión hasta valores seguros, con el fin de prevenir daños o fallas en el conducto (Limachi, 2021).

1.4.5 Accesorios

Componentes complementarios indispensables en los sistemas de conducción que cumplen funciones de unión, conexión (codos, tees, cruces o juntas) y terminación (tapones). Estos elementos son necesarios para configurar la geometría de la red y garantizar su estanqueidad interna (Comisión Nacional de Agua, 2019).

2. CAPÍTULO II: Modelación Hidráulica y Análisis de Operatividad de la Red

2.1 Modelación Hidráulica de la Red

El modelo de la red de abastecimiento de agua potable fue proporcionado por ETAPA EP, la empresa desarrolló previamente el modelo hidráulico durante la fase de diseño del sistema de tuberías del sector. Se empleará la modelación actual como base, ya que esta red fue planificada con un periodo de diseño hasta el año 2030, por lo que se evaluará la condición actual de operatividad de la red y así plantear optimizaciones para mejorar su eficiencia y desempeño. Cabe mencionar que la empresa ETAPA EP proporcionó información para adaptar un nuevo modelo de la situación actual de la red y para una demanda proyectada de 25 años, por lo que facilitará la implementación de mejoras en el sistema para así garantizar un servicio eficiente de abastecimiento de agua potable.

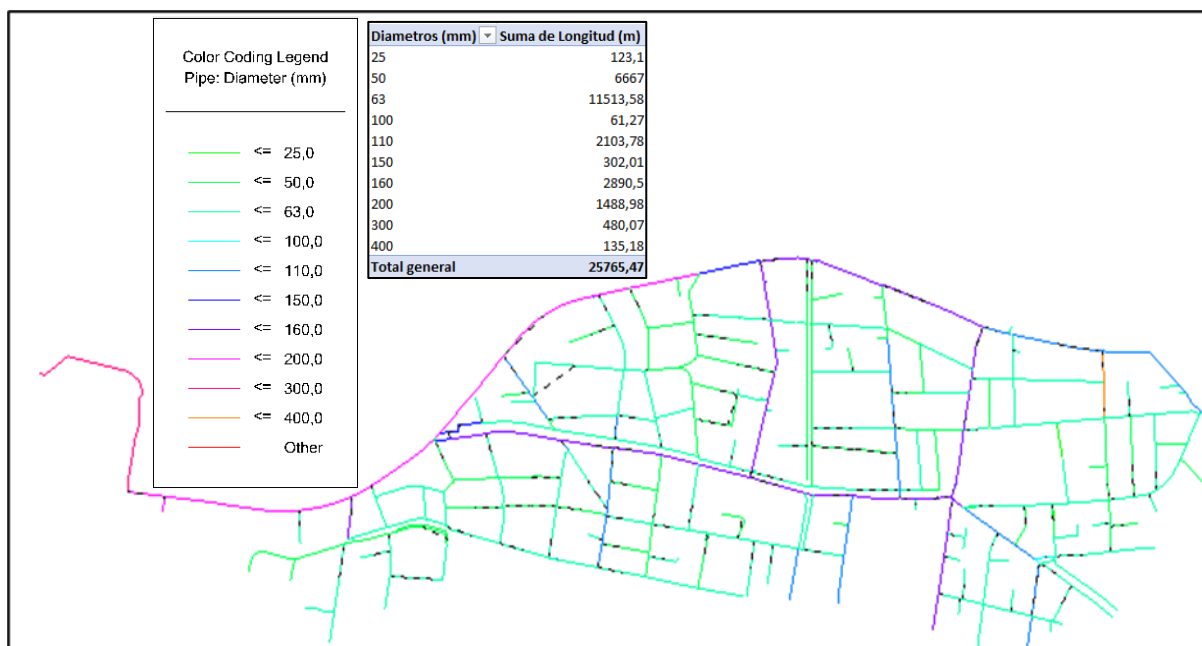
2.2 Información básica de la modelación de la red de abastecimiento

2.2.1 Diámetros empleados

La Figura 2.1 muestra la distribución de los diámetros de las tuberías actualmente instaladas en la red de abastecimiento del sector. Como se puede observar los diámetros empleados en la modelación actual varían entre 50 mm y 400 mm, evidenciando una heterogeneidad en el sistema existente.

En la Figura se presenta la longitud de cada tubería, destacando los diámetros empleados con sus debidas extensiones en km. Su identificación cromática permite analizar visualmente como están distribuidas las tuberías a lo largo de todo el sector, lo cual es fundamental para analizar el estado actual de la red y para posteriormente realizar las propuestas de optimización y mejora de la red.

Figura 2.1 Diámetros y longitudes de las tuberías empleadas en el sector.



Fuente: Elaboración Propia.

2.2.2 Material de las tuberías

El material de las tuberías es fundamental en la red de abastecimiento de agua potable, ya que es un parámetro que influye en el desempeño de la red, su vida útil y en la eficacia de la operatividad de la red. Cabe mencionar que, en el caso de requerir una sustitución de las tuberías, ya sea por el deterioro o ineficiencia del sistema, el tiempo del reemplazo de la misma dependerá de las propiedades del material de la tubería.

En el Sector 3.1 de la Planta del Cebollar, se identificó 3 tipos de materiales utilizados en la red, como se muestra en la Tabla 2.1, el material que predomina es PVC (Policloruro de Vinilo), seguido del asbesto cemento, y en una menor proporción, se puede observar tuberías de Polietileno de alta densidad y hierro fundido.

Tabla 2.1 Material de Tuberías.

| Tipo de material | | LONG. TUBERIA (m) |
|------------------|-----------------------|-------------------|
| AC | Asbesto-cemento | 5580,29 |
| HF | Hierro Fundido | 104,71 |
| PVC | Policloruro de vinilo | 20080,47 |

Fuente: Elaboración Propia.

2.3 Parámetros para la evolución operativa de la red.

De acuerdo con el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, en su libro 4, indica que la demanda en los sistemas de distribución presenta variaciones diarias y horarias, por lo que es necesario emplear coeficientes de variación para determinar los gastos máximos de diseño (CONAGUA, 2019).

A partir de los datos proporcionados por ETAPA EP, se establecieron los parámetros para actualizar el modelo a las condiciones actuales, estos datos consistieron en población servida, caudal medio y caudal medio horario.

Así mismo, se construyó el modelo actualizado 2025 utilizando las proyecciones de demanda futura proporcionadas por la empresa, se realizó el análisis para 25 años, es decir hasta el año 2050. A continuación, en las tablas 2.2 y 2.3 se detallan los valores de la proyección empleados por ETAPA EP y los resultados.

Tabla 2.2 Factores utilizados por ETAPA EP.

| Factores utilizados por ETAPA EP | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Año | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
| Pérdidas | 35% | 34,5% | 34% | 33,5% | 33% | 32,5% |
| Dotación (l/s) | 200 | | | | | |
| KMH | 1,8 | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia Adaptada de datos brindados por ETAPA EP.

Tabla 2.3 Proyección ETAPA – Sector 3.1 Planta El Cebollar.

| Proyección ETAPA – Sector 3.1 Planta El Cebollar | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Año | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
| Población(habs) | 14603 | 14778 | 14995 | 15134 | 15315 | 15498 |
| Qmed (l/s) | 52,00 | 52,23 | 52,45 | 52,68 | 52,91 | 53,15 |
| QMH (l/s) | 94,65 | 95,05 | 95,46 | 95,88 | 96,30 | 96,74 |

Fuente: Elaboración Propia Adaptada de datos brindados por ETAPA EP.

2.4 Evaluación Operativa de la red

Una vez ingresados correctamente los parámetros para el análisis operativo de la red, el software WATERGEMS procesa la simulación hidráulica y genera resultados esenciales para el análisis. Estos incluyen los caudales de entrada y salida, las presiones en cada nodo, velocidades, pérdidas de carga, perfiles de flujo, así como las propiedades

físicas definidas en el modelo: diámetros, válvulas, materiales y otros componentes del sistema.

Para una interpretación rápida y eficaz, WATERGEMS representa estos resultados mediante una escala de colores, permitiendo visualizar y clasificar el comportamiento de la red de forma gráfica e intuitiva. Esta herramienta es fundamental para detectar las áreas que presentan problemas en la operatividad de la red, agilizando así la evaluación y la posteriori toma de decisiones técnicas.

El desempeño de la red se evaluará específicamente con base en tres indicadores hidráulicos críticos: velocidad de flujo, presión del agua, y pérdidas de carga. No obstante, previo al análisis de resultados, es necesario definir los rangos y estándares técnicos que servirán como referencia para dicha evaluación.

- La velocidad debe ser mayor a 0.3 m/s y no exceder los 2 m/s.
- La presión dinámica mínima debe ser 20 m.c.a. y la máxima 50 m.c.a.
- Las pérdidas de carga deben ser menores a 12 m/km.

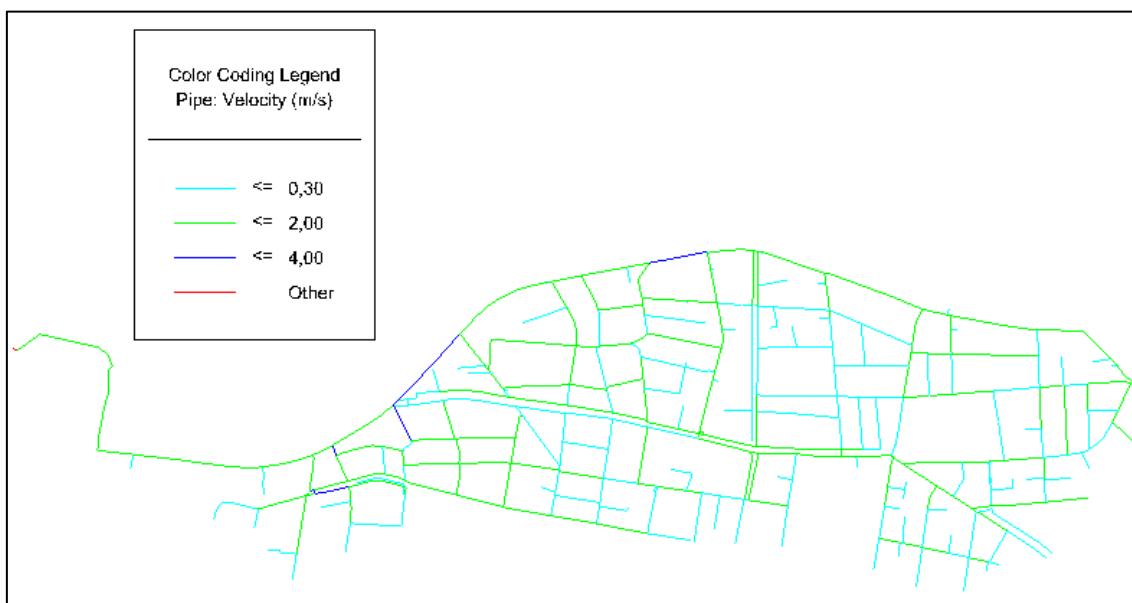
El análisis se realizará únicamente en la zona de estudio descrita en el capítulo 1.

2.5 Evaluación Operativa de la red para el año 2025

2.5.1 Evaluación de velocidades

En la Figura 2.2 se muestran las velocidades registradas en el año 2025. En el análisis de operatividad de la red se puede evidenciar que en algunos tramos del sistema de abastecimiento existen velocidades inferiores a 0,30 m/s, las cuales se representan de color cian. Esto indica que no se cumple con la normativa y las especificaciones técnicas. Estos incumplimientos serán verificados debido a que sus inconsistencias pueden estar relacionadas a la configuración de las tuberías actuales. De la misma manera se puede evidenciar tramos en los que las velocidades superan los 2 m/s, generando pérdidas de carga excesivas y un incorrecto funcionamiento de la red. Cabe recalcar que existen segmentos en los que las velocidades cumplen con la normativa y criterios establecidos de acuerdo al rango de velocidad permisible la cual oscila entre 0.3 m/s y 2 m/s.

Figura 2.2 Velocidades en la red en el año 2025.

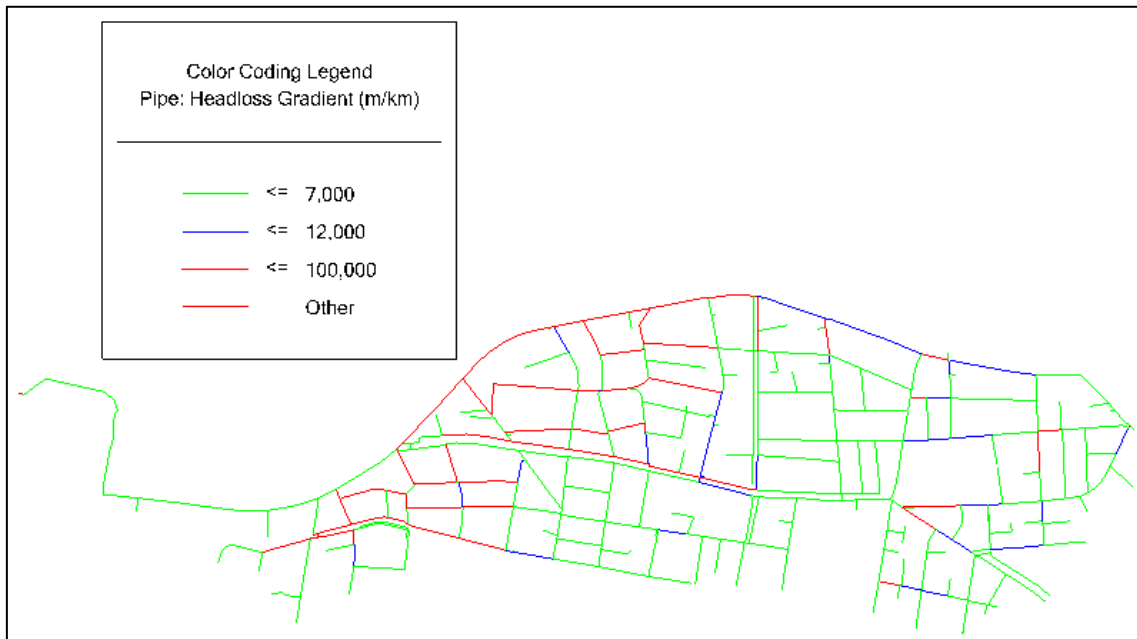


Fuente: Elaboración Propia.

2.5.2 Evaluación de pérdidas de carga

En la Figura 2.3 se registran las pérdidas de carga obtenidas en el año 2025. El análisis de pérdidas de carga muestra un desempeño aceptable de la red, ya que se presentan valores inferiores a 7 m/km, representados de color verde, lo que indica un flujo eficiente y con mínimas restricciones. En algunos tramos se puede evidenciar pérdidas de carga entre 7 y 12 m/km representados de color azul, lo cual aún está dentro del rango admisible. Sin embargo, se identifican tuberías que superan el rango máximo permitido de 12 m/km, representados de color rojo, lo que indica un incumplimiento en la normativa y especificaciones técnicas.

Figura 2.3 Pérdidas de carga en el año 2025.

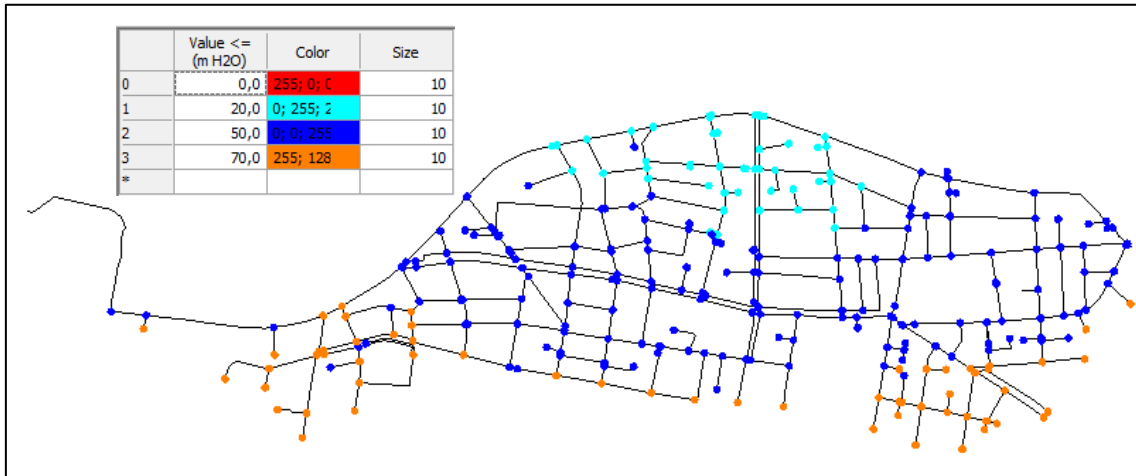


Fuente: Elaboración Propia.

2.5.3 Evaluación de presiones

El análisis de las presiones dinámicas en los nodos presentados en la Figura 2.4 permitió identificar nodos cuyas presiones se encuentran dentro del rango permitido por la normativa, entre 20 m.c.a y 50 m.c.a, los cuales están representados en color azul. Así mismo, se detectaron nodos con presiones inferiores al límite mínimo admisible de 20 m.c.a, identificados en color celeste. De igual manera, se observaron sectores donde las presiones dinámicas superan los 50 m.c.a, valor máximo establecido por la norma, representados en color tomate. Debido a estas irregularidades, será necesario implementar medidas que permitan corregir dichas inconsistencias.

Figura 2.4 Variación de presiones dinámicas en la red en el año 2025.



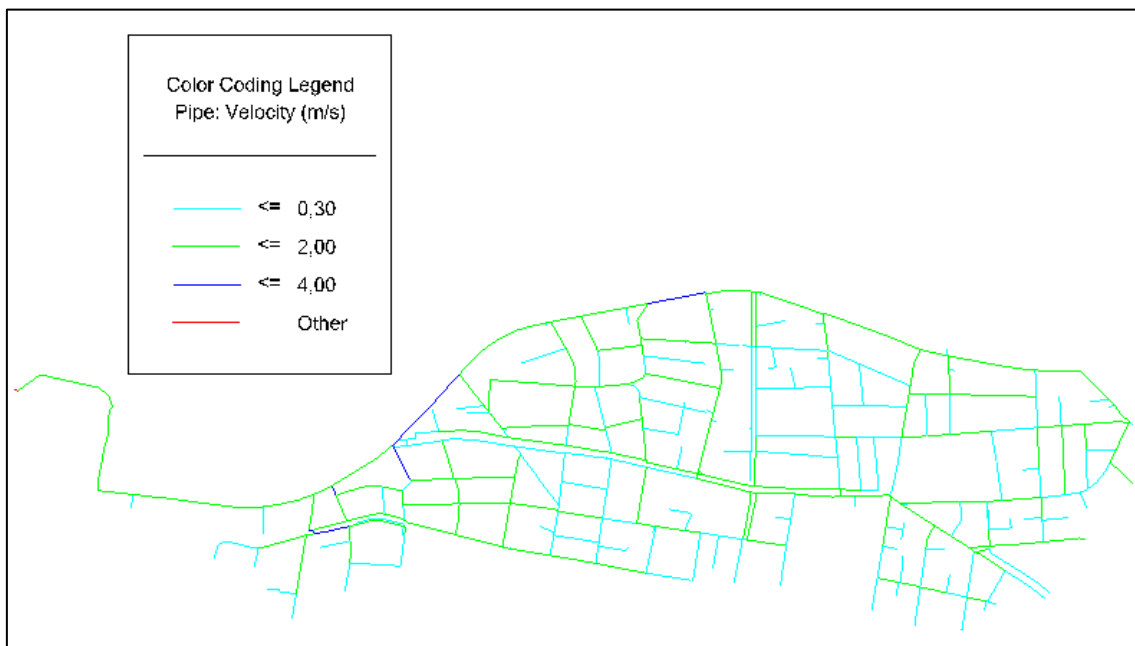
Fuente: Elaboración Propia.

2.6 Evaluación Operativa de la red para el año 2050

2.6.1 Evaluación de velocidades

En la Figura 2.5 se puede observar las velocidades para el año 2050. El análisis de velocidades evidencia valores menores a 0.30 m/s, estas inconsistencias podrían causar la acumulación de sedimentos en las tuberías provocando la obstrucción de la misma, por este motivo se analizarán y se comprobarán los tramos en los que las velocidades sean menores a la admisible. Sin embargo, esta situación no implica necesariamente un inconveniente, sino que puede darse debido a la configuración del sistema de tuberías similares al de una malla. Además, se puede evidenciar velocidades mayores a la máxima permisible, lo cual puede generar pérdidas de carga excesivas y un deterioro en la vida útil en los tramos de la red.

Figura 2.5 Velocidad en la red en el año 2050.

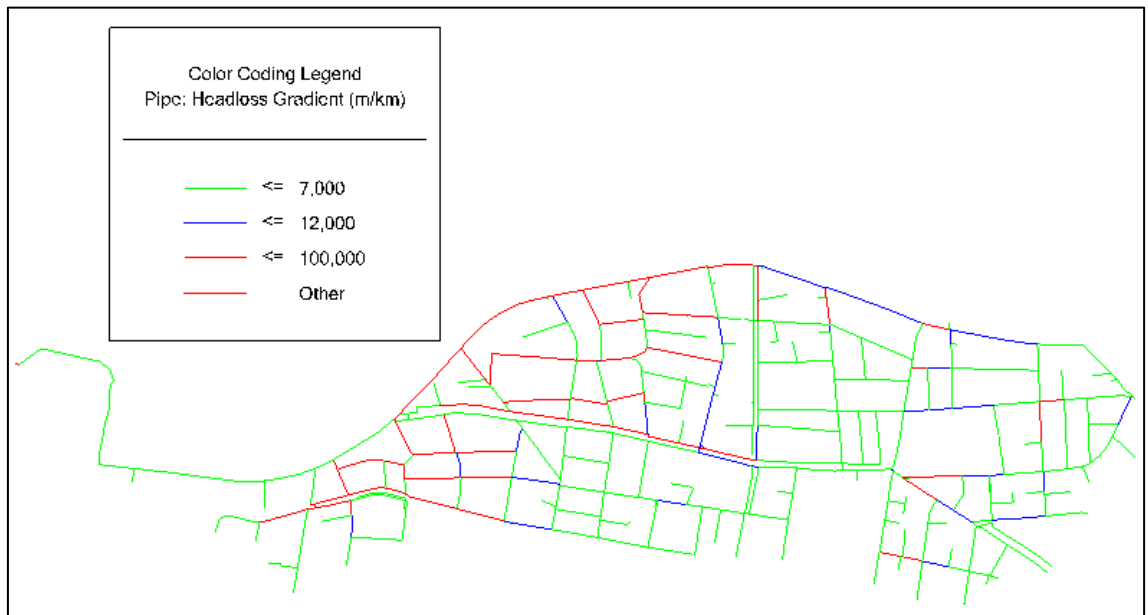


Fuente: Elaboración Propia.

2.6.2 Evaluación de pérdidas de carga

En la Figura 2.6 se puede evidenciar que, a pesar del aumento proyectado de caudal para este año, el sistema aún presenta pérdidas de carga mayores a la máxima admisible. De la misma manera, en ciertos tramos en los que sí se cumplían los rangos entre 7 m/km y 12 m/km, para el año 2050, estos tramos presentarían valores mayores a 12 m/km, por lo que se necesita evaluar la red para esta demanda proyectada.

Figura 2.6 Pérdidas de carga en la red en el año 2050.

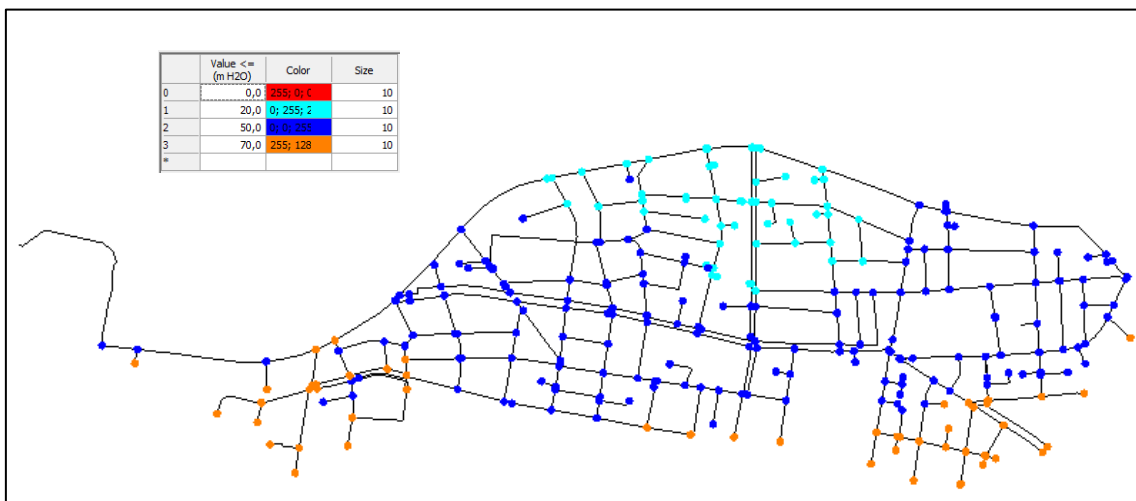


Fuente: Elaboración Propia.

2.6.3 Evaluación de presiones

El análisis de las presiones dinámicas en los nodos observados en la Figura 2.7 evidenció que existen presiones en los nodos que oscilan en el rango admisible en la norma entre 20 m.c.a y 50 m.c.a, identificados de color azul, también se evidenciaron nodos con presiones menores al rango mínimo admisible de 20 m.c.a, representados de color celeste. Por otra parte, existen zonas en las que las presiones dinámicas en los nodos sobrepasan los 50 m.c.a, que es el rango máximo permitido, estos se representan de color tomate, por lo que se buscara medidas para solventar estas inconsistencias.

Figura 2.7 Variación de presiones dinámicas en la red en el año 2050.



Fuente: Elaboración Propia.

2.7 Comparación de los resultados de evaluación operativa de la red

A continuación, se detalla un cuadro resumen sobre las principales diferencias evidenciadas en los análisis anteriormente realizados para el año 2025 y la proyección para el año 2050 en el caso de mantener el sistema actual de abastecimiento. Por lo tanto, en el siguiente capítulo se realizarán propuestas de mejora y optimización con el fin de garantizar un servicio digno, eficiente y de calidad en el Sector 3.1 de la Planta El Cebollar.

Tabla 2.4 Comparación de resultados de evaluación operativa de la red.

| COMPARACION DE LOS RESULTADOS EVALUADOS EN LA RED DEL SECTOR 3.1 DE LA PLANTA EL CEBOLLAR | | |
|--|-------------|-------------|
| Año | 2025 | 2050 |
| <i>Población (hab)</i> | 14603 | 15498 |
| <i>QMH (l/s)</i> | 94,65 | 96,74 |
| <i>Long. Tuberías con $v > 2\text{m/s}$ (m)</i> | 606,16 | 606,16 |
| <i>Long. Tuberías con $hf > 12\text{m/km}$ (m)</i> | 5791,04 | 5838,08 |
| <i>#Nodos de presión dinámica $< 20\text{ m.c.a}$</i> | 50 | 56 |
| <i>#Nodos de presión dinámica $> 50\text{ m.c.a}$</i> | 65 | 56 |
| <i>Valor máximo de presión encontrada</i> | 62,6 | 61,6 |

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados presentados en la tabla comparativa corresponden exclusivamente al sector 3.1 de la Planta El Cebollar, considerando los horizontes de análisis 2025 y 2050.

Se observa un crecimiento poblacional moderado, pasando de 14.603 habitantes en 2025 a 15.498 en 2050, lo que genera un incremento en la demanda hidráulica del sistema. Este comportamiento se refleja en el aumento del caudal máximo horario (QMH), que pasa de 94,65 l/s a 96,74 l/s.

En cuanto a las velocidades, la longitud de tuberías que presentan valores superiores a 2 m/s se mantiene constante en 1.348,46 m para ambos escenarios, lo que indica que el incremento de demanda no genera variaciones en los tramos con velocidades elevadas.

Por otro lado, la longitud de tuberías con gradientes de pérdida de carga elevados experimenta un incremento, pasando de 6.398,38 m en 2025 a 6.634,89 m en 2050. Este aumento evidencia una mayor exigencia hidráulica en ciertos tramos de la red debido al crecimiento proyectado de la demanda.

Respecto a las presiones dinámicas mínimas, el número de nodos con valores inferiores a 20 m.c.a. aumenta de 50 a 56, lo que indica un deterioro en las condiciones de servicio en determinados puntos del sistema hacia el año 2050.

Se observa una disminución significativa en la cantidad de nodos que presentan presiones dinámicas elevadas mayores a 50 m.c.a., pasando de 65 en el año 2025 a 56 en el escenario proyectado para 2050. De igual manera, la presión dinámica máxima se reduce de 62,6 m.c.a. a 61,6 m.c.a. Aunque este comportamiento podría parecer contradictorio, el incremento del caudal y de la demanda generalmente provoca una disminución de las presiones en distintos puntos de la red, debido al aumento de las pérdidas de carga y a una mayor exigencia hidráulica del sistema.

Como se evidenció en el análisis realizado, el tramo principal de la red de distribución que se desarrolla a lo largo de la Avenida de las Américas y la Avenida Héroes de Verdeloma requiere un reforzamiento, debido a que presenta deficiencias al tener niveles de presión inferiores a lo permitido, lo que afecta el adecuado funcionamiento del sistema. En el capítulo 3 se plantearán las propuestas de mejora orientadas a garantizar una operación eficiente y confiable de la red de abastecimiento.

3. CAPÍTULO III: Propuestas de Optimización y Refuerzo para el mejoramiento de la Red de Abastecimiento.

3.1 Identificación de tramos de tubería con deficiencias

La operatividad de la red, desarrollada en el capítulo anterior, permitió identificar varios sectores en el área de estudio donde los parámetros hidráulicos definidos por la Norma CO 10.07-601 (SENAGUA, 2012) presentaban inconsistencias.

Los principales inconvenientes hallados fueron:

- Velocidades superiores a 2 m/s.
- Gradientes de pérdida de carga elevados.
- Presiones dinámicas inferiores a 20 m.c.a. y superiores a 50 m.c.a.

Estas inconsistencias fueron identificadas con la ayuda de la modelación hidráulica realizada en el software WATERGEMS, los resultados se representaron mediante colores que facilitaron el análisis de los puntos críticos como se visualiza en la Figura 2.6.

En particular, las tuberías de menor diámetro fueron las que concentraron la mayor cantidad de inconsistencias, lo cual demuestra una relación directa entre el diámetro insuficiente de las tuberías y el aumento significativo de las pérdidas de carga.

Los tramos críticos que requerían de un mejoramiento presentaban las siguientes irregularidades:

- Diámetros insuficientes (inferiores a la demanda de caudal proyectada para el año 2050).
- Altos gradientes hidráulicos (pérdidas > 12 m/km).

La identificación detallada de estos sectores críticos permitió definir una priorización técnica para formular medidas de optimización, enfocadas en corregir los principales parámetros hidráulicos que presentaban deficiencias.

En la Tabla 3.1 se detallan y localizan los tramos de las tuberías que excedían las pérdidas de carga permisibles por la Norma:

Tabla 3.1 Tuberías que exceden la pérdida de carga permitida (Norma CO 10.07-601).

| N. ° | Identificación de Tramo | Diámetro actual (mm) | Valor Observado |
|------|--|----------------------|-----------------|
| 1 | Av. de las Américas entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Av. Héroes de Verdeloma | 200 | 25.44 m/km |
| 2 | Av. de las Américas entre Av. Héroes de Verdeloma y Calle Nicanor Merchán | 200 | 22.092 m/km |
| 3 | Av. de las Américas entre Calle Nicanor Merchán y Calle Tarqui | 200 | 15.419 m/km |
| 4 | Av. de las Américas entre Calle Tarqui y Calle General Torres | 200 | 13.985 m/km |
| 5 | Av. de las Américas entre Calle General Torres y Calle Padre Aguirre | 200 | 12.815 m/km |
| 6 | Av. De las Américas entre Calle General Torres y Padre Aguirre | 200 | 12.675 m/km |
| 7 | Av. de las Américas entre Calle Padre Aguirre y Calle Coronel Francisco | 200 | 46.541 m/km |
| 8 | Av. de las Américas entre Calle Coronel Francisco y Calle | 150 | 46.541 m/km |
| 9 | Av. de las Américas entre Calle Coronel Francisco y Calle Presidente Luis Cordero | 160 | 13.503 m/km |
| 10 | Av. de las Américas entre Calle Mariano Cueva y Calle General Antonio Farfán | 110 | 12.544 m/km |
| 11 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Octavio Cordero y Calle Miguel Heredia | 50 | 18.831 m/km |
| 12 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Miguel Heredia y Calle Miguel Vélez | 50 | 89.314 m/km |
| 13 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Miguel Heredia y Calle Miguel Vélez | 50 | 121.56 m/km |
| 14 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Miguel Heredia y Calle Miguel Vélez | 63 | 18.368 m/km |

| | | | |
|----|---|----|---------------|
| 15 | Calle Miguel Vélez entre Calle Rafael María Arizaga y Calle Doctor Vicente León | 63 | 17.791 m/km |
| 16 | Calle Miguel Vélez entre Av. Américas y Calle Hernando de la Cruz | 63 | 113.7338 m/km |
| 17 | Calle Miguel Vélez entre Calle Hernando de la Cruz y Calle y Calle Rafael María Arizaga | 63 | 14.747 m/km |
| 18 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Miguel Vélez y Calle Doce | 63 | 51.013 m/km |
| 19 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Doce y Calle Coronel Guillermo Talbot | 63 | 55.913 m/km |
| 20 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Calle Esteves de Toral | 63 | 58.142 m/km |
| 21 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Esteves de Toral y Calle Juan Montalvo | 63 | 23.793 m/km |
| 22 | Calle Alberto Muñoz Vernaza entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Calle Esteves de Toral | 50 | 60.272 m/km |
| 23 | Calle Alberto Muñoz Vernaza entre Calle Esteves de Toral y Calle Juan Montalvo | 50 | 20.999 m/km |
| 24 | Calle Muñoz Vernaza entre Calle Mariano Cueva y Calle Cincuenta y Uno | 63 | 22.616 m/km |
| 25 | Calle Muñoz Vernaza entre Calle Cincuenta y Calle Vargas Machuca | 63 | 12.434 m/km |
| 26 | Calle Coronel Guillermo Talbot entre Calle Hernando de la Cruz y Calle Muñoz Vernaza | 63 | 30.080 m/km |
| 27 | Calle Hernando de la Cruz entre Calle Miguel Vélez y Calle Doce | 63 | 49.483 m/km |
| 28 | Calle Hernando de la Cruz entre Calle Doce y Calle Coronel Guillermo Talbot | 63 | 36.070 m/km |
| 29 | Calle Hernando de la Cruz entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Esteves de Toral | 50 | 94.522 m/km |
| 30 | Calle Hernando de la Cruz entre Calle Esteves de Toral y Calle Juan Montalvo | 50 | 14.550 m/km |

| | | | |
|----|---|-----|--------------|
| 31 | Calle Coronel Guillermo Talbot entre Av. Héroes de Verdeloma y Calle Hernando de la Cruz | 50 | 105.049 m/km |
| 32 | Calle Esteves de Toral entre Av. Héroes de Verdeloma y Calle Hernando de la Cruz | 63 | 26.770 m/km |
| 33 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Esteves de Toral y Calle Nicanor Merchán | 63 | 37.965 m/km |
| 34 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Nicanor Merchán y Calle Tarqui | 63 | 26.747 m/km |
| 35 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Tarqui y Calle General Torres | 63 | 24.406 m/km |
| 36 | Av. Héroes de Verdeloma entre calle General Torres y Calle Padre Aguirre | 63 | 30.951 m/km |
| | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Padre Aguirre y Calle Coronel Francisco Tamariz | 63 | 44.421 m/km |
| 37 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Padre Aguirre y Calle Coronel Francisco Tamariz | 63 | 40.882 m/km |
| 38 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Coronel Francisco Tamariz y Calle Presidente Luis Cordero | 63 | 16.632 m/km |
| 39 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Coronel Francisco Calderón y Calle Vargas Machuca | 110 | 14.722 m/km |
| 40 | Calle Coronel Francisco Calderón entre Av. Héroes de Verdeloma y Calle Manuel Gálvez | 63 | 13.673 m/km |
| 41 | Calle Pedro León entre Calle Nicanor y Calle Tarqui | 63 | 22.183 m/km |
| 42 | Calle Pedro León entre Calle Tarqui y Calle General Torres | 63 | 29.420 m/km |
| 43 | Calle Pedro León entre Calle General Torres y Calle Padre Aguirre | 63 | 15.669 m/km |
| 44 | Calle Padre Aguirre y cruza Calle Pedro León | 50 | 18.317 m/km |
| 45 | Calle Eugenio Espejo entre Calle Antonio Vallejo y Calle Javier Loyola | 63 | 15.843 m/km |
| 46 | Calle Antonio Vallejo entre Calle Eugenio Espejo y Calle D | 50 | 12.911 m/km |

| | | | |
|----|---|-----|-------------|
| 47 | Calle Nicanor Merchán entre Av. de las Américas y Calle K | 110 | 14.796 m/km |
| 48 | Calle Nicanor Merchán entre Calle K y Calle L | 110 | 14.096 m/km |
| 49 | Calle Eugenio Espejo entre Calle Nicanor Merchán y Calle General Torres | 63 | 19.957 m/km |
| 50 | Calle Eugenio Espejo entre Calle General Torres y Calle Padre Aguirre | 50 | 23.970 m/km |
| 51 | Calle Eugenio Espejo entre Calle Padre Aguirre y Calle Boyaca | 50 | 22.731 m/km |
| 52 | Calle Boyaca entre Calle Padre Aguirre y Calle Coronel Francisco Tamariz | 50 | 22.950 m/km |
| 53 | Calle Tomas Heres entre Calle Mariano Cueva y Calle Carabobo | 63 | 16.155 m/km |
| 54 | Calle General Torres entre Av. de las Américas y Calle Teniente Hugo Ortiz | 50 | 35.436 m/km |
| 55 | Calle Teniente Hugo Ortiz entre Calle General Torres y Calle Padre Aguirre | 50 | 24.658 m/km |
| 56 | Calle Padre Aguirre entre Av. de las Américas y Calle Tomas Heres | 50 | 41.816 m/km |
| 57 | Calle Tomas Heres entre Calle Padre Aguirre y Calle Flavio Alfaro | 63 | 20.541 m/km |
| 58 | Calle Tomas Heres entre Calle Flavio Alfaro y Calle Coronel Francisco Tamariz | 63 | 17.357 m/km |
| 59 | Calle Presidente Luis Cordero entre Av. de las Américas y Calle A | 50 | 36.862 m/km |
| 60 | Calle Presidente Luis Cordero entre Calle A y Calle Tomas Heres | 50 | 17.993 m/km |
| 61 | Calle Miguel Cordero entre Av. de las Américas y Calle Tomas Heres | 50 | 29.441 m/km |
| 62 | Calle Miguel Cordero entre Av. de las Américas y Calle Tomas Heres | 50 | 23.411 m/km |

Fuente: Elaboración propia a partir del Modelo Hidráulico 2050.

3.2 Modificación del Modelo Hidráulico (Optimización de Pérdidas de Carga y Diámetros)

Con el propósito de solventar las deficiencias identificadas, se ejecutó una modificación manual del modelo hidráulico correspondiente a la red de abastecimiento de agua potable del Sector 3.1 Planta El Cebollar.

El objetivo principal de esta intervención fue asegurar el cumplimiento de los límites normativos para las pérdidas de carga, un factor esencial para garantizar la eficiencia operativa del sistema y extender la vida útil de la infraestructura.

La metodología aplicada para la modificación del modelo consistió en los siguientes pasos:

- Aumento de diámetros de tuberías en los tramos donde se excedían pérdidas de carga admisibles.
- Revisión del análisis hidráulico posterior a cada simulación iterativa, para así garantizar un correcto funcionamiento y eficiencia.
- Se priorizó el cambio de diámetro en los tramos más críticos, precautelando no incurrir a sobredimensionamientos innecesarios que afecten al sistema.

Los diámetros optimizados se determinaron bajo los siguientes criterios:

- El caudal máximo diario (QMD) proyectado para el año 2050.
- Velocidades mínimas de 0.30 m/s y máximas de 2 m/s en todos los tramos de la red.
- Pérdidas de carga menores a 12 m/km según la normativa vigente.

Los resultados del proceso de modificación manual son los siguientes:

- Se redujeron los tramos donde se presentaban pérdidas de carga mayores a 12 m/km.
- Se incrementaron presiones en varios nodos, como era esperado, en algunos casos los valores superaban los 50 m.c.a.

Este comportamiento era predecible, ya que el incremento de diámetro en los tramos intervenidos reduce las pérdidas de carga, pero como contraparte, puede ocasionar un aumento de las presiones en ciertas zonas de la red.

En consecuencia, aunque el redimensionamiento de tuberías presentó un progreso significativo hacia el cumplimiento de la normativa hidráulica, se determinó la necesidad de adoptar medidas complementarias para el control de presiones, las cuales serán analizadas en los siguientes apartados del presente estudio.

La validación técnica y la viabilidad de estas modificaciones se comprueban mediante la actualización y simulación del modelo en el software utilizado.

En la Tabla 3.2 se presenta el detalle de los cambios de diámetro ejecutados en el modelo hidráulico:

Tabla 3.2 Optimización de diámetros en tramos críticos de la red de distribución.

| N. ° | Identificación de Tramo | Diámetro 2050 (mm) | Diámetro Optimizado (mm) |
|-------------|--|---------------------------|---------------------------------|
| 1 | Av. de las Américas entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Av. Héroes de Verdeloma | 200 | 250 |
| 2 | Av. de las Américas entre Av. Héroes de Verdeloma y Calle Nicanor Merchán | 200 | 250 |
| 3 | Av. de las Américas entre Calle Nicanor Merchán y Calle Tarqui | 200 | 250 |
| 4 | Av. de las Américas entre Calle Tarqui y Calle General Torres | 200 | 250 |
| 5 | Av. de las Américas entre Calle General Torres y Calle Padre Aguirre | 200 | 250 |
| 6 | Av. De las Américas entre Calle General Torres y Padre Aguirre | 200 | 250 |
| 7 | Av. de las Américas entre Calle Padre Aguirre y Calle Coronel Francisco | 200 | 250 |
| 8 | Av. de las Américas entre Calle Coronel Francisco y Calle | 150 | 250 |
| 9 | Av. de las Américas entre Calle Coronel Francisco y Calle Presidente Luis Cordero | 160 | 250 |
| 10 | Av. de las Américas entre Calle Presidente Luis Cordero y Calle Miguel Cordero | 160 | 200 |

| | | | |
|----|--|-----|-----|
| 11 | Av. de las Américas entre Calle Miguel Cordero y Calle Mariano Cueva | 160 | 200 |
| 12 | Av. de las Américas entre Calle Mariano Cueva y Calle General Antonio Farfán | 110 | 200 |
| 13 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Octavio Cordero y Calle Miguel Heredia | 50 | 63 |
| 14 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Miguel Heredia y Calle Miguel Vélez | 50 | 110 |
| 15 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Miguel Heredia y Calle Miguel Vélez | 50 | 110 |
| 16 | Calle Miguel Vélez entre Calle Rafael María Arizaga y Calle Doctor Vicente León | 63 | 110 |
| 17 | Calle Miguel Vélez entre Av. Américas y Calle Hernando de la Cruz | 63 | 110 |
| 18 | Calle Miguel Vélez entre Calle Hernando de la Cruz y Calle y Calle Rafael María Arizaga | 63 | 110 |
| 19 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Miguel Vélez y Calle Doce | 63 | 110 |
| 20 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Doce y Calle Coronel Guillermo Talbot | 63 | 110 |
| 21 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Calle Esteves de Toral | 63 | 110 |
| 22 | Calle Rafael María Arizaga entre Calle Esteves de Toral y Calle Juan Montalvo | 63 | 110 |
| 23 | Calle Muñoz Vernaza entre Calle Mariano Cueva y Calle Cincuenta y Uno | 63 | 110 |
| 24 | Calle Muñoz Vernaza entre Calle Cincuenta y Calle Vargas Machuca | 63 | 110 |
| 25 | Calle Esteves de Toral entre Av. Héroes de Verdeloma y Calle Hernando de la Cruz | 63 | 160 |
| 26 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Esteves de Toral y Calle Nicanor Merchán | 63 | 160 |

| | | | |
|----|---|----|-----|
| 27 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Nicanor Merchán y Calle Tarqui | 63 | 160 |
| 28 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Tarqui y Calle General Torres | 63 | 160 |
| 29 | Av. Héroes de Verdeloma entrecalle General Torres y Calle Padre Aguirre | 63 | 160 |
| 30 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Padre Aguirre y Calle Coronel Francisco Tamariz | 63 | 160 |
| 31 | Av. Héroes de Verdeloma entre Calle Padre Aguirre y Calle Coronel Francisco Tamariz | 63 | 160 |
| 32 | Calle Antonio Vallejo entre Calle Eugenio Espejo y Calle D | 50 | 110 |
| 33 | Calle General Torres entre Av. de las Américas y Calle Teniente Hugo Ortiz | 50 | 110 |
| 34 | Calle Teniente Hugo Ortiz entre Calle General Torres y Calle Padre Aguirre | 50 | 63 |
| 35 | Calle Presidente Luis Cordero entre Av. de las Américas y Calle A | 50 | 110 |
| 36 | Calle Presidente Luis Cordero entre Calle A y Calle Tomas Heres | 50 | 110 |
| 37 | Calle Miguel Cordero entre Av. de las Américas y Calle Tomas Heres | 50 | 63 |
| 38 | Calle Miguel Cordero entre Av. de las Américas y Calle Tomas Heres | 50 | 63 |

Fuente: Elaboración propia, a partir del Modelo Hidráulico 2050 y Propuesta de Optimización.

En la Figura 3.1 se presenta la comparación de los diámetros de las tuberías antes y después del proceso de optimización en el Sector 3.1 de la planta El Cebollar. Esta representación permite identificar de manera clara los tramos que requirieron modificaciones, evidenciando los ajustes realizados para mejorar el comportamiento hidráulico de la red.

Figura 3.1 Comparación de diámetros antes y después de la optimización en el Sector 3.1 Planta El Cebollar.



Fuente: Elaboración propia, a partir del Modelo Hidráulico 2050 y Propuesta de Optimización.

3.3 Resultados de la Optimización para reducir las Pérdidas de Carga

Para la optimización de la red del Sector 3.1 Planta El Cebollar, se realizó una comparación entre la operatividad de la red antes y después de la modificación manual de diámetros de las tuberías, basándonos en el total cumplimiento en cuanto a pérdidas de carga admisibles establecidas en la Normativa CO 10.07-601 (SENAGUA, 2012).

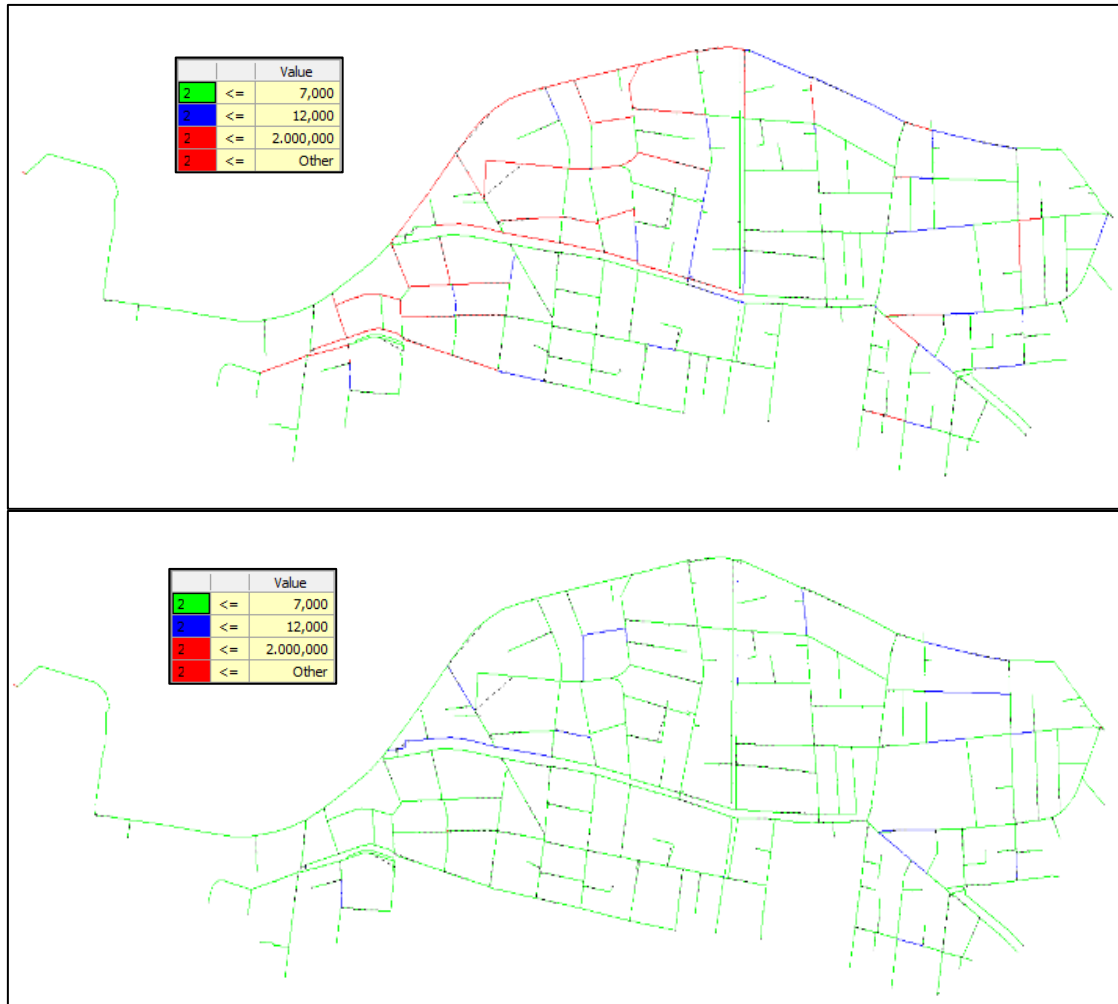
La Figura 3.2 evidencia esta comparación gráfica:

En la parte izquierda se evidencia el estado de la red para la demanda proyectada del año 2050 antes de la optimización realizada. Los tramos de color rojo representan las zonas donde la presión es mayor a 12 m/km que es la máxima permisible por la norma, lo cual indica un incorrecto funcionamiento del sistema.

En la figura de la derecha, se puede evidenciar el resultado posterior a la optimización de diámetros de tuberías realizado, como se puede observar, el sistema está

casi en su totalidad con tramos de color verde, lo que significa que las pérdidas de carga fueron reducidas a los rangos admitidos por la normativa.

Figura 3.2 Comparación de pérdidas de carga antes y después de la optimización de diámetros en el sector 3.1 Planta El Cebollar.



Fuente: Elaboración propia, a partir del resultado de Modelación Hidráulica.

El proceso de optimización de diámetros permitió:

- Eliminar los sectores críticos con pérdidas de carga excesivas.
- Mejorar significativamente la uniformidad gradiente hidráulico a lo largo de todo el sistema.
- Cumplimiento en su total cabalidad de la normativa y especificaciones técnicas de diseño de redes de abastecimiento de agua potable.

Es importante mencionar que el mejoramiento en las pérdidas de carga es el primer paso de la optimización de la red, el cual se contempla en fases posteriores el control de presiones elevadas detectadas luego del análisis.

3.4 Modificación del Modelo Hidráulico (Optimización de Presiones)

Posterior a la optimización anteriormente realizada, se detectaron presiones en sectores dentro del sistema que presentaban presiones superiores a 50 m.c.a, lo cual excede el límite máximo establecido por la Normativa CO 10.07-601 (SENAGUA, 2012).

Esta situación representa un riesgo importante para la integridad de la infraestructura, ya que incrementa la probabilidad de fallas válvulas, tuberías y conexiones.

Para solventar los problemas de estas sobrepresiones, se propone el uso de una válvula reductora de presiones (PRV) en puntos estratégicos de la red lo cual permitirá:

- Regular las presiones aguas abajo del punto de instalación, asegurando presiones en los nodos entre 45 m.c.a y 50 m.c.a.
- Minimizar el riesgo por fallas y garantizar la vida útil del sistema.
- Cumplir efectivamente la normativa y sus especificaciones técnicas.

La ubicación de la PRV (Válvula Reductora de Presión), se estableció bajo las siguientes consideraciones:

- Impacto hidráulico efectivo en los nodos que presentaban problemas de presión.

La Tabla 3.3 presenta el detalle de la ubicación de las PRV, indicado el sector, el nodo de referencia, la presión evaluada, y la presión post optimización para la operación hidráulica.

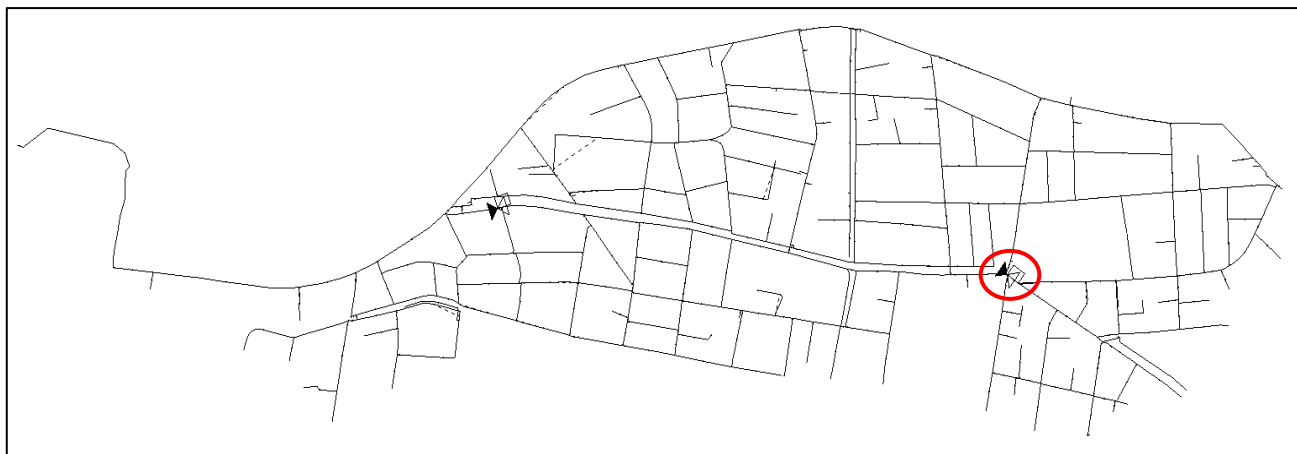
Tabla 3.3 Ubicación preliminar de válvula reductora de presión (PRV) propuesta para el control de presiones en el sector 3.1 Planta El Cebollar.

| N. ° | Nombre de la PRV | Sector de Instalación | Nodo de Referencia | Presión Inicial (m.c.a) | Presión de consigna (m.c.a) | Observaciones |
|------|------------------|---|--------------------|-------------------------|-----------------------------|---|
| 1 | PRV-2 | Av. Héroes de Verdeloma y Calle Mariano Cueva | 3.1_N_1064 | >60 | <50 | Reducción principal en zonas con inconsistencias. |

Fuente: Elaboración propia, a partir del análisis hidráulico del modelo optimizado para el año 2050.

Para precisar la localización de la PRV, la Figura 3.3 identifica gráficamente el sector específico del modelo hidráulico en donde se consideró poner la válvula reductora de presión.

Figura 3.3 Ubicación propuesta de la válvula reductora de presión en el modelo hidráulico.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la modelación hidráulica.

Para la implementación de la válvula reductora de presión, fue necesario bloquear algunos tramos dentro del sistema de abastecimiento con la finalidad de evitar rutas alternativas que puedan llegar a comprometer el control eficiente de presiones. Este proceso se llevó a cabo en la modelación hidráulica mediante la incorporación de nodos nuevos en puntos estratégicos de la red como también la eliminación de tramos residuales que permitían que el flujo vaya hacia otros sectores.

Esta implementación puede interpretarse como si fueran tapones físicos o válvulas de seccionamiento que estarían cerradas, permitiendo realizar la sectorización hidráulica. Cabe mencionar que la presencia de las válvulas cerradas representa una ventaja a futuro ya que permitiría restablecer el flujo en caso de que la red necesite un mantenimiento o requiera alguna modificación.

En la Tabla 3.4 se detallan los tramos en los que se intervino cerrando las válvulas en la modelación.

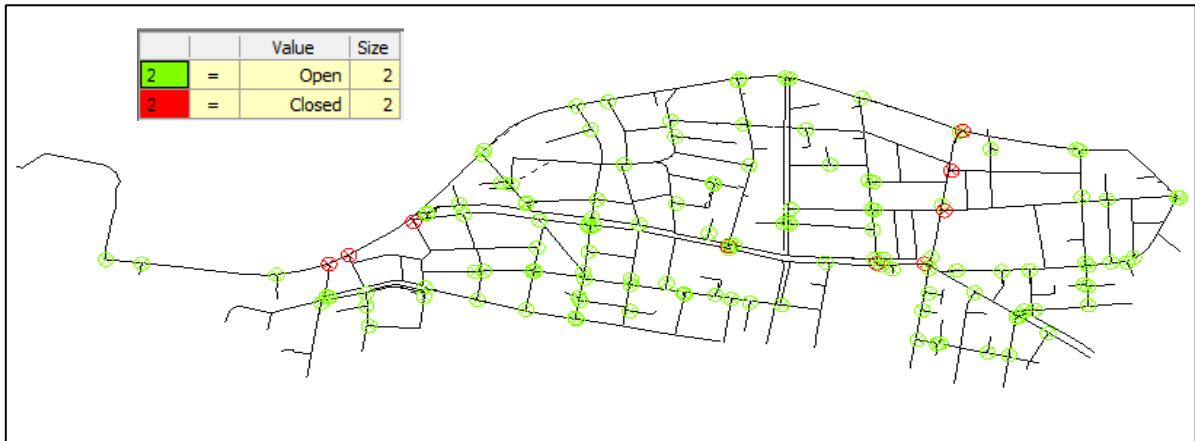
Tabla 3.4 Tramos con las válvulas cerradas para control de flujo.

| N.º | Identificación del tramo | Observación |
|-----|--|--|
| 1 | Av. Héroes de Verdeloma y Calle Mariano Cueva | Válvula cerrada en la intersección de ambas calles |
| 2 | Calle Tomas de Heres y Calle Mariano Cueva | Válvula cerrada posterior al cruce entre ambas calles |
| 3 | Av. Héroes de Verdeloma (entre carriles) | Válvula cerrada en derivación sobre la calzada central de la Avenida |
| 4 | Avenida Héroes de Verdeloma | Válvula cerrada posterior al cruce con la Calle Presidente Antonio Borrero |
| 5 | Calle Eugenio Espejo y Calle Mariano Cueva | Válvula cerrada posterior al cruce entre ambas calles |
| 6 | Calle Coronel Guillermo Talbot y Av. Héroes de Verdeloma | Válvula cerrada posterior al Cruce entre ambas calles |
| 7 | Calle Miguel Heredia y av. de las Américas | Válvula cerrada en la intersección de ambas calles |
| 8 | Calle Miguel Vélez y Av. de las Américas | Válvula cerrada en la intersección de ambas calles |

Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo optimizado para el año 2050.

La Figura 3.4 muestra las válvulas existentes en el sistema de distribución de agua potable. El cierre de ciertas válvulas permitió controlar la circulación del caudal, evitando concentraciones excesivas en determinados tramos que generaban sobrecargas hidráulicas y pérdidas de carga elevadas. Como resultado, se logró una mejor redistribución del flujo, contribuyendo a estabilizar los niveles de presión en distintos sectores de la red. Esta intervención permitió sectorizar el sistema en dos zonas operativas diferenciadas, correspondientes al sector norte y al sector sur. La sectorización facilita un mayor control del funcionamiento hidráulico, al limitar la interdependencia entre ambas zonas y reducir la propagación de caudales excesivos a lo largo de la red. De esta manera, se mejora el rendimiento global del sistema, se optimiza la distribución de presiones y se disminuye el riesgo de fallas asociadas a condiciones hidráulicas desfavorables.

Figura 3.4 Válvulas cerradas para control de flujo.



Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

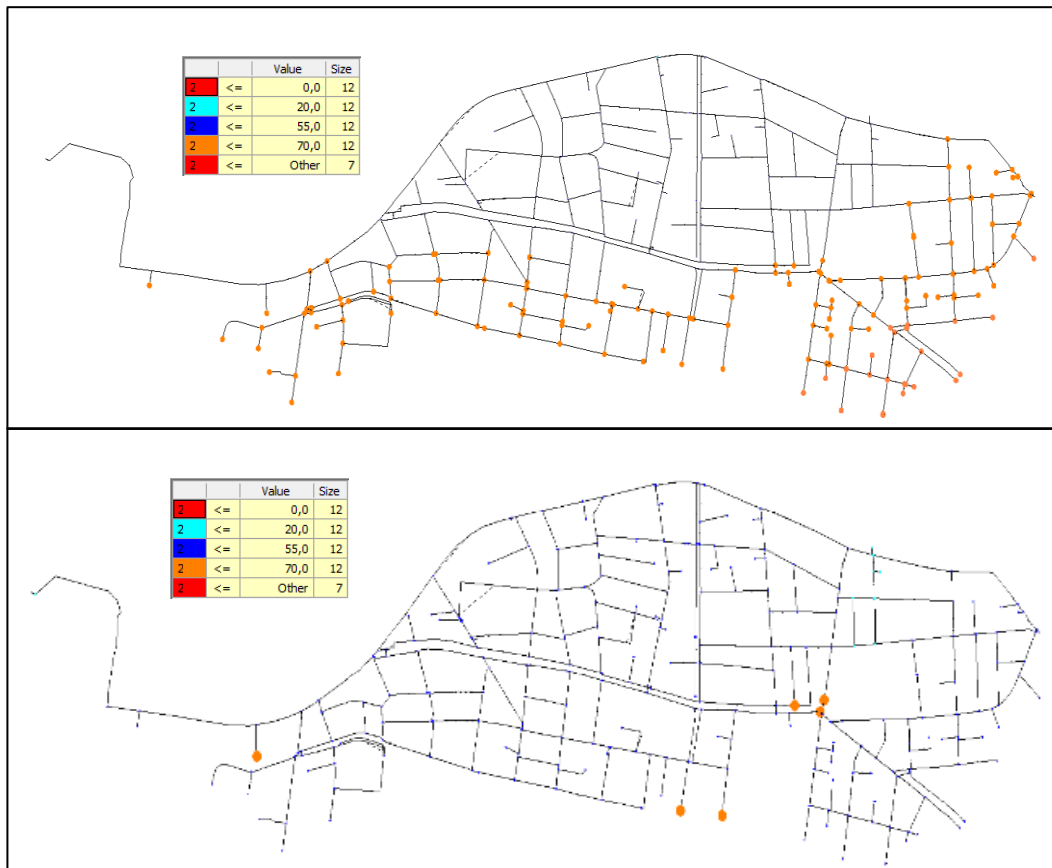
3.5 Resultados de Optimización Provisional para Reducción de Presiones

A partir del análisis de presiones excesivas de la red previamente optimizada, se propone la siguiente instalación de válvulas reductoras de presión (PRV) en distintas ubicaciones estratégicas del Sector 3.1 Planta El Cebollar.

Estas válvulas permitirán garantizar que las presiones en los nodos estén dentro del rango establecido en la Norma CO 10.07-601 (SENAGUA, 2012). Esto permitirá mejorar la eficiencia y mitigar los fallos por presiones excesivas.

En la Figura 3.5 se presenta la comparación de las presiones para el año 2050 para la red antes y después de instalar las válvulas reductoras de presión, esto nos permite evidenciar la efectividad de la propuesta para controlar presiones y asegurar que todos los nodos operen en el rango establecido en la normativa vigente.

Figura 3.5 Comparación de presiones en la red: Escenario 2050 original vs 2050 optimizado con válvulas reductoras de presión.



Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

La comparación gráfica entre los dos escenarios evidencia una mejora significativa en el control de presiones dentro de la red de distribución.

Posterior a la implementación de las válvulas reductoras de presión en sectores estratégicos, las presiones en nodos fueron efectivamente reducidas, logrando así que la red en su totalidad cumpla con el límite de 50 m.c.a. establecido en la Normativa CO 10.07-601 (SENAGUA, 2012).

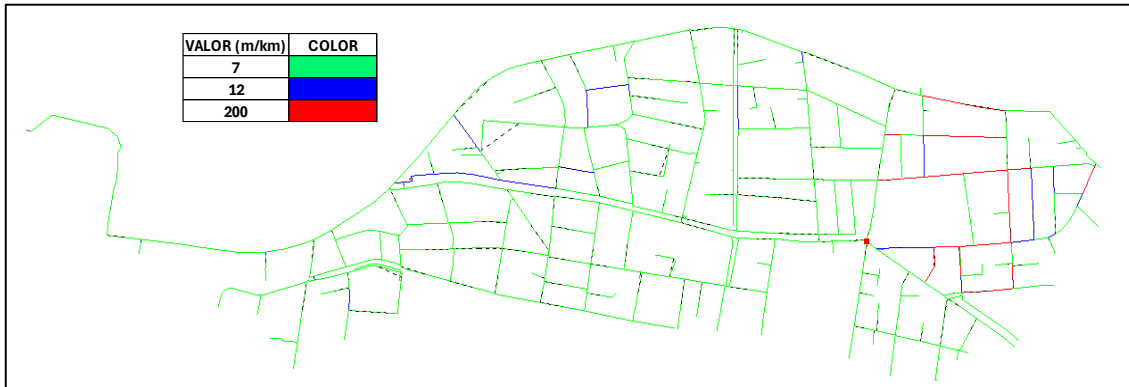
Esta optimización garantiza la efectividad hidráulica en cuanto a pérdidas de carga, velocidades de flujo y asegura la operatividad eficiente de la red.

3.5.1 Revisión del Modelo Hidráulico tras la implementación de la válvula Rompe Presiones

Luego de la implementación de la válvula reductora de presión (PRV), se identificaron tramos de tuberías con inconsistencias que superaban la pérdida de carga máxima admisible por la normativa vigente. Esto se debe a la modificación estructural

realizada en la modelación hidráulica, incluyendo los cortes realizados para la sectorización e incorporación de la válvula. La Figura 3.6 muestra cómo se comporta la red luego de esta intervención, destacando las pérdidas de carga generadas posterior a la instalación de la válvula mencionada anteriormente.

Figura 3.6 Pérdidas de carga tras instalación de la PRV.



Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico.

En la Tabla 3.5 se puede observar los tramos que presentan pérdidas de carga mayores a 12 m/km, las cuales se representan de color rojo, esto se da debido a la implementación estructural de la válvula reductora de presión. Si bien la implementación de la PRV ayuda a controlar eficientemente las presiones también genera una nueva distribución de caudales que a su vez incrementa las pérdidas por fricción en determinados tramos de la red, por lo que se debe realizar un ajuste adicional a los diámetros para cumplir con lo establecido en la Normativa CO 10.07-601 (SENAGUA, 2012). A continuación, se detallan los tramos con pérdidas de carga superiores a 12 m/km.

Tabla 3.5 Tuberías con pérdidas de carga mayores a 12 m/km.

| ID | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Material | Perdida de Carga (m/km) |
|------|--------------|---------------|----------|-------------------------|
| 4655 | 1.25 | 63 | PVC | 87.613 |
| 4672 | 1.79 | 63 | PVC | 20.622 |
| 4715 | 4.61 | 50 | AC | 16.916 |
| 4726 | 5.54 | 63 | PVC | 42.151 |
| 4736 | 6.47 | 63 | PVC | 92.778 |
| 4903 | 35.31 | 63 | PVC | 92.911 |
| 4929 | 39.32 | 63 | PVC | 12.491 |
| 5007 | 51.39 | 50 | AC | 237.941 |
| 5028 | 55.44 | 63 | PVC | 17.222 |
| 5039 | 56.8 | 63 | PVC | 26.466 |
| 5058 | 60.08 | 63 | PVC | 14.649 |

| | | | | |
|------|--------|-----|-----|----------|
| 5077 | 63.52 | 63 | PVC | 33.947 |
| 5096 | 66.83 | 50 | AC | 43.885 |
| 5107 | 68.8 | 63 | PVC | 16.199 |
| 5108 | 68.84 | 110 | AC | 20.442 |
| 5165 | 87.89 | 50 | AC | 14.966 |
| 5191 | 91.99 | 63 | PVC | 109.289 |
| 5203 | 96.4 | 63 | PVC | 37.878 |
| 5204 | 96.65 | 110 | AC | 22.631 |
| 5237 | 109.13 | 63 | PVC | 20.808 |
| 5265 | 127 | 63 | PVC | 27.8 |
| 5301 | 204.42 | 63 | PVC | 34.536 |
| 5302 | 208.14 | 110 | PVC | 36.176 |
| 5329 | 11.13 | 300 | AC | 1,257.99 |

Fuente: Elaboración propia, a partir de modelo hidráulico.

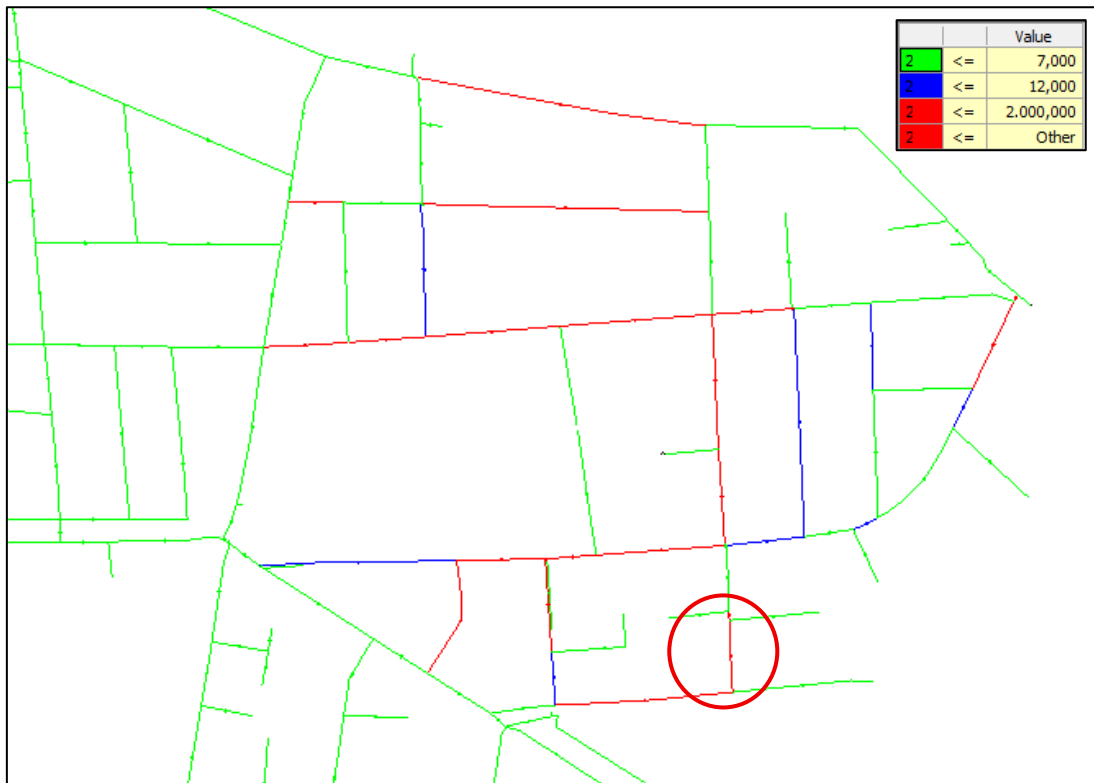
3.5.2 Re-optimización del Modelo Hidráulico por pérdidas de carga

Después de implementar la válvula reductora de presión (PRV), se observaron algunos tramos de la red que presentaban comportamientos fuera de lo esperado, superando los valores de pérdida de carga permitidos según la normativa vigente.

La máxima pérdida de carga localizada se identifica en el tramo final de la calle Antonio Vallejo, comprendido entre las calles Del Chorro y Coronel Francisco Calderón, ubicado en el sector occidental del área de estudio. En este tramo, la pérdida registrada alcanza un valor de 237,941 m/km. Cabe señalar que el coeficiente de Hazen-Williams fue modificado de 130 a 140 para este segmento de la red.

En la Figura 3.7 se detallan las pérdidas de carga con los valores críticos que se presentaron en la modelación.

Figura 3.7 Pérdidas de carga tras el corte de flujo en la Calle Antonio Vallejo entre Calle del Chorro y Calle Coronel Francisco Calderón.



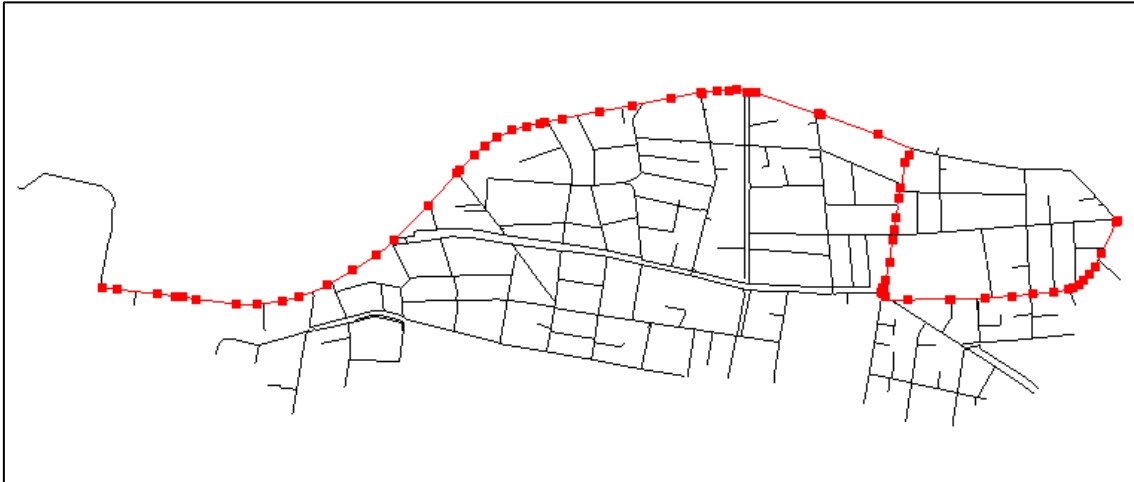
Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

Como medida correctiva para estas nuevas pérdidas de carga, se determinó que la alternativa más eficiente consiste en incrementar nuevamente los diámetros de diversos tramos de tubería ubicados en el sector norte y sureste de la red. Esta intervención se concentra específicamente en el tramo inicial de la Avenida de las Américas, comprendido entre las calles Daniel Alvarado y Mariano Cueva, desde donde el trazado desciende en dirección sur por la vía previamente mencionada. Posteriormente, el recorrido continúa por la calle Coronel Francisco Calderón hasta alcanzar la intersección con la Avenida Armenillas, como se observa en la Figura 3.8.

Adicionalmente, en varios de estos tramos se procedió a modificar el coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams (C), incrementándolo de 130 a 140. Este ajuste responde a la consideración de tuberías en mejores condiciones hidráulicas o fabricadas con materiales más modernos, los cuales presentan una menor rugosidad interna y, en consecuencia, menores pérdidas de carga por fricción. De acuerdo con lo mencionado por Streeter (2000), el coeficiente C de Hazen-Williams depende principalmente del material, la edad y el estado de conservación de la tubería, siendo mayor en conducciones nuevas

o con superficies internas lisas, lo que favorece una reducción en las pérdidas de energía y una mejora en el comportamiento hidráulico del sistema.

Figura 3.8 Tramos con cambios de diámetro de tuberías.



Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

La Tabla 3.6 presenta los tramos principales de tubería que fueron modificados, junto con las calles correspondientes y la identificación (label) asignada en el modelo hidráulico.

Tabla 3.6 Tramos modificados para re-optimización.

| N.º | Identificación del tramo | Label | Diámetro nuevo (mm) | Longitud (m) |
|------------|---|------------|---------------------|--------------|
| 1 | Av. De las Américas, entre calles Daniel Alvarado y Mariano Cueva | 3.1_T_5181 | 315 | 84,85 |
| | | 3.1_T_5183 | 315 | 307,44 |
| | | 3.1_T_5184 | 315 | 121,91 |
| | | 3.1_T_5185 | 315 | 50,39 |
| | | 3.1_T_5186 | 315 | 171,64 |
| | | 3.1_T_5160 | 315 | 16,20 |
| | | 3.1_T_5362 | 315 | 213,88 |
| | | 3.1_T_5279 | 315 | 243,33 |
| | | 3.1_T_5278 | 315 | 12,22 |
| | | 3.1_T_5101 | 315 | 71,86 |
| | | 3.1_T_5029 | 315 | 108,82 |
| | | 3.1_T_5099 | 315 | 53,21 |
| | | 3.1_T_5161 | 315 | 138,72 |
| | | 3.1_T_5100 | 315 | 2,87 |
| | | 3.1_T_5343 | 200 | 108,70 |
| | | 3.1_T_5277 | 200 | 10,47 |
| | | 3.1_T_5359 | 200 | 10,41 |
| | | 3.1_T_5358 | 200 | 155,27 |
| 3.1_T_5206 | 200 | 245,52 | | |

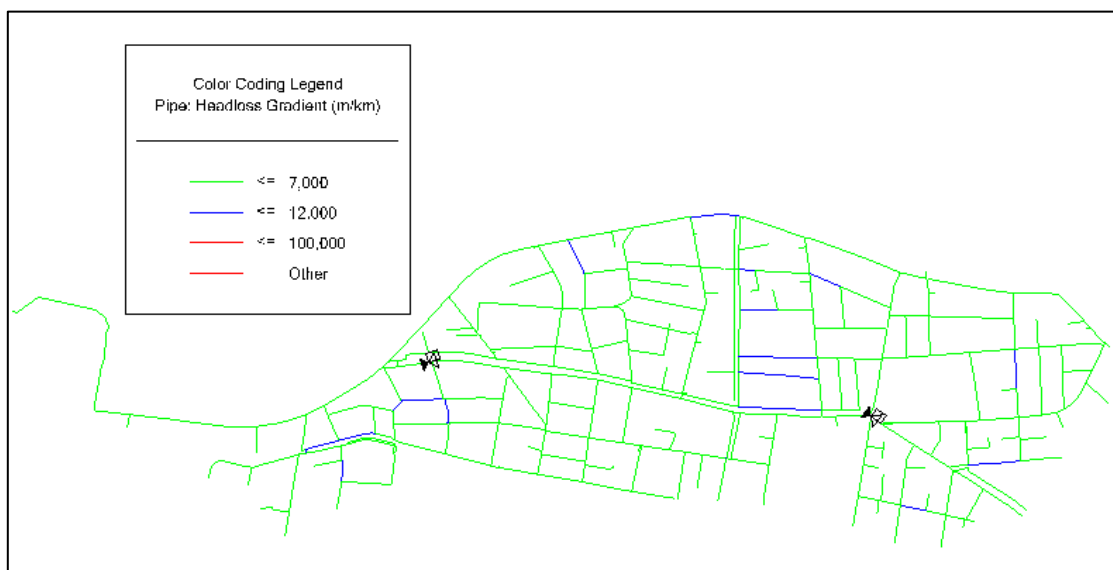
| | | | | |
|---|--|---------------|-----|--------|
| 2 | Calle Mariano Cueva, entre Av. De las Américas y Av. Héroes de Verdeloma | 3.1_T_5209 | 200 | 89,28 |
| | | 3.1_T_5166 | 200 | 19,08 |
| | | 3.1_T_5167 | 200 | 30,34 |
| | | 3.1_T_5344 | 200 | 74,32 |
| | | 3.1_T_5364 | 200 | 113,66 |
| | | 3.1_T_5363 | 200 | 26,94 |
| | | 3.1_T_5220(1) | 200 | 3,95 |
| | | 3.1_T_5220(2) | 200 | 2,82 |
| | | 3.1_T_5219 | 200 | 26,12 |
| 3 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre Av. De las Américas y Av. Armenillas | 3.1_T_5304 | 160 | 140,57 |
| | | 3.1_T_5303 | 160 | 63,52 |
| | | 3.1_T_5027 | 160 | 1,25 |
| | | 3.1_T_5351 | 160 | 35,31 |
| | | 3.1_T_5078 | 160 | 91,99 |
| | | 3.1_T_5333 | 160 | 55,90 |
| | | 3.1_T_5013 | 160 | 34,97 |
| | | 3.1_T_5301 | 160 | 19,50 |
| | | 3.1_T_5302 | 160 | 85,16 |
| | | 3.1_T_5144 | 160 | 31,71 |
| | | 3.1_T_5331 | 160 | 68,80 |
| | | 3.1_T_5361 | 160 | 5,54 |

Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

A partir de las modificaciones realizadas en los tramos de tubería previamente descritos, se logró reducir de manera significativa las pérdidas de carga, manteniéndolas dentro de los límites establecidos por la normativa vigente. En la Figura 3.10 se presenta la distribución de estas pérdidas de carga a lo largo de toda el área de estudio, una vez aplicadas las correcciones correspondientes.

En dicha figura se aprecia que la mayor parte de los tramos, representados en color verde, presentan valores de pérdida de carga inferiores a 7 m/km, lo que refleja un comportamiento hidráulico adecuado del sistema. Asimismo, se identifican cinco tramos señalados en color azul que, aunque superan los 7 m/km, se mantienen dentro del rango admisible de hasta 12 m/km, conforme a los criterios técnicos establecidos.

Figura 3.9 Pérdidas de carga corregidas.



Fuente: Elaboración propia, a partir del modelo hidráulico optimizado para el año 2050.

3.6 Resultados de la optimización: diámetros, pérdidas de carga y presiones

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir del proceso de optimización, mediante el uso de gráficas comparativas que permiten analizar el comportamiento del sistema antes y después de las intervenciones realizadas. Estas comparaciones, presentadas en las Figura 3.11, Figura 3.12 y Figura 3.13, facilitan una visualización clara de los cambios alcanzados en tres aspectos clave del análisis hidráulico: los diámetros de las tuberías, las pérdidas de carga y las presiones en los nodos de la red.

A partir del análisis de dichas gráficas, se puede evidenciar que las modificaciones implementadas permitieron mejorar significativamente el desempeño del sistema, logrando que los parámetros evaluados se ajusten a los criterios establecidos en la normativa vigente. Esto se traduce en una red de distribución con un funcionamiento más estable y eficiente desde el punto de vista hidráulico.

Adicionalmente, es importante destacar que la optimización no solo contribuyó a reducir las pérdidas de carga y corregir problemas de presión, sino que también permitió una mejor distribución de caudales a lo largo de la red. Esto favorece la continuidad del servicio, especialmente en zonas que anteriormente presentaban deficiencias, y reduce el riesgo de fallas operativas asociadas a condiciones hidráulicas inadecuadas. En conjunto, estos resultados evidencian que las medidas adoptadas fortalecen el desempeño global

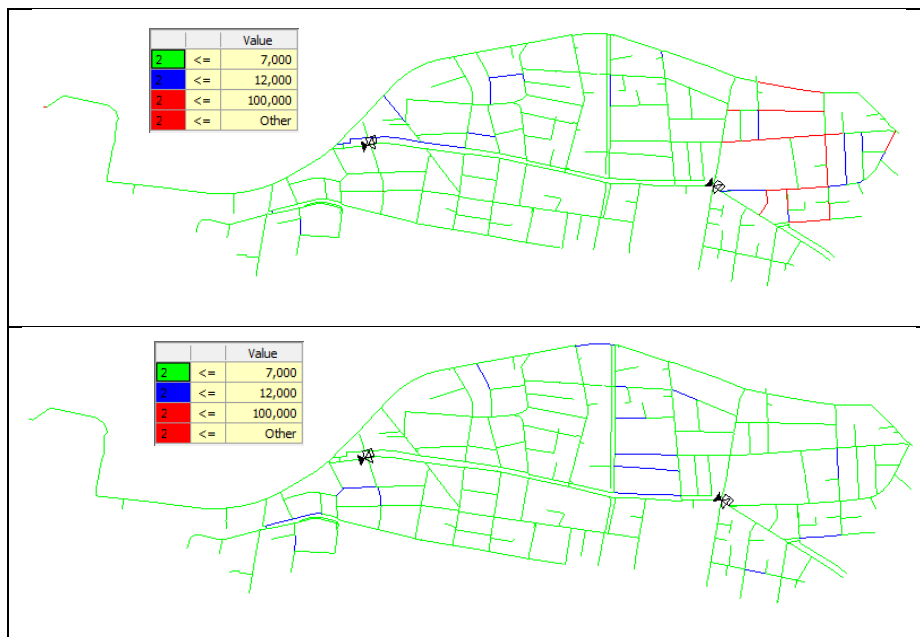
del sistema y mejoran su capacidad para responder a las condiciones actuales y futuras de demanda.

Figura 3.10 Comparación de diámetros antes y después de la optimización.



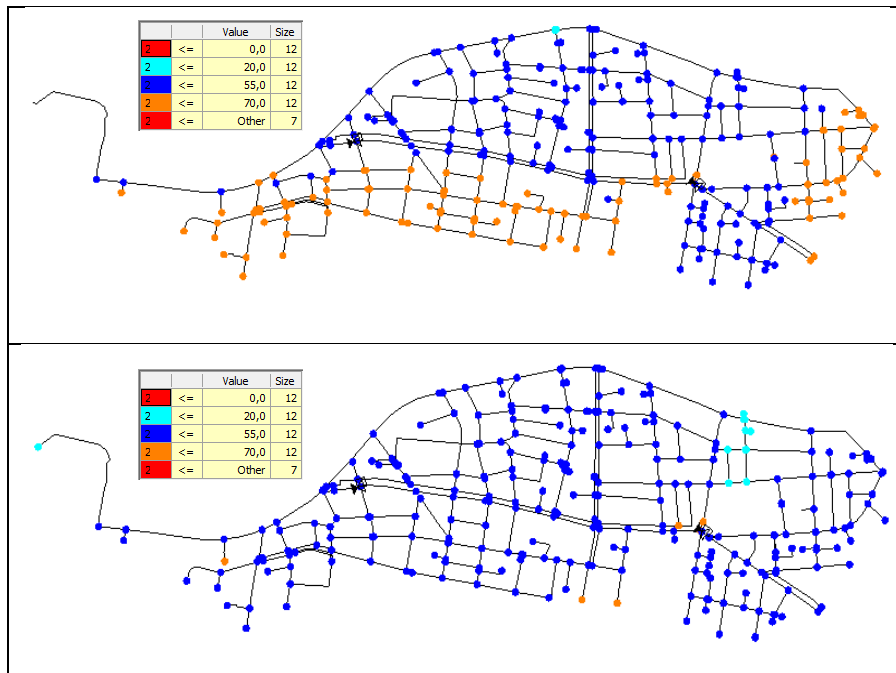
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.11 Comparación de pérdidas de carga antes y después de la optimización.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.12 Comparación de presión en nodos antes y después de la optimización.



Fuente: Elaboración propia.

3.7 Propuesta Técnica de Reforzamiento de la Red

Tras finalizar la optimización del modelo hidráulico, se plantea la propuesta técnica destinada a potenciar el desempeño operativo del sistema de abastecimiento de agua potable del sector 3.1 Planta El Cebollar.

Este planteamiento establece las modificaciones estructurales necesarias para asegurar que la red mantenga su capacidad de respuesta eficiente frente al incremento de la demanda proyectada para el año 2050.

Las intervenciones contemplan el redimensionamiento de tramos críticos mediante la implementación de tuberías con mayores diámetros y la integración estratégica de la válvula reductora de presión para la estabilización de la red.

3.7.1 Aumento de diámetros de tuberías existentes

Se propone el redimensionamiento para los tramos de tuberías que poseen diámetros insuficientes debido a que en el futuro presentarán limitantes para la capacidad hidráulica de la red, estos tramos deberán ser reemplazados con tuberías de mayor diámetro.

La Tabla 3.7 presenta un total de 79 tramos de tubería de la red que han sido identificados para ser reemplazados por tuberías de mayor diámetro. Se detalla la

ubicación de cada tramo, su respectivo identificador o label utilizado en la modelación hidráulica, el diámetro optimizado y la longitud en metros.

Cabe destacar que el tramo más largo a intervenir tiene una longitud de 243.33 metros, mientras que el tramo más corto es de 1.01 metros. En relación a los diámetros propuestos, el mayor corresponde a 315 mm y el menor a 50 mm, evidenciando una variabilidad de las dimensiones requeridas para la adaptación de las condiciones específicas de cada zona de la red. La longitud total de tuberías a reemplazar es de 5047.55 metros.

Tabla 3.7 *Tramos de tuberías a cambiar con sus respectivos diámetros.*

| N° | Tramo identificado | Label | Diámetro nuevo (mm) | Longitud (m) |
|-----------|--|--------------|----------------------------|---------------------|
| 1 | Calle Tomas Heres y Calle B | 3.1_T_5122 | 110 | 1.01 |
| 2 | Calle Cornel Francisco Calderón, entre Calle Manuel Gálvez y Calle Margarita Torres | 3.1_T_5027 | 160 | 1.25 |
| 3 | Calle Coronel Francisco Calderón entre Calle Margarita Torres y Calle Antonio Vallejo | 3.1_T_5143 | 160 | 1.32 |
| 4 | Calle Coronel Francisco Tamariz entre Av. de las Américas y Calle A | 3.1_T_5100 | 315 | 2.87 |
| 5 | Av. de las Américas, entre Calle Mariano Cueva y Calle General Antonio Farfán | 3.1_T_5300 | 110 | 4.31 |
| 6 | Calle Hernando de la Cruz y Calle Esteves de Toral | 3.1_T_5074 | 110 | 5.14 |
| 7 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre Calle Armenillas y Calle Eugenio Espejo | 3.1_T_5361 | 160 | 5.54 |
| 8 | Av. Héroes de Verdeloma y Calle Coronel Francisco Tamariz | 3.1_T_5332 | 110 | 13.18 |
| 9 | Calle Rafael María Arizaga, entre Calle Miguel Heredia y Calle Miguel Vélez | 3.1_T_5318 | 63 | 10.49 |
| 10 | Av. de las Américas y Calle Presidente Luis Cordero. | 3.1_T_5277 | 200 | 10.47 |
| 11 | Av. de las Américas y Calle Tarqui | 3.1_T_5278 | 315 | 12.22 |
| 12 | Av. Héroes de Verdeloma, entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Calle Esteves de Toral | 3.1_T_5200 | 200 | 14.67 |

| | | | | |
|----|---|------------|-----|-------|
| 13 | Av. Héroes de Verdeloma y Calle Coronel Francisco Tamariz | 3.1_T_5194 | 160 | 16.54 |
| 14 | Calle Mariano Cueva, entre Calle Tomas Heres y Calle Boyaca | 3.1_T_5166 | 200 | 19.08 |
| 15 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre calle José María Omaza Briones y Calle Tres | 3.1_T_5301 | 160 | 19.5 |
| 16 | Av. Héroes de Verdeloma, entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Av. de las Américas | 3.1_T_5158 | 200 | 22.48 |
| 17 | Calle Miguel Cordero, entre Av. de las Américas y Calle Tomas de Heres | 3.1_T_5156 | 110 | 23.04 |
| 18 | Calle Miguel Vélez, entre Av. de las Américas y Calle Hernando de la Cruz | 3.1_T_5001 | 63 | 26.03 |
| 19 | Av. Héroes de Verdeloma, entre Calle Mariano Cueva y Calle Coronel Francisco Calderón | 3.1_T_5219 | 200 | 26.12 |
| 20 | Calle Mariano Cueva, entre Calle Tomas de Heres y Calle Boyaca | 3.1_T_5167 | 200 | 30.34 |
| 21 | Calle Coronel Guillermo Talbot, entre Calle Hernando de la Cruz y Calle Alberto Muñoz Vernaza | 3.1_T_5240 | 110 | 33.84 |
| 22 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre Calle J Peñafiel y Calle de las Alcabalas | 3.1_T_5144 | 160 | 31.71 |
| 23 | Calle General Antonio Farfán, entre Av. de las Américas y Pasaje de las Américas | 3.1_T_5294 | 63 | 32.7 |
| 24 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre Calle Tres y Calle Javier Loyola | 3.1_T_5013 | 160 | 34.97 |
| 25 | Calle Coronel Francisco Calderón y Calle Margarita Torres | 3.1_T_5351 | 160 | 35.31 |
| 26 | Calle Presidente Luis Cordero, entre Calle Eugenio Espejo y Calle Juan de Salinas | 3.1_T_5347 | 110 | 37.91 |
| 27 | Calle Tomas de Heres, entre Calle Presidente Luis Cordero y Calle Dos | 3.1_T_5070 | 63 | 38.13 |
| 28 | Calle Eugenio Espejo, entre Calle Sandes y Calle Santander | 3.1_T_5026 | 110 | 40.6 |

| | | | | |
|----|---|------------|-----|-------|
| 29 | Calle Antonio Vallejo, entre Calle Coronel Francisco Calderón y Calle La Gasca Dos | 3.1_T_5142 | 63 | 47.14 |
| 30 | Calle Rafael María Arizaga, entre Calle Doce y Calle Coronel Guillermo Talbot | 3.1_T_5315 | 63 | 48.85 |
| 31 | Calle Hernando de la Cruz, entre Calle Doce y Calle Coronel Guillermo Talbot | 3.1_T_5337 | 110 | 49.85 |
| 32 | Calle Eugenio Espejo, entre Calle Miguel Cordero y Calle Sandes | 3.1_T_5021 | 110 | 50.14 |
| 33 | Av. de las Américas y Calle Padre Aguirre | 3.1_T_5099 | 315 | 53.21 |
| 34 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre Calle Antonio Vallejo y Calle Javier Loyola | 3.1_T_5333 | 160 | 55.9 |
| 35 | Calle General Antonio Farfán, entre Pasaje de las Américas y Calle Tomas de Heres | 3.1_T_5295 | 63 | 57.71 |
| 36 | Av. Héroes de Verdeloma y Calle Coronel Francisco Tamariz | 3.1_T_5012 | 63 | 59.22 |
| 37 | Calle Esteves de Toral, entre Calle Alberto Muñoz Vernaza y Calle Hernando de la Cruz | 3.1_T_5269 | 63 | 60.58 |
| 38 | Av. de las Américas, entre Calle Mariano Cueva y Calle General Antonio Farfán | 3.1_T_5178 | 110 | 63.29 |
| 39 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre Calle Manuel Gálvez y Calle Margarita Torres | 3.1_T_5303 | 160 | 63.52 |
| 40 | Calle Miguel Cordero, entre Av. de las Américas y Calle Tomas de Heres | 3.1_T_5259 | 110 | 64.42 |
| 41 | Calle Eugenio Espejo, entre Calle Santander y Calle Mariano Cueva | 3.1_T_5022 | 110 | 65.99 |
| 42 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre Calle Eugenio Espejo y Calle J Peñafiel | 3.1_T_5331 | 160 | 68.8 |
| 43 | Calle Antonio Vallejo, entre Calle Coronel Francisco Calderón y Calle D | 3.1_T_5348 | 63 | 68.84 |
| 44 | Av. de las Américas, entre Calle Tarqui y Calle General Torres | 3.1_T_5101 | 315 | 71.86 |
| 45 | Calle mariano Cueva, entre Calle Boyaca y Calle Eugenio Espejo | 3.1_T_5344 | 200 | 74.32 |

| | | | | |
|----|---|------------|-----|--------|
| 46 | Av. Héroes de Verdeloma y Calle Padre Aguirre | 3.1_T_5306 | 63 | 78.33 |
| 47 | Av. Héroes de Verdeloma, entre Av. de las Américas y Calle Esteves de Toral | 3.1_T_5345 | 150 | 89.06 |
| 48 | Calle Presidente Luis Cordero, entre Calle Juan de Salinas y Av. Héroes de Verdeloma | 3.1_T_5016 | 110 | 82.32 |
| 49 | Calle Rafael María Arizaga, entre Calle Miguel Heredia y Calle Miguel Vélez | 3.1_T_5317 | 110 | 82.32 |
| 50 | Av. Héroes de Verdeloma, entre Calle General Torres y Calle Padre Aguirre | 3.1_T_5082 | 63 | 83.36 |
| 51 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre Calle de las Alcabalas y Calle José María Omaza Briones | 3.1_T_5302 | 160 | 85.16 |
| 52 | Calle Mariano Cueva, entre Av. de las Américas y Calle Tomas de Heres | 3.1_T_5209 | 200 | 89.28 |
| 53 | Calle Rafael María Arizaga, entre Calle Miguel Vélez y Calle Doce | 3.1_T_5316 | 63 | 91.42 |
| 54 | Calle General Torres, entre Av. de las Américas y Calle Teniente Hugo Ortiz | 3.1_T_5244 | 50 | 90.83 |
| 55 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre Calle Margarita Torres y Calle Antonio Vallejo | 3.1_T_5078 | 160 | 91.99 |
| 56 | Calle Antonio Vallejo, entre Calle Eugenio Espejo y Calle D | 3.1_T_5249 | 50 | 96.65 |
| 57 | Calle Presidente Luis Cordero, entre Calle Tomas de Heres y Calle Boyaca | 3.1_T_5252 | 110 | 98.78 |
| 58 | Calle Hernando de la Cruz, entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Calle Esteves de Toral | 3.1_T_5251 | 110 | 99.53 |
| 59 | Calle Teniente Hugo Ortiz, entre Calle General Torres y Calle Padre Aguirre | 3.1_T_5126 | 50 | 105.64 |
| 60 | Av. de las Américas, entre Calle Coronel Francisco Tamariz y Calle Presidente Luis Cordero | 3.1_T_5343 | 200 | 108.7 |
| 61 | Av. Héroes de Verdeloma, entre Calle Tarqui y Calle General Torres | 3.1_T_5093 | 63 | 108.7 |
| 62 | Av. de las Américas, entre Calle General Torres y Calle Padre Aguirre | 3.1_T_5029 | 315 | 108.82 |

| | | | | |
|----|--|---------------|-----|--------|
| 63 | Calle Hernando de la Cruz, entre Calle Miguel Vélez y Calle Doce | 3.1_T_5340 | 110 | 112.47 |
| 64 | Calle Presidente Luis Cordero, entre Calle Boyaca y Calle Eugenio Espejo | 3.1_T_5138 | 110 | 111.51 |
| 65 | Calle Rafael María Arizaga, entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Calle Esteves de Toral | 3.1_T_5314 | 63 | 125.88 |
| 66 | Av. Héroes de Verdeloma, entre Calle Coronel Francisco Tamariz y Calle Presidente Luis Cordero | 3.1_T_5354 | 110 | 130.08 |
| 67 | Calle Tomas de Heres, entre Calle Dos y Calle Miguel Cordero | 3.1_T_5324 | 63 | 132.37 |
| 68 | Av. Héroes de Verdeloma, entre Calle Nicanor Merchán y Calle Tarqui | 3.1_T_5092 | 63 | 137.86 |
| 69 | Av. de las Américas, entre Calle Padre Aguirre y Calle Coronel Francisco Tamariz | 3.1_T_5161 | 315 | 138.72 |
| 70 | Calle Coronel Francisco Calderón, entre Av. Héroes de Verdeloma y Calle Manuel Gálvez | 3.1_T_5304 | 160 | 140.57 |
| 71 | Av. de las Américas, entre Calle Presidente Luis Cordero y Calle Miguel Cordero | 3.1_T_5286 | 63 | 165.69 |
| 72 | Av. de las Américas, entre Av. Héroes de Verdeloma y Calle Nicanor Merchán | 3.1_T_5362 | 315 | 213.88 |
| 73 | Av. de las Américas, entre Calle Nicanor Merchán y Calle Tarqui | 3.1_T_5279 | 315 | 243.33 |
| 74 | Calle Mariano Cueva y Av. Héroes de Verdeloma | 3.1_T_5363 | 200 | 26.94 |
| 75 | Calle Mariano Cueva, entre Av. Héroes de Verdeloma y Calle Eugenio Espejo | 3.1_T_5364 | 200 | 113.66 |
| 76 | Av. Héroes de Verdeloma, entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Calle Esteves de Toral | 3.1_T_5368 | 200 | 74.4 |
| 77 | Av. Héroes de Verdeloma, entre Calle Coronel Guillermo Talbot y Calle Esteves de Toral | 3.1_T_5369 | 200 | 8.12 |
| 78 | Av. Héroes de Verdeloma y Calle Mariano Cueva | 3.1_T_5220(1) | 200 | 3.95 |
| 79 | Av. Héroes de Verdeloma y Calle Mariano Cueva | 3.1_T_5220(2) | 200 | 2.82 |

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 3.8 muestra un resumen de las tuberías a cambiar con su diámetro y longitud en general.

Se puede observar que la tubería de 63 mm es la de mayor longitud a cambiar, con 1373,3 metros, seguida de las tuberías de la tabla 3.8 que se muestra a continuación. Cabe mencionar que todos los tramos intervenidos mantienen el tipo de material PVC.

Tabla 3.8 Longitudes de tubería por diámetro y material.

| Diámetro (mm) | Longitud (m) | Material |
|----------------------|---------------------|-----------------|
| 50 | 293,12 | PVC |
| 63 | 1373,3 | PVC |
| 110 | 1169,73 | PVC |
| 150 | 89,06 | PVC |
| 160 | 652,08 | PVC |
| 200 | 625,35 | PVC |
| 315 | 844,91 | PVC |
| TOTAL (m): | 5047,55 | |

Fuente: Elaboración propia.

3.7.2 Implementación de una válvula reductora de presión

Posterior de la optimización de diámetros en las tuberías que lo requerían, se presentaron problemas de presiones excesivas en el sector, por lo que se propone implementar una válvula reductora de presión (PRV).

En la tabla 3.3 y en la figura 3.3 presentadas anteriormente para la optimización de presiones, se detalla la ubicación precisa y las características técnicas para la implementación de la válvula.

A continuación, en la tabla 3.9 se detalla un resumen con la información preliminar para la ubicación de la válvula.

Tabla 3.9 Detallado para la ubicación de PRV.

| | |
|------------------------------|---|
| Sector de instalación | Av. Héroes de Verdeloma y Calle Mariano Cueva |
| Nodo de referencia | 3.1_N_1064 |
| Presión inicial | > 60 |
| Presión de consigna | < 50 |

Fuente: Elaboración propia.

Para que la válvula cumpla el objetivo de reducir las presiones excesivas, fue necesario cerrar el flujo en tramos de tubería ubicados en las siguientes calles:

- Av. Héroes de Verdeloma y Calle Mariano Cueva
- Calle Tomas de Heres y Calle Mariano Cueva
- Av. Héroes de Verdeloma (entre carriles)
- Avenida Héroes de Verdeloma
- Calle Eugenio Espejo y Calle Mariano Cueva
- Calle Coronel Guillermo Talbot y Av. Héroes de Verdeloma
- Calle Miguel Heredia y av. de las Américas
- Calle Miguel Vélez y Av. de las Américas

En la Tabla 3.4 y en la Figura 3.6 presentadas anteriormente se muestran los tramos en los que se cerraron el flujo detalladamente, con el fin de controlar el flujo y evitar presiones excesivas en el sector.

Conclusiones

En el presente trabajo se realizó la modelación, análisis, y optimización hidráulica de la Red Alta del Centro Histórico, sector 3.1, Planta El Cebollar de la ciudad de Cuenca, con la finalidad de evaluar el comportamiento hidráulico del sistema de distribución ante la demanda existente y proponer alternativas que permitan mejorar su funcionamiento, eficiencia y continuidad del servicio ante la demanda actual y la demanda proyectada para el año 2050.

Para la construcción de la modelación hidráulica, se procesó la información técnica proveniente de la entidad administrativa ETAPA EP, la cual incluía planos, especificaciones de materiales presentes en las tuberías de la red, dotación y caudales. Esta base de datos permitió estructurar un modelo de alta fidelidad que simula con precisión las variables hidráulicas para el escenario actual y el proyectado, de la misma manera se pudo observar que el incremento poblacional ha generado una demanda que excede la capacidad operativa de la red actual por lo que se debe implementar un plan de reforzamiento y una actualización del sistema de distribución.

La simulación permitió evaluar los puntos críticos de la red actual en la que se identificaron 5.84 km de tubería con gradientes hidráulicos superiores a 12 m/km y 61 nodos con presiones excedentes a los 50 m.c.a permitidos por la normativa vigente Norma CO 10.07-601 (SENAGUA, 2012) exponiendo la red a riesgos operativos y fallas estructurales.

La optimización propuesta, detalla el aumento de diámetro en 79 tramos de tubería con una longitud total de 5047.55 metros como se muestra en la tabla 3.8. Complementariamente, se contempló el uso de accesorios como válvulas de seccionamiento o taponés para el seccionamiento de flujo y la instalación estratégica de una Válvula Reductora de Presión (PRV). Estas medidas permitieron reducir las pérdidas de carga y controlar las presiones dentro de los rangos admisibles por la normativa, mejorando así la eficiencia y seguridad de la red.

La comparación entre el estado actual de la red y el optimizado, demuestra que las intervenciones propuestas, garantizan el cumplimiento en su totalidad de los parámetros hidráulicos estipulados en la normativa, asegurando así que la red opere de manera eficiente ante la demanda actual y la proyectada.

Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos de la evaluación hidráulica, se plantean las siguientes recomendaciones:

Se recomienda a la empresa ETAPA EP, evaluar la viabilidad técnica y operativa para la ejecución de las mejoras estructurales derivadas del presente estudio. Los resultados, validados mediante las simulaciones en los escenarios de máxima demanda y bajo el cumplimiento estricto de la normativa vigente, garantiza una mejora sustancial en la eficiencia de distribución en el sector 3.1 Planta El Cebollar.

Se sugiere establecer un cronograma de sustitución prioritaria para aquellos tramos de tubería que presentan pérdidas por fricción críticas y diámetros nominales insuficientes. Estas intervenciones permitirán prevenir interrupciones en el abastecimiento del sistema y daños estructurales de la misma.

De la misma manera, se recomienda la instalación de la válvula reductora de presión en zonas con menor altitud conforme a la ubicación estratégica definida en el modelo. Esta medida es fundamental para mitigar presiones excesivas, asegurando la prolongación de vida útil y el correcto funcionamiento de la red.

Para futuras intervenciones de reforzamiento, se recomienda integrar proyecciones de crecimiento urbano para años superiores al 2050, ya que permitirá anticipar el comportamiento del sistema ante el crecimiento de la demanda y así evitar que la red vuelva a verse superada a mediano plazo por una subestimación de la demanda.

Se propone también el fortalecimiento entre las instituciones académicas con la empresa ETAPA EP para extender el alcance de este análisis hacia zonas con problemáticas similares dentro del sector 3.1 Planta El Cebollar, ya que el presente estudio se enfocó únicamente en la zona especificada inicialmente.

Finalmente, se recomienda realizar mantenimientos periódicos y monitoreos operativos con la ayuda de herramientas de modelación hidráulica, ya que permitirá a los operadores anticipar contingencias, optimizar la toma de decisiones basadas en datos y garantizar un abastecimiento de agua potable eficiente, seguro y sostenible con el tiempo.

Bibliografía

- Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial No. 449. Obtenido de Ministerio de Defensa Nacional del Ecuador: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Comisión Nacional de Agua. (2019). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento; Diseño de redes de distribución de agua potable*. Ciudad de México: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.
- Comisión Nacional del Agua. (2019). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento; Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*. Ciudad de México: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.
- Giles, R. (1993). *Mecánica de los fluidos e hidráulica* (Segunda ed.). McGraw-Hill.
- Gordillo Castillo, I. S., & Proaño Jaramillo, J. A. (2024). "DETERMINACIÓN DE CONSUMOS Y FACTORES DE MAYORACIÓN PARA CAUDAL MÁXIMO DIARIO Y CAUDAL MÁXIMO HORARIO RESPECTO A LECTURAS DE MACROMEDICIÓN EN TANQUES DE RESERVA DE AGUA POTABLE CORRESPONDIENTES A LOS CANTONES DE CUENCA Y SALINAS". Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/items/fc8d3d0e-64f9-4603-80d3-f59f1b0a3016>
- Haro-Terán, L. F. (2024). El acceso al agua potable en Ecuador: trascendiendo fronteras hacia la universalidad del derecho humano [Access to safe drinking water in Ecuador: transcending borders towards the universality of a human right]. *Verdad Y Derecho. Revista Arbitrada De Ciencias Jurídicas Y Sociales*. Obtenido de <https://doi.org/10.62574/nhxa6e22>
- Limachi Mozo, S. M. (2021). *Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable con modelamiento de Watercad y EPANET, Tambillo, Puno, 2021*. Universidad César Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88314>

- Mendieta, E. P. (2019). Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8921/1/14569.pdf>
- Naciones Unidas Ecuador. (2025). *ODS 6: Agua y saneamiento*. Obtenido de Naciones Unidas Ecuador: <https://ecuador.un.org/es/sdgs/6>
- Organizacion Mundial de la Salud. (13 de Septiembre de 2023). *Agua para consumo humano*. Obtenido de Organizacion mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Paguay Serpa, J. E., & Vázquez Andrade, C. (2023). *Evaluación y Propuesta de Optimización para el Sistema de Agua Potable de la Junta Administrativa Chorro la Calera, Cuenca, Azuay*. [Tesis de grado, Universidad del Azuay]. Repositorio Institucional UDA. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/13395/1/18920.pdf>
- SENAGUA. (2012). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*.
- SENAGUA. (2012). *NORMA PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*.
- Streeter, V. L., Wylie, B., & Bedford, K. (2000). *Mecánica de fluidos* (Novena ed.). McGraw-Hill.
- UNICEF Ecuador. (2017). *Acceso al agua, saneamiento e higiene*. Obtenido de UNICEF Ecuador: <https://www.unicef.org/ecuador/acceso-agua-saneamiento-e-higiene>

ANEXOS

Anexo 1. Levantamiento de información comercial y de servicios en la zona de estudio.

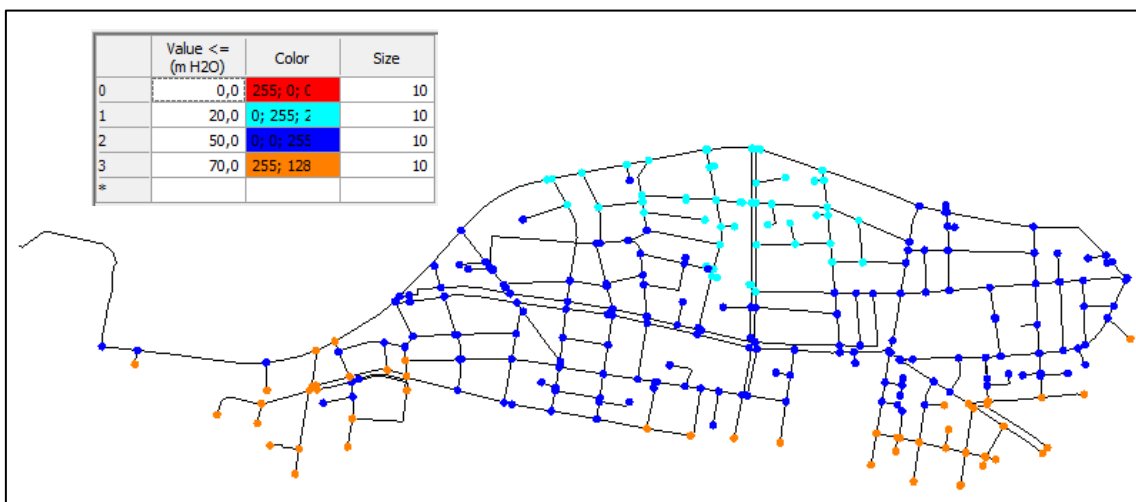
| Restaurantes | Consultorios, clínicas odontológicas, psicológicas y laboratorios clínicos | Centros Educativos |
|---|---|---|
| El broster de Gokú Viko al carbón El aula del buen sabor Ya que chuzo Family Pizza Crazy Food Botánico El Homero Cuenca Yummy Cybemet Patrick Donuts | Prodentec Borealis Dental K Go Dental PROSALUD Medifit Clinica de las emociones Centro de Salud N2 Medifit San Art Consultorio Médico Lema Benavides | Federico Proaño Manuel J Calle Escuela España Home School Nuevo Milenio Alberto Andrade Arizaga Cristo Rey San Pedro Nolasco Luna de Cristal |
| Los Picantes de Leo | Gym y Belleza | Negocios varios, tiendas, ferreterías |
| Salsa verde La embajada manabita Pergola Villaclara Hamburguesas Mezza Luna El secreto del volcán Delicias Verito Casa Nostra The Big Bite | Fitness Tech Vintage Barber Shop Eleva Granada Fit d'Anny Gia Salamea Le confident Force Gym Elys Beauty Estetica Boyer Mary Belleza Natural | Los Buhos Almacén Américas Grosery Las Américas Proserauto AMP Motors Auto Siglo Megautos ImporAuto Autopro Minimarket MC JS CrediAuto Juan Serrano Auto Tati Bermeo Tienda Doña Tere Jeff's Market Minimarket Su Kasita |
| Pollos de la Remigio Rancho Dorado Handanick | Hospedaje, hoteles y hostales Alta Vista | |

| | | |
|---------------------|----------------------------|---------------------------|
| Pollo Volador | Americano | Autocomercio Luzuriaga |
| Boca de mar | San Antonio | Automagico Detail Studio |
| Martina's Pizzeria | Kuna | Talleres Auquilla E hijos |
| Shogun | Blue Door Housing Historic | Auto Total |
| La probadita | Cuenca | El Ahorro |
| Cosum | | Tienda Boyaca |
| Marisqueria Don | | San Marco Ferreteria |
| Santi | | Mecánica Duran |
| Picantería Tania | | Librería L.C |
| El tiburón | | Automotores Yuquilema |
| Delicias caseras | | Cobijar |
| Chuzos de la héroes | | Bety's Mini Mercado |
| | | Forros y tapicería Medina |
| | | La Casita Market |
| | | My Market Charly |
| | | Servicio Automovil |
| | | Molina |
| | | Maderas El Vecino |
| | | Calle Ferreteria |
| | | Glazzman |
| | | Ferricons |

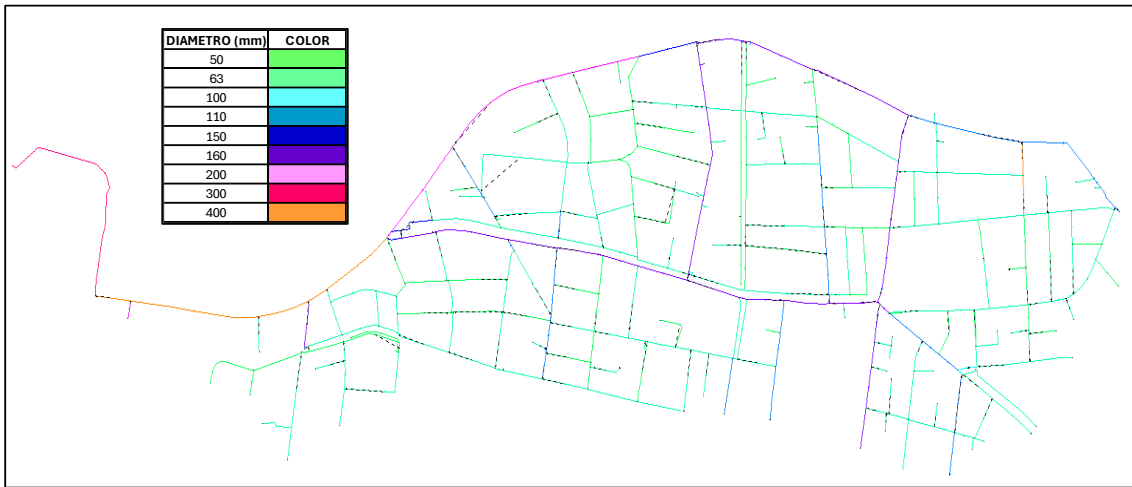
Anexo 2. Perdidas de carga en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, **modelo hidráulico 2050 sin optimizar.**



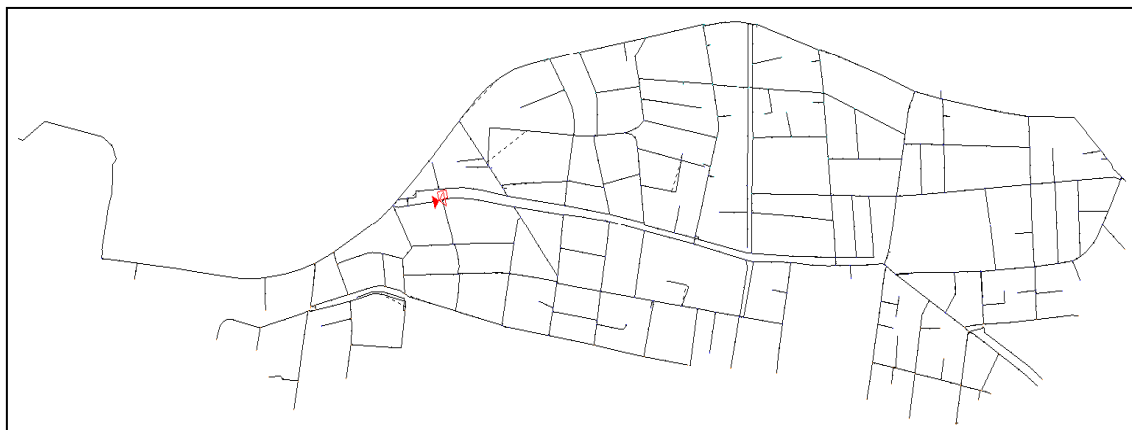
Anexo 3. Presiones en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, **modelo hidráulico 2050 sin optimizar.**



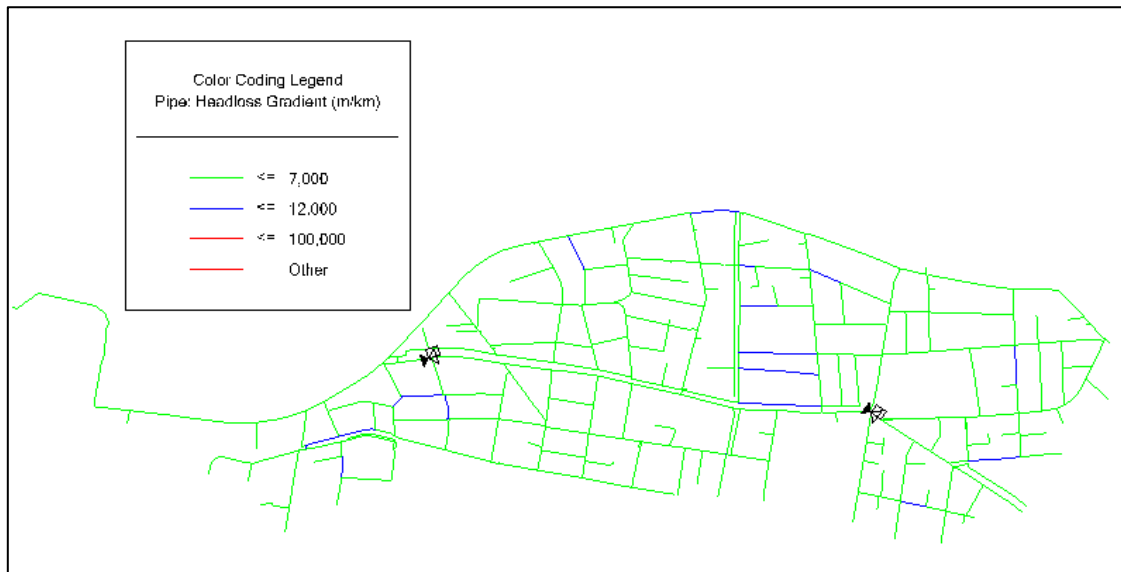
Anexo 4. Diámetros de tubería en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar.



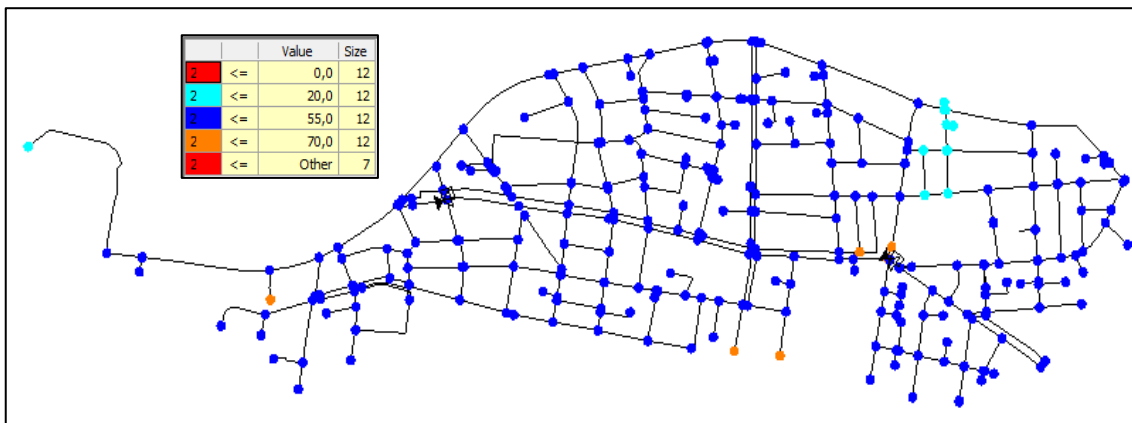
Anexo 5. Ubicación de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 sin optimizar.



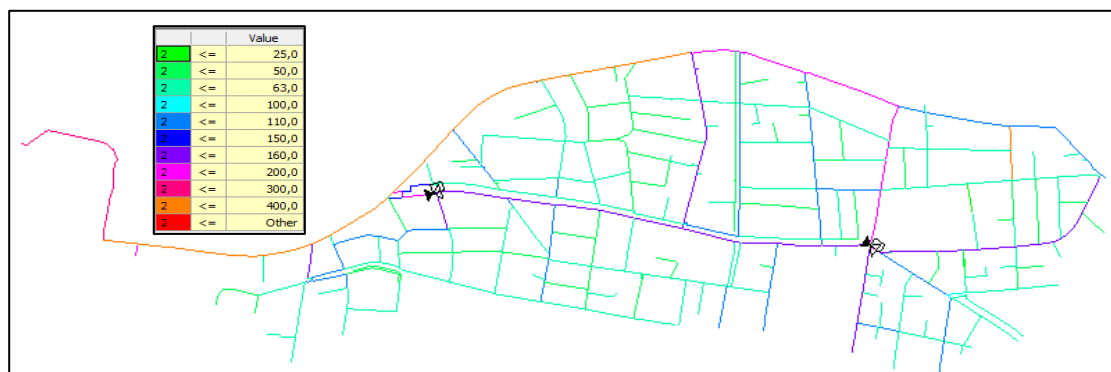
Anexo 6. Perdidas de carga en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado.



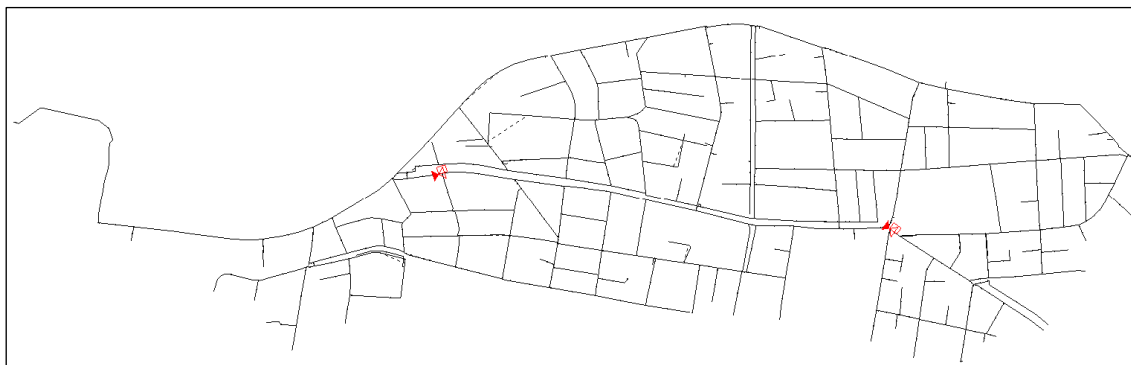
Anexo 7. Presiones en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado.



Anexo 8. Diámetros de tubería en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado.



Anexo 9. Ubicación de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, **modelo hidráulico 2050 optimizado.**



Anexo 10. Tabla General de Nodos en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, **modelo hidráulico 2050 sin optimizar.**

| ID | Label | Elevación (m) | Demanda (l/s) | Grado Hidráulico (m) | Presión (m.c.a) |
|------|------------|---------------|---------------|----------------------|-----------------|
| 4644 | 3.1_N_1001 | 2,548.54 | 0 | 2,602.68 | 54 |
| 4645 | 3.1_N_1002 | 2,548.56 | 1 | 2,602.69 | 54 |
| 4647 | 3.1_N_1003 | 2,550.99 | 0 | 2,603.25 | 52.2 |
| 4648 | 3.1_N_1004 | 2,550.95 | 1 | 2,603.24 | 52.2 |
| 4650 | 3.1_N_1005 | 2,598.08 | 0 | 2,605.79 | 7.7 |
| 4651 | 3.1_N_1006 | 2,598.02 | 0 | 2,605.78 | 7.8 |
| 4653 | 3.1_N_1007 | 2,600.00 | 0 | 2,610.63 | 10.6 |
| 4654 | 3.1_N_1008 | 2,600.00 | 0 | 2,610.62 | 10.6 |
| 4656 | 3.1_N_1009 | 2,558.99 | 0 | 2,602.56 | 43.5 |
| 4657 | 3.1_N_1010 | 2,558.96 | 0 | 2,602.55 | 43.5 |
| 4659 | 3.1_N_1011 | 2,557.41 | 0 | 2,601.84 | 44.3 |
| 4660 | 3.1_N_1012 | 2,557.41 | 0 | 2,601.83 | 44.3 |
| 4662 | 3.1_N_1013 | 2,561.80 | 0 | 2,606.65 | 44.8 |
| 4663 | 3.1_N_1014 | 2,561.75 | 0 | 2,606.65 | 44.8 |
| 4665 | 3.1_N_1015 | 2,578.81 | 0 | 2,608.17 | 29.3 |
| 4667 | 3.1_N_1016 | 2,583.82 | 0 | 2,619.55 | 35.7 |
| 4668 | 3.1_N_1017 | 2,583.72 | 0 | 2,619.55 | 35.8 |
| 4670 | 3.1_N_1018 | 2,579.32 | 0 | 2,604.43 | 25.1 |
| 4671 | 3.1_N_1019 | 2,579.31 | 1 | 2,604.43 | 25.1 |
| 4673 | 3.1_N_1020 | 2,563.46 | 1 | 2,602.35 | 38.8 |
| 4674 | 3.1_N_1021 | 2,563.52 | 0 | 2,602.37 | 38.8 |
| 4676 | 3.1_N_1022 | 2,560.43 | 0 | 2,609.00 | 48.5 |
| 4678 | 3.1_N_1023 | 2,570.92 | 0 | 2,630.52 | 59.5 |
| 4679 | 3.1_N_1024 | 2,570.68 | 0 | 2,630.52 | 59.7 |
| 4681 | 3.1_N_1025 | 2,565.56 | 0 | 2,608.13 | 42.5 |
| 4682 | 3.1_N_1026 | 2,565.37 | 0 | 2,608.13 | 42.7 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|---|----------|------|
| 4684 | 3.1_N_1027 | 2,605.70 | 0 | 2,611.41 | 5.7 |
| 4685 | 3.1_N_1028 | 2,605.52 | 0 | 2,611.31 | 5.8 |
| 4687 | 3.1_N_1029 | 2,587.81 | 0 | 2,608.57 | 20.7 |
| 4688 | 3.1_N_1030 | 2,587.92 | 0 | 2,608.57 | 20.6 |
| 4690 | 3.1_N_1031 | 2,549.99 | 0 | 2,602.68 | 52.6 |
| 4691 | 3.1_N_1032 | 2,550.28 | 0 | 2,602.68 | 52.3 |
| 4693 | 3.1_N_1033 | 2,563.12 | 0 | 2,605.14 | 41.9 |
| 4694 | 3.1_N_1034 | 2,562.91 | 0 | 2,605.13 | 42.1 |
| 4696 | 3.1_N_1035 | 2,546.34 | 0 | 2,602.51 | 56.1 |
| 4697 | 3.1_N_1036 | 2,546.16 | 0 | 2,602.50 | 56.2 |
| 4699 | 3.1_N_1037 | 2,582.98 | 0 | 2,623.26 | 40.2 |
| 4700 | 3.1_N_1038 | 2,582.71 | 0 | 2,623.26 | 40.5 |
| 4702 | 3.1_N_1039 | 2,605.56 | 0 | 2,611.41 | 5.8 |
| 4704 | 3.1_N_1040 | 2,603.24 | 0 | 2,621.13 | 17.9 |
| 4706 | 3.1_N_1041 | 2,546.12 | 1 | 2,602.68 | 56.4 |
| 4708 | 3.1_N_1042 | 2,565.19 | 0 | 2,607.39 | 42.1 |
| 4709 | 3.1_N_1043 | 2,565.13 | 0 | 2,607.36 | 42.1 |
| 4711 | 3.1_N_1044 | 2,578.58 | 0 | 2,605.04 | 26.4 |
| 4712 | 3.1_N_1045 | 2,578.36 | 0 | 2,604.99 | 26.6 |
| 4714 | 3.1_N_1046 | 2,568.21 | 0 | 2,605.31 | 37 |
| 4716 | 3.1_N_1047 | 2,567.12 | 0 | 2,611.42 | 44.2 |
| 4717 | 3.1_N_1048 | 2,567.10 | 0 | 2,611.43 | 44.2 |
| 4719 | 3.1_N_1049 | 2,601.54 | 0 | 2,609.61 | 8.1 |
| 4721 | 3.1_N_1050 | 2,571.83 | 1 | 2,610.79 | 38.9 |
| 4722 | 3.1_N_1051 | 2,571.81 | 1 | 2,610.79 | 38.9 |
| 4724 | 3.1_N_1052 | 2,601.01 | 0 | 2,611.87 | 10.8 |
| 4725 | 3.1_N_1053 | 2,600.35 | 0 | 2,611.87 | 11.5 |
| 4727 | 3.1_N_1054 | 2,555.47 | 0 | 2,602.51 | 46.9 |
| 4728 | 3.1_N_1055 | 2,555.46 | 0 | 2,602.64 | 47.1 |
| 4730 | 3.1_N_1056 | 2,583.60 | 5 | 2,623.28 | 39.6 |
| 4731 | 3.1_N_1057 | 2,583.19 | 0 | 2,623.27 | 40 |
| 4734 | 3.1_N_1058 | 2,582.86 | 0 | 2,616.94 | 34 |
| 4735 | 3.1_N_1059 | 2,583.03 | 0 | 2,616.82 | 33.7 |
| 4737 | 3.1_N_1060 | 2,553.66 | 0 | 2,601.27 | 47.5 |
| 4738 | 3.1_N_1061 | 2,553.08 | 0 | 2,601.25 | 48.1 |
| 4740 | 3.1_N_1062 | 2,552.39 | 0 | 2,603.96 | 51.5 |
| 4741 | 3.1_N_1063 | 2,552.38 | 0 | 2,603.84 | 51.3 |
| 4743 | 3.1_N_1064 | 2,565.30 | 0 | 2,605.29 | 39.9 |
| 4744 | 3.1_N_1065 | 2,564.67 | 0 | 2,605.23 | 40.5 |
| 4746 | 3.1_N_1066 | 2,599.09 | 0 | 2,605.89 | 6.8 |
| 4747 | 3.1_N_1067 | 2,599.07 | 0 | 2,605.89 | 6.8 |
| 4749 | 3.1_N_1068 | 2,562.04 | 0 | 2,608.13 | 46 |
| 4750 | 3.1_N_1069 | 2,561.54 | 0 | 2,608.13 | 46.5 |
| 4752 | 3.1_N_1070 | 2,592.39 | 1 | 2,616.81 | 24.4 |
| 4753 | 3.1_N_1071 | 2,592.43 | 0 | 2,616.73 | 24.3 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|---|----------|------|
| 4755 | 3.1_N_1072 | 2,579.73 | 0 | 2,623.21 | 43.4 |
| 4756 | 3.1_N_1073 | 2,579.42 | 0 | 2,623.22 | 43.7 |
| 4758 | 3.1_N_1074 | 2,560.90 | 0 | 2,607.82 | 46.8 |
| 4759 | 3.1_N_1075 | 2,560.34 | 0 | 2,607.81 | 47.4 |
| 4762 | 3.1_N_1076 | 2,570.82 | 0 | 2,628.14 | 57.2 |
| 4763 | 3.1_N_1077 | 2,569.60 | 0 | 2,626.93 | 57.2 |
| 4765 | 3.1_N_1078 | 2,561.60 | 0 | 2,606.65 | 45 |
| 4767 | 3.1_N_1079 | 2,577.34 | 0 | 2,608.31 | 30.9 |
| 4768 | 3.1_N_1080 | 2,576.96 | 0 | 2,608.41 | 31.4 |
| 4770 | 3.1_N_1081 | 2,602.75 | 0 | 2,611.08 | 8.3 |
| 4771 | 3.1_N_1082 | 2,602.35 | 0 | 2,611.08 | 8.7 |
| 4774 | 3.1_N_1083 | 2,570.47 | 0 | 2,605.78 | 35.2 |
| 4777 | 3.1_N_1084 | 2,601.74 | 0 | 2,609.72 | 8 |
| 4779 | 3.1_N_1085 | 2,601.82 | 0 | 2,609.85 | 8 |
| 4782 | 3.1_N_1086 | 2,603.54 | 0 | 2,620.94 | 17.4 |
| 4784 | 3.1_N_1087 | 2,558.94 | 0 | 2,602.75 | 43.7 |
| 4785 | 3.1_N_1088 | 2,559.73 | 0 | 2,602.75 | 42.9 |
| 4787 | 3.1_N_1089 | 2,589.16 | 0 | 2,609.27 | 20.1 |
| 4788 | 3.1_N_1090 | 2,589.30 | 0 | 2,609.27 | 19.9 |
| 4790 | 3.1_N_1091 | 2,588.28 | 0 | 2,614.97 | 26.6 |
| 4791 | 3.1_N_1092 | 2,589.53 | 0 | 2,614.97 | 25.4 |
| 4793 | 3.1_N_1093 | 2,585.05 | 0 | 2,629.59 | 44.4 |
| 4794 | 3.1_N_1094 | 2,583.11 | 0 | 2,629.59 | 46.4 |
| 4796 | 3.1_N_1095 | 2,550.72 | 0 | 2,602.82 | 52 |
| 4797 | 3.1_N_1096 | 2,549.86 | 1 | 2,602.75 | 52.8 |
| 4799 | 3.1_N_1097 | 2,584.21 | 0 | 2,623.49 | 39.2 |
| 4801 | 3.1_N_1098 | 2,563.82 | 0 | 2,607.39 | 43.5 |
| 4803 | 3.1_N_1099 | 2,596.56 | 0 | 2,614.11 | 17.5 |
| 4804 | 3.1_N_1100 | 2,597.75 | 0 | 2,614.04 | 16.3 |
| 4806 | 3.1_N_1101 | 2,578.24 | 0 | 2,605.04 | 26.7 |
| 4808 | 3.1_N_1102 | 2,576.25 | 0 | 2,608.17 | 31.9 |
| 4810 | 3.1_N_1103 | 2,584.35 | 0 | 2,630.02 | 45.6 |
| 4811 | 3.1_N_1104 | 2,585.24 | 0 | 2,629.60 | 44.3 |
| 4813 | 3.1_N_1105 | 2,579.75 | 0 | 2,604.74 | 24.9 |
| 4814 | 3.1_N_1106 | 2,578.99 | 0 | 2,604.74 | 25.7 |
| 4816 | 3.1_N_1107 | 2,558.81 | 0 | 2,605.12 | 46.2 |
| 4817 | 3.1_N_1108 | 2,557.44 | 0 | 2,605.12 | 47.6 |
| 4819 | 3.1_N_1109 | 2,571.74 | 0 | 2,605.76 | 34 |
| 4821 | 3.1_N_1110 | 2,590.58 | 0 | 2,609.41 | 18.8 |
| 4822 | 3.1_N_1111 | 2,590.03 | 0 | 2,609.41 | 19.3 |
| 4825 | 3.1_N_1112 | 2,578.69 | 0 | 2,623.24 | 44.5 |
| 4827 | 3.1_N_1113 | 2,570.41 | 1 | 2,625.09 | 54.6 |
| 4829 | 3.1_N_1114 | 2,596.83 | 0 | 2,605.65 | 8.8 |
| 4831 | 3.1_N_1115 | 2,574.43 | 0 | 2,607.12 | 32.6 |
| 4832 | 3.1_N_1116 | 2,573.92 | 0 | 2,606.98 | 33 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|---|----------|------|
| 4834 | 3.1_N_1117 | 2,583.28 | 0 | 2,605.59 | 22.3 |
| 4835 | 3.1_N_1118 | 2,583.74 | 0 | 2,605.54 | 21.8 |
| 4837 | 3.1_N_1119 | 2,556.06 | 0 | 2,601.81 | 45.7 |
| 4838 | 3.1_N_1120 | 2,555.94 | 1 | 2,601.81 | 45.8 |
| 4840 | 3.1_N_1121 | 2,560.04 | 0 | 2,602.79 | 42.7 |
| 4842 | 3.1_N_1122 | 2,597.05 | 0 | 2,607.30 | 10.2 |
| 4843 | 3.1_N_1123 | 2,599.27 | 0 | 2,607.30 | 8 |
| 4845 | 3.1_N_1124 | 2,545.81 | 0 | 2,602.50 | 56.6 |
| 4847 | 3.1_N_1125 | 2,599.23 | 0 | 2,609.04 | 9.8 |
| 4848 | 3.1_N_1126 | 2,599.09 | 0 | 2,609.04 | 9.9 |
| 4851 | 3.1_N_1127 | 2,582.89 | 0 | 2,615.41 | 32.5 |
| 4852 | 3.1_N_1128 | 2,580.96 | 0 | 2,615.00 | 34 |
| 4854 | 3.1_N_1129 | 2,594.44 | 0 | 2,607.98 | 13.5 |
| 4856 | 3.1_N_1130 | 2,544.75 | 1 | 2,602.48 | 57.6 |
| 4858 | 3.1_N_1131 | 2,568.67 | 0 | 2,605.64 | 36.9 |
| 4860 | 3.1_N_1132 | 2,555.50 | 0 | 2,605.11 | 49.5 |
| 4862 | 3.1_N_1133 | 2,577.57 | 0 | 2,608.22 | 30.6 |
| 4863 | 3.1_N_1134 | 2,576.37 | 1 | 2,608.22 | 31.8 |
| 4865 | 3.1_N_1135 | 2,565.48 | 0 | 2,605.64 | 40.1 |
| 4867 | 3.1_N_1136 | 2,595.17 | 0 | 2,613.98 | 18.8 |
| 4869 | 3.1_N_1137 | 2,577.04 | 0 | 2,627.58 | 50.4 |
| 4870 | 3.1_N_1138 | 2,579.13 | 0 | 2,630.55 | 51.3 |
| 4873 | 3.1_N_1139 | 2,597.39 | 0 | 2,605.64 | 8.2 |
| 4875 | 3.1_N_1140 | 2,562.90 | 0 | 2,605.13 | 42.1 |
| 4877 | 3.1_N_1141 | 2,581.85 | 0 | 2,605.49 | 23.6 |
| 4879 | 3.1_N_1142 | 2,572.74 | 0 | 2,620.20 | 47.4 |
| 4880 | 3.1_N_1143 | 2,569.95 | 0 | 2,620.22 | 50.2 |
| 4882 | 3.1_N_1144 | 2,555.95 | 1 | 2,601.81 | 45.8 |
| 4883 | 3.1_N_1145 | 2,555.09 | 0 | 2,601.96 | 46.8 |
| 4885 | 3.1_N_1146 | 2,567.70 | 0 | 2,619.24 | 51.4 |
| 4887 | 3.1_N_1147 | 2,584.05 | 0 | 2,629.59 | 45.4 |
| 4889 | 3.1_N_1148 | 2,598.62 | 0 | 2,610.17 | 11.5 |
| 4890 | 3.1_N_1149 | 2,598.31 | 0 | 2,610.17 | 11.8 |
| 4893 | 3.1_N_1150 | 2,550.90 | 0 | 2,603.95 | 52.9 |
| 4895 | 3.1_N_1151 | 2,584.45 | 0 | 2,632.76 | 48.2 |
| 4896 | 3.1_N_1152 | 2,582.26 | 0 | 2,632.76 | 50.4 |
| 4899 | 3.1_N_1153 | 2,567.68 | 1 | 2,616.72 | 48.9 |
| 4900 | 3.1_N_1154 | 2,565.89 | 0 | 2,616.11 | 50.1 |
| 4902 | 3.1_N_1155 | 2,557.00 | 1 | 2,601.82 | 44.7 |
| 4904 | 3.1_N_1156 | 2,558.51 | 0 | 2,602.24 | 43.6 |
| 4906 | 3.1_N_1157 | 2,565.81 | 0 | 2,606.42 | 40.5 |
| 4907 | 3.1_N_1158 | 2,576.00 | 0 | 2,606.41 | 30.3 |
| 4909 | 3.1_N_1159 | 2,562.96 | 0 | 2,608.13 | 45.1 |
| 4911 | 3.1_N_1160 | 2,565.18 | 0 | 2,619.23 | 53.9 |
| 4913 | 3.1_N_1161 | 2,556.11 | 2 | 2,605.12 | 48.9 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|---|----------|------|
| 4914 | 3.1_N_1162 | 2,555.07 | 0 | 2,605.12 | 49.9 |
| 4916 | 3.1_N_1163 | 2,582.01 | 0 | 2,605.77 | 23.7 |
| 4917 | 3.1_N_1164 | 2,585.86 | 1 | 2,605.65 | 19.7 |
| 4919 | 3.1_N_1165 | 2,554.04 | 0 | 2,602.60 | 48.5 |
| 4920 | 3.1_N_1166 | 2,550.60 | 0 | 2,602.69 | 52 |
| 4922 | 3.1_N_1167 | 2,564.49 | 0 | 2,606.83 | 42.2 |
| 4923 | 3.1_N_1168 | 2,563.70 | 1 | 2,606.66 | 42.9 |
| 4925 | 3.1_N_1169 | 2,599.27 | 0 | 2,605.82 | 6.5 |
| 4927 | 3.1_N_1170 | 2,604.90 | 0 | 2,618.54 | 13.6 |
| 4928 | 3.1_N_1171 | 2,596.92 | 0 | 2,618.53 | 21.6 |
| 4930 | 3.1_N_1172 | 2,582.56 | 0 | 2,604.90 | 22.3 |
| 4932 | 3.1_N_1173 | 2,562.91 | 1 | 2,602.02 | 39 |
| 4935 | 3.1_N_1174 | 2,579.10 | 1 | 2,605.40 | 26.2 |
| 4936 | 3.1_N_1175 | 2,579.79 | 0 | 2,605.50 | 25.7 |
| 4938 | 3.1_N_1176 | 2,558.22 | 0 | 2,605.16 | 46.9 |
| 4940 | 3.1_N_1177 | 2,557.68 | 0 | 2,607.80 | 50 |
| 4942 | 3.1_N_1178 | 2,551.81 | 0 | 2,601.80 | 49.9 |
| 4944 | 3.1_N_1179 | 2,565.65 | 0 | 2,607.68 | 42 |
| 4947 | 3.1_N_1180 | 2,592.65 | 0 | 2,613.95 | 21.3 |
| 4949 | 3.1_N_1181 | 2,596.00 | 0 | 2,609.87 | 13.8 |
| 4951 | 3.1_N_1182 | 2,592.40 | 0 | 2,615.14 | 22.7 |
| 4952 | 3.1_N_1183 | 2,587.66 | 0 | 2,615.15 | 27.4 |
| 4954 | 3.1_N_1184 | 2,555.40 | 0 | 2,601.26 | 45.8 |
| 4956 | 3.1_N_1185 | 2,562.87 | 0 | 2,606.63 | 43.7 |
| 4958 | 3.1_N_1186 | 2,563.10 | 0 | 2,602.79 | 39.6 |
| 4960 | 3.1_N_1187 | 2,549.33 | 1 | 2,602.77 | 53.3 |
| 4961 | 3.1_N_1188 | 2,550.26 | 0 | 2,602.75 | 52.4 |
| 4963 | 3.1_N_1189 | 2,586.81 | 1 | 2,605.64 | 18.8 |
| 4964 | 3.1_N_1190 | 2,590.77 | 0 | 2,605.64 | 14.8 |
| 4966 | 3.1_N_1191 | 2,557.53 | 0 | 2,603.75 | 46.1 |
| 4967 | 3.1_N_1192 | 2,554.63 | 0 | 2,603.29 | 48.6 |
| 4972 | 3.1_N_1193 | 2,553.02 | 1 | 2,603.39 | 50.3 |
| 4973 | 3.1_N_1194 | 2,551.87 | 0 | 2,603.38 | 51.4 |
| 4977 | 3.1_N_1195 | 2,569.86 | 1 | 2,622.85 | 52.9 |
| 4978 | 3.1_N_1196 | 2,567.13 | 0 | 2,622.77 | 55.5 |
| 4980 | 3.1_N_1197 | 2,599.81 | 0 | 2,606.74 | 6.9 |
| 4982 | 3.1_N_1198 | 2,580.81 | 0 | 2,619.55 | 38.7 |
| 4984 | 3.1_N_1199 | 2,567.31 | 0 | 2,621.96 | 54.5 |
| 4986 | 3.1_N_1200 | 2,558.13 | 0 | 2,608.13 | 49.9 |
| 4989 | 3.1_N_1201 | 2,569.64 | 1 | 2,605.55 | 35.8 |
| 4991 | 3.1_N_1202 | 2,573.25 | 0 | 2,622.02 | 48.7 |
| 4993 | 3.1_N_1203 | 2,553.43 | 1 | 2,605.08 | 51.6 |
| 4995 | 3.1_N_1204 | 2,580.44 | 1 | 2,605.65 | 25.2 |
| 4998 | 3.1_N_1205 | 2,579.70 | 0 | 2,630.73 | 50.9 |
| 5000 | 3.1_N_1206 | 2,597.77 | 0 | 2,605.81 | 8 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|---|----------|------|
| 5002 | 3.1_N_1207 | 2,576.68 | 1 | 2,605.69 | 28.9 |
| 5004 | 3.1_N_1208 | 2,555.24 | 0 | 2,602.26 | 46.9 |
| 5008 | 3.1_N_1209 | 2,548.36 | 2 | 2,601.18 | 52.7 |
| 5010 | 3.1_N_1210 | 2,594.72 | 0 | 2,605.63 | 10.9 |
| 5011 | 3.1_N_1211 | 2,597.31 | 0 | 2,605.63 | 8.3 |
| 5013 | 3.1_N_1212 | 2,563.59 | 1 | 2,615.72 | 52 |
| 5016 | 3.1_N_1213 | 2,602.26 | 0 | 2,617.87 | 15.6 |
| 5019 | 3.1_N_1214 | 2,582.15 | 0 | 2,608.48 | 26.3 |
| 5021 | 3.1_N_1215 | 2,584.31 | 0 | 2,623.27 | 38.9 |
| 5023 | 3.1_N_1216 | 2,583.42 | 0 | 2,629.53 | 46 |
| 5024 | 3.1_N_1217 | 2,587.83 | 0 | 2,629.53 | 41.6 |
| 5026 | 3.1_N_1218 | 2,560.78 | 1 | 2,602.22 | 41.4 |
| 5029 | 3.1_N_1219 | 2,574.49 | 1 | 2,604.28 | 29.7 |
| 5030 | 3.1_N_1220 | 2,575.52 | 0 | 2,604.79 | 29.2 |
| 5032 | 3.1_N_1221 | 2,570.94 | 1 | 2,608.74 | 37.7 |
| 5034 | 3.1_N_1222 | 2,579.75 | 0 | 2,616.90 | 37.1 |
| 5037 | 3.1_N_1223 | 2,577.50 | 0 | 2,610.84 | 33.3 |
| 5038 | 3.1_N_1224 | 2,582.16 | 0 | 2,610.83 | 28.6 |
| 5040 | 3.1_N_1225 | 2,566.49 | 1 | 2,603.27 | 36.7 |
| 5043 | 3.1_N_1226 | 2,599.24 | 0 | 2,610.62 | 11.4 |
| 5045 | 3.1_N_1227 | 2,590.18 | 0 | 2,614.97 | 24.7 |
| 5048 | 3.1_N_1228 | 2,556.33 | 0 | 2,602.57 | 46.1 |
| 5050 | 3.1_N_1229 | 2,566.10 | 1 | 2,607.84 | 41.6 |
| 5056 | 3.1_N_1230 | 2,562.31 | 0 | 2,624.65 | 62.2 |
| 5057 | 3.1_N_1231 | 2,563.37 | 1 | 2,624.65 | 61.2 |
| 5059 | 3.1_N_1232 | 2,576.30 | 0 | 2,605.39 | 29 |
| 5061 | 3.1_N_1233 | 2,566.25 | 1 | 2,608.93 | 42.6 |
| 5063 | 3.1_N_1234 | 2,568.16 | 0 | 2,606.42 | 38.2 |
| 5065 | 3.1_N_1235 | 2,570.65 | 0 | 2,606.76 | 36 |
| 5067 | 3.1_N_1236 | 2,570.47 | 1 | 2,603.27 | 32.7 |
| 5068 | 3.1_N_1237 | 2,569.28 | 1 | 2,603.27 | 33.9 |
| 5070 | 3.1_N_1238 | 2,559.45 | 1 | 2,601.96 | 42.4 |
| 5072 | 3.1_N_1239 | 2,585.89 | 0 | 2,623.48 | 37.5 |
| 5074 | 3.1_N_1240 | 2,558.77 | 1 | 2,606.42 | 47.6 |
| 5076 | 3.1_N_1241 | 2,581.17 | 0 | 2,605.83 | 24.6 |
| 5078 | 3.1_N_1242 | 2,560.83 | 1 | 2,603.22 | 42.3 |
| 5082 | 3.1_N_1243 | 2,554.29 | 0 | 2,603.83 | 49.4 |
| 5085 | 3.1_N_1244 | 2,552.06 | 0 | 2,601.15 | 49 |
| 5087 | 3.1_N_1245 | 2,568.94 | 0 | 2,626.62 | 57.6 |
| 5090 | 3.1_N_1246 | 2,581.71 | 0 | 2,631.31 | 49.5 |
| 5091 | 3.1_N_1247 | 2,573.47 | 0 | 2,631.30 | 57.7 |
| 5095 | 3.1_N_1248 | 2,583.31 | 0 | 2,608.47 | 25.1 |
| 5098 | 3.1_N_1249 | 2,572.69 | 0 | 2,608.14 | 35.4 |
| 5102 | 3.1_N_1250 | 2,579.05 | 0 | 2,608.18 | 29.1 |
| 5104 | 3.1_N_1251 | 2,561.44 | 1 | 2,615.64 | 54.1 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|---|----------|------|
| 5106 | 3.1_N_1252 | 2,567.79 | 0 | 2,602.36 | 34.5 |
| 5110 | 3.1_N_1253 | 2,573.07 | 0 | 2,607.98 | 34.8 |
| 5112 | 3.1_N_1254 | 2,564.74 | 0 | 2,624.64 | 59.8 |
| 5114 | 3.1_N_1255 | 2,600.78 | 1 | 2,620.13 | 19.3 |
| 5118 | 3.1_N_1256 | 2,560.89 | 0 | 2,607.81 | 46.8 |
| 5121 | 3.1_N_1257 | 2,599.36 | 0 | 2,606.65 | 7.3 |
| 5123 | 3.1_N_1258 | 2,578.64 | 0 | 2,608.17 | 29.5 |
| 5125 | 3.1_N_1259 | 2,604.83 | 0 | 2,619.94 | 15.1 |
| 5127 | 3.1_N_1260 | 2,576.28 | 0 | 2,608.48 | 32.1 |
| 5129 | 3.1_N_1261 | 2,566.48 | 1 | 2,616.03 | 49.4 |
| 5131 | 3.1_N_1262 | 2,570.78 | 1 | 2,603.44 | 32.6 |
| 5132 | 3.1_N_1263 | 2,565.87 | 0 | 2,603.44 | 37.5 |
| 5134 | 3.1_N_1264 | 2,585.38 | 1 | 2,605.50 | 20.1 |
| 5137 | 3.1_N_1265 | 2,548.64 | 1 | 2,601.42 | 52.7 |
| 5141 | 3.1_N_1266 | 2,561.74 | 0 | 2,611.91 | 50.1 |
| 5144 | 3.1_N_1267 | 2,576.12 | 0 | 2,614.32 | 38.1 |
| 5147 | 3.1_N_1268 | 2,549.79 | 0 | 2,605.08 | 55.2 |
| 5152 | 3.1_N_1269 | 2,545.96 | 0 | 2,602.68 | 56.6 |
| 5155 | 3.1_N_1270 | 2,595.91 | 1 | 2,605.56 | 9.6 |
| 5157 | 3.1_N_1271 | 2,557.66 | 0 | 2,606.59 | 48.8 |
| 5161 | 3.1_N_1272 | 2,575.46 | 0 | 2,606.51 | 31 |
| 5164 | 3.1_N_1273 | 2,581.20 | 0 | 2,608.26 | 27 |
| 5167 | 3.1_N_1274 | 2,546.78 | 1 | 2,602.50 | 55.6 |
| 5175 | 3.1_N_1275 | 2,585.06 | 0 | 2,633.17 | 48 |
| 5177 | 3.1_N_1276 | 2,602.00 | 1 | 2,616.72 | 14.7 |
| 5179 | 3.1_N_1277 | 2,574.34 | 0 | 2,608.17 | 33.8 |
| 5186 | 3.1_N_1278 | 2,565.48 | 0 | 2,602.22 | 36.7 |
| 5193 | 3.1_N_1279 | 2,596.18 | 0 | 2,605.65 | 9.5 |
| 5195 | 3.1_N_1280 | 2,547.11 | 1 | 2,603.17 | 55.9 |
| 5200 | 3.1_N_1281 | 2,592.98 | 1 | 2,624.88 | 31.8 |
| 5207 | 3.1_N_1282 | 2,554.56 | 1 | 2,606.42 | 51.8 |
| 5213 | 3.1_N_1283 | 2,545.07 | 1 | 2,600.88 | 55.7 |
| 5217 | 3.1_N_1284 | 2,560.80 | 0 | 2,609.18 | 48.3 |
| 5219 | 3.1_N_1285 | 2,553.65 | 0 | 2,606.65 | 52.9 |
| 5221 | 3.1_N_1286 | 2,556.23 | 0 | 2,607.51 | 51.2 |
| 5222 | 3.1_N_1287 | 2,556.24 | 0 | 2,607.50 | 51.2 |
| 5232 | 3.1_N_1288 | 2,569.01 | 0 | 2,622.69 | 53.6 |
| 5241 | 3.1_N_1289 | 2,597.16 | 0 | 2,619.97 | 22.8 |
| 5246 | 3.1_N_1290 | 2,540.29 | 0 | 2,602.46 | 62 |
| 5254 | 3.1_N_1291 | 2,567.68 | 0 | 2,615.72 | 47.9 |
| 5255 | 3.1_N_1292 | 2,563.51 | 1 | 2,615.72 | 52.1 |
| 5283 | 3.1_N_1293 | 2,597.61 | 0 | 2,613.90 | 16.3 |
| 5285 | 3.1_N_1294 | 2,566.37 | 1 | 2,608.13 | 41.7 |
| 5293 | 3.1_N_1295 | 2,540.42 | 1 | 2,602.50 | 62 |

Anexo 11. Tabla General de Tuberías en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, **modelo hidráulico 2050 sin optimizar.**

| ID | Label | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Material | Caudal (L/s) | Perdida de carga (m/km) |
|------|------------|--------------|---------------|----------|--------------|-------------------------|
| 4643 | 3.1_T_5073 | 0.89 | 63 | PVC | -2 | 9.72 |
| 4646 | 3.1_T_5072 | 0.99 | 63 | PVC | 3 | 16.86 |
| 4649 | 3.1_T_5122 | 1.01 | 50 | AC | 1 | 7.365 |
| 4652 | 3.1_T_5031 | 1.09 | 160 | PVC | 20 | 7.352 |
| 4655 | 3.1_T_5027 | 1.25 | 63 | PVC | 2 | 10.743 |
| 4658 | 3.1_T_5143 | 1.32 | 63 | PVC | 2 | 6.307 |
| 4661 | 3.1_T_5174 | 1.57 | 63 | PVC | -1 | 2.273 |
| 4664 | 3.1_T_5003 | 1.64 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4666 | 3.1_T_5090 | 1.69 | 110 | PVC | -3 | 1.231 |
| 4669 | 3.1_T_5115 | 1.78 | 63 | PVC | 1 | 1.501 |
| 4672 | 3.1_T_5088 | 1.79 | 63 | PVC | -2 | 11.309 |
| 4675 | 3.1_T_5004 | 2.04 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4677 | 3.1_T_5159 | 2.14 | 160 | PVC | 0 | 0 |
| 4680 | 3.1_T_5105 | 2.84 | 110 | PVC | 2 | 0.419 |
| 4683 | 3.1_T_5100 | 2.87 | 160 | PVC | 47 | 33.869 |
| 4686 | 3.1_T_5154 | 3.06 | 50 | AC | 0 | 0 |
| 4689 | 3.1_T_5053 | 3.11 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4692 | 3.1_T_5165 | 3.14 | 160 | PVC | 11 | 2.467 |
| 4695 | 3.1_T_5173 | 3.15 | 63 | PVC | 1 | 1.983 |
| 4698 | 3.1_T_5104 | 3.3 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4701 | 3.1_T_5102 | 3.55 | 150 | AC | 0 | 0 |
| 4703 | 3.1_T_5002 | 3.96 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4705 | 3.1_T_5005 | 4 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4707 | 3.1_T_5019 | 4.05 | 63 | PVC | 2 | 6.764 |
| 4710 | 3.1_T_5300 | 4.31 | 110 | PVC | 10 | 12.557 |
| 4713 | 3.1_T_5006 | 4.46 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4715 | 3.1_T_5118 | 4.61 | 50 | AC | 0 | 1.356 |
| 4718 | 3.1_T_5007 | 5 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4720 | 3.1_T_5074 | 5.14 | 63 | PVC | 0 | 0.232 |
| 4723 | 3.1_T_5084 | 5.21 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4726 | 3.1_T_5361 | 5.54 | 63 | PVC | -3 | 23.495 |
| 4729 | 3.1_T_5091 | 5.98 | 110 | PVC | 3 | 1.443 |
| 4732 | 3.1_T_5028 | 6 | 110 | PVC | 3 | 1.29 |
| 4733 | 3.1_T_5117 | 6.13 | 63 | PVC | 3 | 20.535 |
| 4736 | 3.1_T_5077 | 6.47 | 63 | PVC | 1 | 2.713 |
| 4739 | 3.1_T_5069 | 6.69 | 63 | PVC | 3 | 18.07 |
| 4742 | 3.1_T_5220 | 6.77 | 160 | PVC | 21 | 7.74 |
| 4745 | 3.1_T_5058 | 6.81 | 63 | PVC | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|------|------------|-------|-----|-----|----|---------|
| 4748 | 3.1_T_5106 | 7.27 | 110 | PVC | 0 | 0.041 |
| 4751 | 3.1_T_5076 | 7.71 | 63 | PVC | 2 | 10.386 |
| 4754 | 3.1_T_5147 | 8.11 | 50 | AC | 0 | 1.137 |
| 4757 | 3.1_T_5024 | 8.67 | 50 | AC | 0 | 1.545 |
| 4760 | 3.1_T_5231 | 9.11 | 50 | AC | 0 | 0 |
| 4761 | 3.1_T_5010 | 9.43 | 63 | PVC | 8 | 127.994 |
| 4764 | 3.1_T_5188 | 9.72 | 63 | PVC | 0 | 0.123 |
| 4766 | 3.1_T_5332 | 13.18 | 63 | PVC | -2 | 7.726 |
| 4769 | 3.1_T_5164 | 9.79 | 160 | PVC | 0 | 0 |
| 4775 | 3.1_T_5318 | 10.49 | 63 | PVC | 11 | 227.27 |
| 4776 | 3.1_T_5359 | 10.41 | 160 | PVC | 25 | 10.549 |
| 4778 | 3.1_T_5277 | 10.47 | 160 | PVC | 27 | 12.513 |
| 4780 | 3.1_T_5103 | 11.83 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4781 | 3.1_T_5278 | 12.22 | 200 | PVC | 55 | 15.17 |
| 4783 | 3.1_T_5273 | 13.41 | 63 | PVC | 0 | 0.022 |
| 4786 | 3.1_T_5322 | 13.82 | 63 | PVC | 0 | 0.043 |
| 4789 | 3.1_T_5037 | 13.95 | 63 | PVC | 0 | 0.043 |
| 4792 | 3.1_T_5200 | 14.67 | 150 | AC | 0 | 0 |
| 4795 | 3.1_T_5094 | 14.75 | 100 | AC | 5 | 4.581 |
| 4798 | 3.1_T_5297 | 15.12 | 110 | PVC | 11 | 14.096 |
| 4800 | 3.1_T_5171 | 15.55 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4802 | 3.1_T_5025 | 15.66 | 50 | PVC | 1 | 4.638 |
| 4805 | 3.1_T_5085 | 15.95 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4807 | 3.1_T_5194 | 16.54 | 160 | PVC | 23 | 8.692 |
| 4809 | 3.1_T_5160 | 16.2 | 200 | AC | 72 | 25.44 |
| 4812 | 3.1_T_5086 | 16.57 | 63 | PVC | 0 | 0.018 |
| 4815 | 3.1_T_5030 | 16.77 | 63 | PVC | 0 | 0.053 |
| 4818 | 3.1_T_5009 | 16.9 | 110 | PVC | -3 | 1.321 |
| 4820 | 3.1_T_5321 | 17.82 | 63 | PVC | 0 | 0.017 |
| 4823 | 3.1_T_5210 | 17.84 | 160 | PVC | 21 | 7.758 |
| 4824 | 3.1_T_5148 | 17.98 | 50 | AC | 0 | 1.142 |
| 4826 | 3.1_T_5338 | 20.59 | 50 | AC | -4 | 89.314 |
| 4828 | 3.1_T_5137 | 18.74 | 50 | AC | -1 | 7.354 |
| 4830 | 3.1_T_5203 | 18.95 | 160 | PVC | 20 | 7.114 |
| 4833 | 3.1_T_5166 | 19.08 | 160 | PVC | 12 | 2.511 |
| 4836 | 3.1_T_5301 | 19.5 | 63 | PVC | 0 | 0.107 |
| 4839 | 3.1_T_5120 | 21.25 | 110 | PVC | -4 | 2.045 |
| 4841 | 3.1_T_5098 | 21.42 | 50 | AC | 0 | 0.111 |
| 4844 | 3.1_T_5064 | 21.46 | 63 | PVC | 0 | 0.18 |
| 4846 | 3.1_T_5180 | 21.84 | 63 | PVC | 0 | 0.027 |
| 4849 | 3.1_T_5158 | 22.48 | 150 | AC | -5 | 0.781 |
| 4850 | 3.1_T_5141 | 22.67 | 50 | PVC | 2 | 18.317 |
| 4853 | 3.1_T_5156 | 23.04 | 50 | AC | 2 | 29.441 |

| | | | | | | |
|------|------------|-------|-----|-----|-----|---------|
| 4855 | 3.1_T_5061 | 23.12 | 63 | PVC | 1 | 1.172 |
| 4857 | 3.1_T_5008 | 33.85 | 160 | PVC | -15 | 4.273 |
| 4859 | 3.1_T_5334 | 24.83 | 63 | PVC | 0 | 0.168 |
| 4861 | 3.1_T_5170 | 25.81 | 110 | PVC | -1 | 0.161 |
| 4864 | 3.1_T_5046 | 25.63 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4866 | 3.1_T_5150 | 25.77 | 50 | PVC | -1 | 5.278 |
| 4868 | 3.1_T_5001 | 26.03 | 63 | PVC | -8 | 113.738 |
| 4871 | 3.1_T_5219 | 26.12 | 160 | PVC | 14 | 3.567 |
| 4872 | 3.1_T_5131 | 26.63 | 50 | AC | 0 | 0.056 |
| 4874 | 3.1_T_5052 | 28.42 | 50 | AC | 0 | 0 |
| 4876 | 3.1_T_5167 | 30.34 | 160 | PVC | 9 | 1.481 |
| 4878 | 3.1_T_5240 | 33.84 | 50 | PVC | 0 | 0.677 |
| 4881 | 3.1_T_5144 | 31.71 | 63 | PVC | -1 | 4.581 |
| 4884 | 3.1_T_5341 | 32.62 | 63 | PVC | 4 | 30.08 |
| 4886 | 3.1_T_5224 | 33.53 | 150 | AC | 0 | 0 |
| 4888 | 3.1_T_5047 | 32.63 | 63 | PVC | 0 | 0.055 |
| 4891 | 3.1_T_5294 | 32.7 | 63 | PVC | -2 | 7.637 |
| 4892 | 3.1_T_5065 | 32.76 | 63 | PVC | 0 | 0.227 |
| 4894 | 3.1_T_5182 | 33.23 | 200 | PVC | 0 | 0 |
| 4897 | 3.1_T_5311 | 34.69 | 63 | PVC | 1 | 2.248 |
| 4898 | 3.1_T_5055 | 34.72 | 63 | PVC | 3 | 17.791 |
| 4901 | 3.1_T_5013 | 34.97 | 63 | PVC | 0 | 0.289 |
| 4903 | 3.1_T_5351 | 35.31 | 63 | PVC | -2 | 8.936 |
| 4905 | 3.1_T_5129 | 35.32 | 50 | AC | 0 | 0.362 |
| 4908 | 3.1_T_5034 | 36.22 | 63 | PVC | 0 | 0.025 |
| 4910 | 3.1_T_5033 | 37.29 | 63 | PVC | 0 | 0.319 |
| 4912 | 3.1_T_5048 | 37.54 | 63 | PVC | 0 | 0.056 |
| 4915 | 3.1_T_5347 | 37.91 | 50 | AC | 1 | 3.11 |
| 4918 | 3.1_T_5049 | 38 | 63 | PVC | -1 | 2.264 |
| 4921 | 3.1_T_5232 | 38.06 | 63 | PVC | 1 | 4.395 |
| 4924 | 3.1_T_5070 | 38.13 | 63 | PVC | 1 | 1.951 |
| 4926 | 3.1_T_5097 | 38.94 | 50 | PVC | 0 | 0.26 |
| 4929 | 3.1_T_5023 | 39.32 | 63 | PVC | -3 | 16.155 |
| 4931 | 3.1_T_5132 | 39.68 | 50 | PVC | 0 | 0 |
| 4933 | 3.1_T_5214 | 40.47 | 160 | PVC | 18 | 5.84 |
| 4934 | 3.1_T_5026 | 40.6 | 50 | AC | -1 | 2.368 |
| 4937 | 3.1_T_5040 | 40.81 | 63 | PVC | 1 | 1.079 |
| 4939 | 3.1_T_5350 | 41.33 | 50 | AC | 0 | 0.281 |
| 4941 | 3.1_T_5172 | 42.06 | 63 | PVC | 0 | 0.34 |
| 4943 | 3.1_T_5014 | 42.1 | 63 | PVC | 2 | 6.928 |
| 4945 | 3.1_T_5284 | 42.18 | 110 | PVC | 3 | 1.291 |
| 4946 | 3.1_T_5149 | 42.24 | 50 | PVC | 0 | 0.712 |
| 4948 | 3.1_T_5193 | 43.39 | 160 | PVC | -20 | 6.909 |

| | | | | | | |
|------|------------|-------|-----|-----|----|--------|
| 4950 | 3.1_T_5250 | 48.88 | 50 | PVC | 0 | 0.213 |
| 4953 | 3.1_T_5157 | 43.03 | 63 | PVC | 0 | 0.076 |
| 4955 | 3.1_T_5308 | 43.47 | 63 | PVC | 0 | 0.651 |
| 4957 | 3.1_T_5274 | 43.62 | 63 | PVC | 0 | 0.068 |
| 4959 | 3.1_T_5044 | 44.01 | 63 | PVC | 0 | 0.291 |
| 4962 | 3.1_T_5110 | 44.08 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4965 | 3.1_T_5108 | 45.51 | 110 | PVC | 9 | 10.249 |
| 4968 | 3.1_T_5217 | 45.96 | 160 | PVC | 6 | 0.835 |
| 4969 | 3.1_T_5068 | 46.34 | 63 | PVC | 1 | 3.745 |
| 4970 | 3.1_T_5283 | 46.52 | 100 | AC | 4 | 2.95 |
| 4971 | 3.1_T_5042 | 46.71 | 63 | PVC | 0 | 0.172 |
| 4974 | 3.1_T_5060 | 47.04 | 63 | PVC | 2 | 12.434 |
| 4975 | 3.1_T_5142 | 47.14 | 50 | AC | 1 | 11.954 |
| 4976 | 3.1_T_5121 | 47.19 | 50 | PVC | 0 | 1.653 |
| 4979 | 3.1_T_5139 | 47.28 | 50 | AC | -2 | 17.993 |
| 4981 | 3.1_T_5276 | 48.38 | 110 | PVC | 0 | 0.006 |
| 4983 | 3.1_T_5315 | 48.85 | 63 | PVC | 5 | 55.913 |
| 4985 | 3.1_T_5112 | 48.63 | 110 | PVC | -1 | 0.067 |
| 4987 | 3.1_T_5062 | 49.06 | 63 | PVC | 1 | 1.547 |
| 4988 | 3.1_T_5179 | 49.49 | 63 | PVC | 1 | 4.294 |
| 4990 | 3.1_T_5337 | 49.85 | 63 | PVC | 4 | 36.07 |
| 4992 | 3.1_T_5319 | 49.84 | 63 | PVC | 3 | 22.616 |
| 4994 | 3.1_T_5021 | 50.14 | 50 | AC | -1 | 3.058 |
| 4996 | 3.1_T_5095 | 50.27 | 110 | PVC | 0 | 0.036 |
| 4997 | 3.1_T_5185 | 50.39 | 315 | PVC | 84 | 3.704 |
| 4999 | 3.1_T_5336 | 66.42 | 63 | PVC | 0 | 0.081 |
| 5001 | 3.1_T_5281 | 50.68 | 110 | PVC | -2 | 0.74 |
| 5003 | 3.1_T_5135 | 50.73 | 25 | PVC | 0 | 5.745 |
| 5005 | 3.1_T_5146 | 51.14 | 50 | PVC | 1 | 5.093 |
| 5006 | 3.1_T_5263 | 52.47 | 50 | PVC | 2 | 22.731 |
| 5007 | 3.1_T_5257 | 51.39 | 50 | AC | 0 | 1.315 |
| 5009 | 3.1_T_5124 | 51.5 | 50 | AC | 0 | 0.058 |
| 5012 | 3.1_T_5320 | 51.96 | 63 | PVC | 2 | 7.367 |
| 5014 | 3.1_T_5266 | 53.33 | 110 | PVC | -4 | 1.965 |
| 5015 | 3.1_T_5099 | 53.21 | 200 | PVC | 50 | 12.672 |
| 5017 | 3.1_T_5109 | 53.49 | 110 | PVC | 8 | 8.698 |
| 5018 | 3.1_T_5152 | 53.76 | 50 | AC | 0 | 1.728 |
| 5020 | 3.1_T_5290 | 54.4 | 63 | PVC | 0 | 0.033 |
| 5022 | 3.1_T_5175 | 54.5 | 63 | PVC | 0 | 0.016 |
| 5025 | 3.1_T_5011 | 54.91 | 63 | PVC | 1 | 2.32 |
| 5027 | 3.1_T_5114 | 55.14 | 63 | PVC | 2 | 8.638 |
| 5028 | 3.1_T_5081 | 55.44 | 63 | PVC | -2 | 9.164 |
| 5031 | 3.1_T_5307 | 57.67 | 63 | PVC | -2 | 9.042 |

| | | | | | | |
|------|------------|-------|-----|-----|-----|--------|
| 5033 | 3.1_T_5116 | 55.65 | 63 | PVC | -1 | 0.813 |
| 5035 | 3.1_T_5333 | 55.9 | 63 | PVC | 0 | 0.154 |
| 5036 | 3.1_T_5163 | 56.26 | 63 | PVC | 0 | 0.021 |
| 5039 | 3.1_T_5298 | 56.8 | 63 | PVC | 3 | 15.843 |
| 5041 | 3.1_T_5329 | 56.99 | 63 | PVC | 0 | 0.324 |
| 5042 | 3.1_T_5020 | 57.19 | 63 | PVC | 0 | 0.031 |
| 5044 | 3.1_T_5036 | 57.63 | 63 | PVC | 0 | 0.005 |
| 5046 | 3.1_T_5295 | 57.71 | 63 | PVC | -1 | 5.38 |
| 5047 | 3.1_T_5325 | 76.99 | 63 | PVC | 0 | 0.34 |
| 5049 | 3.1_T_5246 | 57.93 | 50 | AC | 0 | 0.252 |
| 5051 | 3.1_T_5342 | 60.25 | 63 | PVC | 2 | 6.077 |
| 5052 | 3.1_T_5012 | 59.22 | 63 | PVC | -4 | 40.882 |
| 5053 | 3.1_T_5269 | 60.58 | 63 | PVC | 2 | 10.564 |
| 5054 | 3.1_T_5211 | 59.27 | 160 | PVC | 21 | 7.834 |
| 5055 | 3.1_T_5339 | 59.97 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 5058 | 3.1_T_5215 | 60.08 | 63 | PVC | 2 | 10.002 |
| 5060 | 3.1_T_5075 | 60.66 | 63 | PVC | -1 | 3.096 |
| 5062 | 3.1_T_5285 | 61.27 | 110 | PVC | 0 | 0.029 |
| 5064 | 3.1_T_5346 | 94.61 | 50 | AC | 0 | 0.717 |
| 5066 | 3.1_T_5280 | 61.86 | 400 | PVC | -3 | 0.005 |
| 5069 | 3.1_T_5360 | 62.49 | 63 | PVC | 1 | 4.23 |
| 5071 | 3.1_T_5235 | 62.93 | 50 | AC | 0 | 0.232 |
| 5073 | 3.1_T_5169 | 62.94 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 5075 | 3.1_T_5178 | 63.29 | 110 | PVC | 10 | 12.544 |
| 5077 | 3.1_T_5303 | 63.52 | 63 | PVC | 2 | 10.319 |
| 5079 | 3.1_T_5212 | 63.66 | 160 | PVC | -20 | 7.107 |
| 5080 | 3.1_T_5067 | 63.67 | 63 | PVC | 2 | 7.358 |
| 5081 | 3.1_T_5043 | 64.3 | 63 | PVC | 0 | 0.162 |
| 5083 | 3.1_T_5259 | 64.42 | 50 | AC | 2 | 23.411 |
| 5084 | 3.1_T_5134 | 64.63 | 50 | PVC | 0 | 1.483 |
| 5086 | 3.1_T_5296 | 65.21 | 63 | PVC | 3 | 14.747 |
| 5088 | 3.1_T_5045 | 65.48 | 63 | PVC | 1 | 0.909 |
| 5089 | 3.1_T_5199 | 65.84 | 63 | PVC | 0 | 0.063 |
| 5092 | 3.1_T_5022 | 65.99 | 50 | AC | 0 | 0.144 |
| 5093 | 3.1_T_5140 | 66.45 | 50 | PVC | 2 | 23.97 |
| 5094 | 3.1_T_5119 | 66.68 | 63 | PVC | 0 | 0.174 |
| 5096 | 3.1_T_5248 | 66.83 | 50 | AC | 0 | 0.526 |
| 5099 | 3.1_T_5309 | 67.38 | 63 | PVC | 2 | 7.983 |
| 5100 | 3.1_T_5111 | 67.4 | 110 | PVC | -1 | 0.093 |
| 5101 | 3.1_T_5113 | 67.8 | 110 | PVC | 2 | 0.518 |
| 5103 | 3.1_T_5066 | 67.95 | 63 | PVC | 1 | 1.143 |
| 5105 | 3.1_T_5087 | 68.07 | 63 | PVC | 0 | 0.144 |
| 5107 | 3.1_T_5331 | 68.8 | 63 | PVC | -2 | 8.082 |

| | | | | | | |
|------|------------|-------|-----|-----|----|--------|
| 5108 | 3.1_T_5348 | 68.84 | 50 | AC | -1 | 2.642 |
| 5109 | 3.1_T_5197 | 69.36 | 50 | AC | 0 | 2.107 |
| 5111 | 3.1_T_5323 | 72.98 | 63 | PVC | 0 | 0.126 |
| 5113 | 3.1_T_5089 | 71 | 63 | PVC | 2 | 11.462 |
| 5115 | 3.1_T_5130 | 71.1 | 50 | AC | 0 | 0.033 |
| 5116 | 3.1_T_5299 | 71.12 | 63 | PVC | 3 | 17.357 |
| 5119 | 3.1_T_5218 | 71.48 | 160 | PVC | 7 | 1.041 |
| 5120 | 3.1_T_5127 | 71.52 | 50 | PVC | 0 | 1.298 |
| 5122 | 3.1_T_5247 | 71.7 | 50 | AC | 1 | 2.636 |
| 5124 | 3.1_T_5101 | 71.86 | 200 | PVC | 52 | 13.985 |
| 5126 | 3.1_T_5153 | 71.89 | 50 | AC | 0 | 0.021 |
| 5128 | 3.1_T_5051 | 71.94 | 63 | PVC | 1 | 1.059 |
| 5130 | 3.1_T_5155 | 72.37 | 25 | PVC | 0 | 0 |
| 5133 | 3.1_T_5168 | 72.74 | 50 | AC | 0 | 1.874 |
| 5135 | 3.1_T_5353 | 72.82 | 110 | PVC | -1 | 0.139 |
| 5136 | 3.1_T_5133 | 73.27 | 50 | PVC | 1 | 5.427 |
| 5138 | 3.1_T_5096 | 73.32 | 400 | PVC | -4 | 0.004 |
| 5139 | 3.1_T_5344 | 74.32 | 160 | PVC | -8 | 1.402 |
| 5140 | 3.1_T_5267 | 74.72 | 63 | PVC | 2 | 6.478 |
| 5142 | 3.1_T_5198 | 74.72 | 110 | PVC | -3 | 0.952 |
| 5143 | 3.1_T_5306 | 78.33 | 63 | PVC | -5 | 44.421 |
| 5145 | 3.1_T_5256 | 75.61 | 50 | AC | 1 | 8.988 |
| 5146 | 3.1_T_5162 | 75.91 | 160 | PVC | 0 | 0.004 |
| 5148 | 3.1_T_5216 | 76.89 | 160 | PVC | 5 | 0.48 |
| 5149 | 3.1_T_5345 | 89.06 | 150 | AC | 5 | 0.665 |
| 5150 | 3.1_T_5213 | 79.13 | 160 | PVC | 18 | 5.638 |
| 5153 | 3.1_T_5136 | 80.7 | 50 | AC | -2 | 36.862 |
| 5154 | 3.1_T_5191 | 80.98 | 50 | PVC | -1 | 2.83 |
| 5156 | 3.1_T_5039 | 81.46 | 63 | PVC | 0 | 0.453 |
| 5158 | 3.1_T_5221 | 81.9 | 160 | PVC | 15 | 4.263 |
| 5159 | 3.1_T_5196 | 82.29 | 63 | PVC | 1 | 1.848 |
| 5160 | 3.1_T_5016 | 82.32 | 50 | AC | 1 | 9.033 |
| 5162 | 3.1_T_5317 | 82.32 | 63 | PVC | 3 | 18.368 |
| 5165 | 3.1_T_5258 | 87.89 | 50 | AC | 0 | 0.776 |
| 5166 | 3.1_T_5327 | 83.83 | 63 | PVC | -1 | 3.004 |
| 5168 | 3.1_T_5082 | 83.36 | 63 | PVC | -4 | 30.951 |
| 5169 | 3.1_T_5302 | 85.16 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 5170 | 3.1_T_5355 | 83.95 | 50 | PVC | -4 | 121.56 |
| 5171 | 3.1_T_5057 | 83.95 | 63 | PVC | 0 | 0.082 |
| 5172 | 3.1_T_5227 | 91.53 | 50 | PVC | -2 | 41.816 |
| 5173 | 3.1_T_5063 | 84.28 | 63 | PVC | 0 | 0.007 |
| 5174 | 3.1_T_5181 | 84.85 | 315 | PVC | 97 | 4.764 |
| 5176 | 3.1_T_5243 | 85.22 | 50 | PVC | 0 | 0.171 |

| | | | | | | |
|------|------------|--------|-----|-----|----|---------|
| 5178 | 3.1_T_5223 | 85.12 | 160 | PVC | 1 | 0.024 |
| 5180 | 3.1_T_5225 | 86.32 | 160 | PVC | 11 | 2.476 |
| 5181 | 3.1_T_5209 | 89.28 | 160 | PVC | 12 | 2.757 |
| 5182 | 3.1_T_5270 | 88.58 | 63 | PVC | -4 | 29.42 |
| 5183 | 3.1_T_5202 | 89.31 | 160 | PVC | 19 | 6.273 |
| 5184 | 3.1_T_5035 | 89.64 | 63 | PVC | 3 | 15.669 |
| 5185 | 3.1_T_5352 | 89.7 | 63 | PVC | 0 | 0.153 |
| 5187 | 3.1_T_5041 | 90.03 | 63 | PVC | 1 | 1.511 |
| 5188 | 3.1_T_5316 | 91.42 | 63 | PVC | 5 | 51.013 |
| 5189 | 3.1_T_5244 | 90.83 | 50 | PVC | 2 | 35.436 |
| 5190 | 3.1_T_5293 | 91.23 | 63 | PVC | 1 | 1.566 |
| 5191 | 3.1_T_5078 | 91.99 | 63 | PVC | 1 | 4.316 |
| 5192 | 3.1_T_5071 | 92.31 | 63 | PVC | 0 | 0.19 |
| 5194 | 3.1_T_5054 | 93.01 | 63 | PVC | 1 | 0.714 |
| 5196 | 3.1_T_5229 | 93.45 | 63 | PVC | 1 | 2.459 |
| 5197 | 3.1_T_5241 | 93.46 | 50 | PVC | 4 | 105.049 |
| 5198 | 3.1_T_5107 | 93.71 | 110 | PVC | 11 | 14.722 |
| 5199 | 3.1_T_5177 | 93.83 | 110 | PVC | 11 | 14.796 |
| 5201 | 3.1_T_5268 | 94.64 | 63 | PVC | -4 | 26.77 |
| 5202 | 3.1_T_5291 | 95.16 | 63 | PVC | 1 | 1.542 |
| 5203 | 3.1_T_5080 | 96.4 | 63 | PVC | -2 | 8.776 |
| 5204 | 3.1_T_5249 | 96.65 | 50 | AC | 1 | 12.911 |
| 5205 | 3.1_T_5271 | 98.7 | 63 | PVC | 0 | 0.027 |
| 5206 | 3.1_T_5275 | 98.76 | 110 | PVC | 1 | 0.048 |
| 5208 | 3.1_T_5252 | 98.78 | 50 | AC | -1 | 2.426 |
| 5209 | 3.1_T_5251 | 99.53 | 50 | PVC | 4 | 94.522 |
| 5210 | 3.1_T_5128 | 99.89 | 50 | AC | 0 | 1.15 |
| 5211 | 3.1_T_5123 | 100.1 | 50 | AC | 0 | 0.586 |
| 5212 | 3.1_T_5326 | 101.22 | 63 | PVC | 1 | 2.996 |
| 5214 | 3.1_T_5292 | 103.07 | 63 | PVC | -1 | 2.853 |
| 5215 | 3.1_T_5038 | 102.94 | 63 | PVC | 0 | 0.081 |
| 5216 | 3.1_T_5050 | 104.9 | 63 | PVC | -1 | 2.395 |
| 5218 | 3.1_T_5228 | 104.71 | 110 | HF | 0 | 0.017 |
| 5220 | 3.1_T_5018 | 105.15 | 63 | PVC | 0 | 0.054 |
| 5223 | 3.1_T_5126 | 105.64 | 50 | PVC | 2 | 24.658 |
| 5224 | 3.1_T_5083 | 105.86 | 63 | PVC | 3 | 20.541 |
| 5225 | 3.1_T_5233 | 106.06 | 63 | PVC | 1 | 2.776 |
| 5226 | 3.1_T_5145 | 106.85 | 50 | PVC | 0 | 1.671 |
| 5227 | 3.1_T_5282 | 107.54 | 110 | PVC | -2 | 0.595 |
| 5228 | 3.1_T_5356 | 108 | 160 | PVC | 18 | 5.953 |
| 5229 | 3.1_T_5176 | 107.9 | 50 | AC | 1 | 2.844 |
| 5230 | 3.1_T_5343 | 108.7 | 160 | PVC | 29 | 13.503 |
| 5231 | 3.1_T_5238 | 132.41 | 50 | AC | 0 | 1.205 |

| | | | | | | |
|------|------------|--------|-----|-----|----|--------|
| 5233 | 3.1_T_5245 | 149.3 | 50 | PVC | 0 | 0.159 |
| 5234 | 3.1_T_5093 | 108.7 | 63 | PVC | 3 | 24.406 |
| 5235 | 3.1_T_5029 | 108.82 | 200 | PVC | 50 | 12.815 |
| 5236 | 3.1_T_5349 | 108.84 | 50 | AC | 0 | 1.488 |
| 5237 | 3.1_T_5079 | 109.13 | 63 | PVC | -1 | 1.541 |
| 5238 | 3.1_T_5195 | 110.04 | 63 | PVC | 1 | 3.046 |
| 5239 | 3.1_T_5340 | 112.47 | 63 | PVC | 5 | 49.483 |
| 5240 | 3.1_T_5264 | 110.72 | 50 | AC | 0 | 1.433 |
| 5243 | 3.1_T_5138 | 111.51 | 50 | AC | 0 | 0 |
| 5244 | 3.1_T_5015 | 112.76 | 63 | PVC | 1 | 2.946 |
| 5245 | 3.1_T_5310 | 112.94 | 63 | PVC | 0 | 0.382 |
| 5247 | 3.1_T_5261 | 113.17 | 50 | AC | 0 | 1.278 |
| 5248 | 3.1_T_5192 | 115.13 | 63 | PVC | 1 | 4.046 |
| 5250 | 3.1_T_5254 | 114.57 | 50 | AC | 1 | 6.976 |
| 5251 | 3.1_T_5313 | 114.63 | 63 | PVC | 3 | 23.793 |
| 5252 | 3.1_T_5059 | 114.92 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 5253 | 3.1_T_5239 | 145.37 | 50 | AC | 0 | 0 |
| 5256 | 3.1_T_5207 | 117.53 | 160 | PVC | 4 | 0.324 |
| 5257 | 3.1_T_5237 | 118.82 | 50 | AC | -2 | 18.831 |
| 5258 | 3.1_T_5265 | 118.8 | 50 | PVC | 2 | 20.999 |
| 5259 | 3.1_T_5222 | 120.87 | 160 | PVC | 0 | 0.007 |
| 5260 | 3.1_T_5017 | 121.41 | 63 | PVC | 1 | 2.363 |
| 5261 | 3.1_T_5184 | 121.91 | 315 | PVC | 96 | 4.702 |
| 5262 | 3.1_T_5288 | 124.45 | 63 | PVC | 0 | 0.397 |
| 5263 | 3.1_T_5314 | 125.88 | 63 | PVC | 5 | 58.142 |
| 5264 | 3.1_T_5357 | 126.3 | 160 | PVC | 21 | 7.565 |
| 5265 | 3.1_T_5312 | 127 | 63 | PVC | 2 | 11.843 |
| 5266 | 3.1_T_5236 | 165.51 | 50 | AC | 0 | 0.879 |
| 5267 | 3.1_T_5204 | 127.84 | 160 | PVC | 22 | 8.219 |
| 5268 | 3.1_T_5230 | 129.3 | 50 | AC | 1 | 6.211 |
| 5269 | 3.1_T_5242 | 129.56 | 50 | PVC | 3 | 60.272 |
| 5270 | 3.1_T_5354 | 130.08 | 63 | PVC | 3 | 14.632 |
| 5271 | 3.1_T_5032 | 131.01 | 63 | PVC | 0 | 0.198 |
| 5272 | 3.1_T_5324 | 132.37 | 63 | PVC | 0 | 0.241 |
| 5273 | 3.1_T_5253 | 155.07 | 50 | PVC | 1 | 6.457 |
| 5274 | 3.1_T_5335 | 134.75 | 63 | PVC | 1 | 3.601 |
| 5275 | 3.1_T_5092 | 137.86 | 63 | PVC | 4 | 26.747 |
| 5276 | 3.1_T_5161 | 138.72 | 150 | AC | 47 | 46.541 |
| 5278 | 3.1_T_5304 | 140.57 | 63 | PVC | 2 | 13.673 |
| 5279 | 3.1_T_5255 | 140.81 | 50 | PVC | 1 | 14.55 |
| 5280 | 3.1_T_5187 | 141.36 | 63 | PVC | -1 | 3.081 |
| 5281 | 3.1_T_5201 | 195.02 | 63 | PVC | 0 | 0.005 |
| 5282 | 3.1_T_5262 | 145.84 | 50 | AC | 0 | 0.502 |

| | | | | | | |
|------|------------|--------|-----|-----|-------|----------|
| 5284 | 3.1_T_5330 | 147.48 | 63 | PVC | 0 | 0.597 |
| 5286 | 3.1_T_5358 | 155.27 | 160 | PVC | 25 | 10.484 |
| 5287 | 3.1_T_5287 | 157.76 | 63 | PVC | 3 | 23.183 |
| 5288 | 3.1_T_5234 | 163.32 | 50 | AC | 1 | 3.224 |
| 5289 | 3.1_T_5286 | 165.69 | 63 | PVC | 4 | 37.965 |
| 5290 | 3.1_T_5186 | 171.64 | 315 | PVC | 76 | 3.085 |
| 5291 | 3.1_T_5208 | 174.29 | 160 | PVC | 3 | 0.229 |
| 5292 | 3.1_T_5328 | 180.63 | 63 | PVC | -1 | 0.976 |
| 5294 | 3.1_T_5125 | 177.59 | 50 | PVC | 2 | 22.95 |
| 5295 | 3.1_T_5190 | 186.42 | 63 | PVC | 1 | 3.114 |
| 5296 | 3.1_T_5226 | 200.56 | 110 | PVC | -4 | 2.372 |
| 5297 | 3.1_T_5056 | 188.54 | 63 | PVC | 0 | 0.003 |
| 5298 | 3.1_T_5151 | 193.59 | 50 | AC | 1 | 2.42 |
| 5299 | 3.1_T_5260 | 194.62 | 50 | AC | 0 | 0.416 |
| 5300 | 3.1_T_5289 | 200.72 | 63 | PVC | 1 | 3.753 |
| 5301 | 3.1_T_5272 | 204.42 | 63 | PVC | 2 | 5.664 |
| 5302 | 3.1_T_5205 | 208.14 | 110 | PVC | -8 | 8.253 |
| 5303 | 3.1_T_5362 | 213.88 | 200 | AC | 67 | 22.092 |
| 5304 | 3.1_T_5279 | 243.33 | 200 | AC | 55 | 15.419 |
| 5305 | 3.1_T_5206 | 245.52 | 160 | PVC | 23 | 8.731 |
| 5306 | 3.1_T_5305 | 323.94 | 63 | PVC | 3 | 19.957 |
| 5307 | 3.1_T_5189 | 468.94 | 300 | AC | 97 | 6.044 |
| 5309 | 3.1_T_5183 | 307.44 | 315 | PVC | 96 | 4.736 |
| 5326 | 3.1_T_5363 | 26.94 | 160 | PVC | -6 | 0.696 |
| 5327 | 3.1_T_5364 | 113.66 | 160 | PVC | -6 | 0.749 |
| 5329 | 3.1_T_5365 | 11.13 | 300 | AC | 1,860 | 1,257.99 |
| 5330 | 3.1_T_5366 | 74.89 | 63 | PVC | 0 | 0.024 |
| 5331 | 3.1_T_5367 | 1.35 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 5332 | 3.1_T_5368 | 74.67 | 160 | PVC | 0 | 0 |
| 5333 | 3.1_T_5369 | 7.81 | 160 | PVC | 0 | 0 |
| 5334 | 3.1_T_5370 | 2.55 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 5335 | 3.1_T_5371 | 76.59 | 110 | PVC | -1 | 0.062 |
| 5336 | 3.1_T_5372 | 56.37 | 110 | PVC | 1 | 0.19 |
| 5337 | 3.1_T_5373 | 10.83 | 110 | PVC | 1 | 0.165 |
| 5338 | 3.1_T_5374 | 11.2 | 160 | PVC | -2 | 0.08 |
| 5339 | 3.1_T_5375 | 100.09 | 160 | PVC | -2 | 0.071 |
| 5340 | 3.1_T_5376 | 19.03 | 63 | PVC | 2 | 9.54 |
| 5341 | 3.1_T_5377 | 94.7 | 63 | PVC | 2 | 9.175 |

Anexo 12. Tabla General de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, **modelo hidráulico 2050 sin optimizar.**

| ID | Label | Elevación (m) | Diámetro Válvula (mm) | Configuración inicial de presión (m.c.a) |
|------|--------------|---------------|-----------------------|--|
| 4507 | 3.1_ERP_1001 | 2,581.12 | 152.4 | 30 |

Anexo 13. Tabla General de Nodos en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, **modelo hidráulico 2050 optimizado.**

| ID | Label | Elevación (m) | Demanda (L/s) | Grado Hidráulico (m) | Presión (m.c.a) |
|------|------------|---------------|---------------|----------------------|-----------------|
| 4644 | 3.1_N_1001 | 2,548.54 | 0.26 | 2,593.68 | 45.1 |
| 4645 | 3.1_N_1002 | 2,548.56 | 0.66 | 2,593.69 | 45 |
| 4647 | 3.1_N_1003 | 2,550.99 | 0.33 | 2,594.47 | 43.4 |
| 4648 | 3.1_N_1004 | 2,550.95 | 0.5 | 2,594.47 | 43.4 |
| 4650 | 3.1_N_1005 | 2,598.08 | 0.26 | 2,626.59 | 28.5 |
| 4651 | 3.1_N_1006 | 2,598.02 | 0.28 | 2,626.59 | 28.5 |
| 4653 | 3.1_N_1007 | 2,600.00 | 0.18 | 2,628.84 | 28.8 |
| 4654 | 3.1_N_1008 | 2,600.00 | 0.17 | 2,628.84 | 28.8 |
| 4656 | 3.1_N_1009 | 2,558.99 | 0.17 | 2,593.79 | 34.7 |
| 4657 | 3.1_N_1010 | 2,558.96 | 0.08 | 2,593.78 | 34.8 |
| 4659 | 3.1_N_1011 | 2,557.41 | 0.26 | 2,593.21 | 35.7 |
| 4660 | 3.1_N_1012 | 2,557.41 | 0.15 | 2,593.21 | 35.7 |
| 4662 | 3.1_N_1013 | 2,561.80 | 0.29 | 2,609.96 | 48.1 |
| 4663 | 3.1_N_1014 | 2,561.75 | 0.16 | 2,609.97 | 48.1 |
| 4665 | 3.1_N_1015 | 2,578.81 | 0.1 | 2,610.33 | 31.5 |
| 4667 | 3.1_N_1016 | 2,583.82 | 0.34 | 2,628.87 | 45 |
| 4668 | 3.1_N_1017 | 2,583.72 | 0.24 | 2,628.87 | 45.1 |
| 4670 | 3.1_N_1018 | 2,579.32 | 0.41 | 2,591.50 | 12.2 |
| 4671 | 3.1_N_1019 | 2,579.31 | 0.72 | 2,591.51 | 12.2 |
| 4673 | 3.1_N_1020 | 2,563.46 | 0.67 | 2,592.22 | 28.7 |
| 4674 | 3.1_N_1021 | 2,563.52 | 0.23 | 2,592.20 | 28.6 |
| 4676 | 3.1_N_1022 | 2,560.43 | 0.04 | 2,610.11 | 49.6 |
| 4678 | 3.1_N_1023 | 2,570.92 | 0.12 | 2,607.83 | 36.8 |
| 4679 | 3.1_N_1024 | 2,570.68 | 0 | 2,607.83 | 37.1 |
| 4681 | 3.1_N_1025 | 2,565.56 | 0.15 | 2,610.20 | 44.6 |
| 4682 | 3.1_N_1026 | 2,565.37 | 0.24 | 2,610.20 | 44.7 |
| 4684 | 3.1_N_1027 | 2,605.70 | 0.09 | 2,629.02 | 23.3 |
| 4685 | 3.1_N_1028 | 2,605.52 | 0.18 | 2,629.02 | 23.5 |
| 4687 | 3.1_N_1029 | 2,587.81 | 0.09 | 2,627.00 | 39.1 |
| 4688 | 3.1_N_1030 | 2,587.92 | 0 | 2,627.00 | 39 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|------|----------|------|
| 4690 | 3.1_N_1031 | 2,549.99 | 0.34 | 2,593.66 | 43.6 |
| 4691 | 3.1_N_1032 | 2,550.28 | 0 | 2,593.66 | 43.3 |
| 4693 | 3.1_N_1033 | 2,563.12 | 0.15 | 2,594.90 | 31.7 |
| 4694 | 3.1_N_1034 | 2,562.91 | 0.13 | 2,594.89 | 31.9 |
| 4696 | 3.1_N_1035 | 2,546.34 | 0.1 | 2,593.52 | 47.1 |
| 4697 | 3.1_N_1036 | 2,546.16 | 0.27 | 2,593.52 | 47.3 |
| 4699 | 3.1_N_1037 | 2,582.98 | 0 | 2,629.32 | 46.2 |
| 4700 | 3.1_N_1038 | 2,582.71 | 0 | 2,629.32 | 46.5 |
| 4702 | 3.1_N_1039 | 2,605.56 | 0 | 2,629.02 | 23.4 |
| 4704 | 3.1_N_1040 | 2,603.24 | 0.47 | 2,629.56 | 26.3 |
| 4706 | 3.1_N_1041 | 2,546.12 | 0.56 | 2,593.68 | 47.5 |
| 4708 | 3.1_N_1042 | 2,565.19 | 0.02 | 2,609.88 | 44.6 |
| 4709 | 3.1_N_1043 | 2,565.13 | 0.22 | 2,609.87 | 44.6 |
| 4711 | 3.1_N_1044 | 2,578.58 | 0.01 | 2,591.91 | 13.3 |
| 4712 | 3.1_N_1045 | 2,578.36 | 0.25 | 2,591.91 | 13.5 |
| 4714 | 3.1_N_1046 | 2,568.21 | 0.2 | 2,624.39 | 56.1 |
| 4716 | 3.1_N_1047 | 2,567.12 | 0.34 | 2,610.18 | 43 |
| 4717 | 3.1_N_1048 | 2,567.10 | 0.46 | 2,610.22 | 43 |
| 4719 | 3.1_N_1049 | 2,601.54 | 0.08 | 2,627.96 | 26.4 |
| 4721 | 3.1_N_1050 | 2,571.83 | 0.52 | 2,610.90 | 39 |
| 4722 | 3.1_N_1051 | 2,571.81 | 0.51 | 2,610.89 | 39 |
| 4724 | 3.1_N_1052 | 2,601.01 | 0.27 | 2,628.80 | 27.7 |
| 4725 | 3.1_N_1053 | 2,600.35 | 0 | 2,628.80 | 28.4 |
| 4727 | 3.1_N_1054 | 2,555.47 | 0.39 | 2,592.73 | 37.2 |
| 4728 | 3.1_N_1055 | 2,555.46 | 0.45 | 2,592.72 | 37.2 |
| 4730 | 3.1_N_1056 | 2,583.60 | 4.74 | 2,629.32 | 45.6 |
| 4731 | 3.1_N_1057 | 2,583.19 | 0.04 | 2,629.32 | 46 |
| 4734 | 3.1_N_1058 | 2,582.86 | 0.12 | 2,628.61 | 45.7 |
| 4735 | 3.1_N_1059 | 2,583.03 | 0.34 | 2,628.59 | 45.5 |
| 4737 | 3.1_N_1060 | 2,553.66 | 0.07 | 2,592.96 | 39.2 |
| 4738 | 3.1_N_1061 | 2,553.08 | 0.25 | 2,592.93 | 39.8 |
| 4740 | 3.1_N_1062 | 2,552.39 | 0.1 | 2,594.60 | 42.1 |
| 4741 | 3.1_N_1063 | 2,552.38 | 0.3 | 2,594.58 | 42.1 |
| 4743 | 3.1_N_1064 | 2,567.30 | 0 | 2,624.22 | 56.8 |
| 4744 | 3.1_N_1065 | 2,564.67 | 0.02 | 2,594.99 | 30.3 |
| 4746 | 3.1_N_1066 | 2,599.09 | 0 | 2,627.65 | 28.5 |
| 4747 | 3.1_N_1067 | 2,599.07 | 0.17 | 2,627.65 | 28.5 |
| 4749 | 3.1_N_1068 | 2,562.04 | 0.06 | 2,610.16 | 48 |
| 4750 | 3.1_N_1069 | 2,561.54 | 0.33 | 2,610.16 | 48.5 |
| 4752 | 3.1_N_1070 | 2,592.39 | 0.99 | 2,628.59 | 36.1 |
| 4753 | 3.1_N_1071 | 2,592.43 | 0.18 | 2,628.59 | 36.1 |
| 4755 | 3.1_N_1072 | 2,579.73 | 0.07 | 2,629.31 | 49.5 |
| 4756 | 3.1_N_1073 | 2,579.42 | 0 | 2,629.31 | 49.8 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|------|----------|------|
| 4758 | 3.1_N_1074 | 2,560.90 | 0.32 | 2,610.00 | 49 |
| 4759 | 3.1_N_1075 | 2,560.34 | 0.18 | 2,609.99 | 49.6 |
| 4762 | 3.1_N_1076 | 2,570.82 | 0.11 | 2,607.83 | 36.9 |
| 4763 | 3.1_N_1077 | 2,569.60 | 0.18 | 2,607.76 | 38.1 |
| 4765 | 3.1_N_1078 | 2,561.60 | 0.3 | 2,610.00 | 48.3 |
| 4767 | 3.1_N_1079 | 2,577.34 | 0.18 | 2,628.53 | 51.1 |
| 4768 | 3.1_N_1080 | 2,576.96 | 0.08 | 2,628.47 | 51.4 |
| 4770 | 3.1_N_1081 | 2,602.75 | 0.25 | 2,628.95 | 26.2 |
| 4771 | 3.1_N_1082 | 2,602.35 | 0.09 | 2,628.95 | 26.6 |
| 4774 | 3.1_N_1083 | 2,570.47 | 0 | 2,610.16 | 39.6 |
| 4777 | 3.1_N_1084 | 2,601.74 | 0.12 | 2,628.02 | 26.2 |
| 4779 | 3.1_N_1085 | 2,601.82 | 0.25 | 2,628.11 | 26.2 |
| 4782 | 3.1_N_1086 | 2,603.54 | 0.11 | 2,629.54 | 25.9 |
| 4784 | 3.1_N_1087 | 2,558.94 | 0.03 | 2,592.57 | 33.6 |
| 4785 | 3.1_N_1088 | 2,559.73 | 0.06 | 2,592.57 | 32.8 |
| 4787 | 3.1_N_1089 | 2,589.16 | 0.2 | 2,628.64 | 39.4 |
| 4788 | 3.1_N_1090 | 2,589.30 | 0.08 | 2,628.64 | 39.3 |
| 4790 | 3.1_N_1091 | 2,588.28 | 0.41 | 2,628.38 | 40 |
| 4791 | 3.1_N_1092 | 2,589.53 | 0.11 | 2,628.38 | 38.8 |
| 4793 | 3.1_N_1093 | 2,585.05 | 0.02 | 2,630.28 | 45.1 |
| 4794 | 3.1_N_1094 | 2,583.11 | 0.37 | 2,630.23 | 47 |
| 4796 | 3.1_N_1095 | 2,550.72 | 0.13 | 2,593.77 | 43 |
| 4797 | 3.1_N_1096 | 2,549.86 | 0.62 | 2,593.72 | 43.8 |
| 4799 | 3.1_N_1097 | 2,584.21 | 0.14 | 2,629.40 | 45.1 |
| 4801 | 3.1_N_1098 | 2,563.82 | 0 | 2,609.88 | 46 |
| 4803 | 3.1_N_1099 | 2,596.56 | 0.3 | 2,628.69 | 32.1 |
| 4804 | 3.1_N_1100 | 2,597.75 | 0.13 | 2,628.78 | 31 |
| 4806 | 3.1_N_1101 | 2,578.24 | 0 | 2,591.91 | 13.6 |
| 4808 | 3.1_N_1102 | 2,576.25 | 0.2 | 2,610.22 | 33.9 |
| 4810 | 3.1_N_1103 | 2,584.35 | 0.06 | 2,630.44 | 46 |
| 4811 | 3.1_N_1104 | 2,585.24 | 0.18 | 2,630.38 | 45 |
| 4813 | 3.1_N_1105 | 2,579.75 | 0.23 | 2,591.73 | 12 |
| 4814 | 3.1_N_1106 | 2,578.99 | 0.08 | 2,591.73 | 12.7 |
| 4816 | 3.1_N_1107 | 2,558.81 | 0.13 | 2,594.85 | 36 |
| 4817 | 3.1_N_1108 | 2,557.44 | 0.27 | 2,594.85 | 37.3 |
| 4819 | 3.1_N_1109 | 2,571.74 | 0.39 | 2,625.93 | 54.1 |
| 4821 | 3.1_N_1110 | 2,590.58 | 0.07 | 2,628.66 | 38 |
| 4822 | 3.1_N_1111 | 2,590.03 | 0.04 | 2,628.66 | 38.5 |
| 4825 | 3.1_N_1112 | 2,578.69 | 0.39 | 2,629.31 | 50.5 |
| 4827 | 3.1_N_1113 | 2,570.41 | 1.01 | 2,607.73 | 37.2 |
| 4829 | 3.1_N_1114 | 2,596.83 | 0.17 | 2,626.53 | 29.6 |
| 4831 | 3.1_N_1115 | 2,574.43 | 0.34 | 2,610.17 | 35.7 |
| 4832 | 3.1_N_1116 | 2,573.92 | 0.26 | 2,610.17 | 36.2 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|------|----------|------|
| 4834 | 3.1_N_1117 | 2,583.28 | 0.33 | 2,625.63 | 42.3 |
| 4835 | 3.1_N_1118 | 2,583.74 | 0.15 | 2,625.54 | 41.7 |
| 4837 | 3.1_N_1119 | 2,556.06 | 0.16 | 2,592.98 | 36.8 |
| 4838 | 3.1_N_1120 | 2,555.94 | 0.58 | 2,592.94 | 36.9 |
| 4840 | 3.1_N_1121 | 2,560.04 | 0.17 | 2,592.51 | 32.4 |
| 4842 | 3.1_N_1122 | 2,597.05 | 0.13 | 2,626.89 | 29.8 |
| 4843 | 3.1_N_1123 | 2,599.27 | 0.11 | 2,626.89 | 27.6 |
| 4845 | 3.1_N_1124 | 2,545.81 | 0.25 | 2,593.52 | 47.6 |
| 4847 | 3.1_N_1125 | 2,599.23 | 0.09 | 2,627.41 | 28.1 |
| 4848 | 3.1_N_1126 | 2,599.09 | 0.27 | 2,627.41 | 28.3 |
| 4851 | 3.1_N_1127 | 2,582.89 | 0.3 | 2,628.47 | 45.5 |
| 4852 | 3.1_N_1128 | 2,580.96 | 0.38 | 2,628.45 | 47.4 |
| 4854 | 3.1_N_1129 | 2,594.44 | 0.3 | 2,627.00 | 32.5 |
| 4856 | 3.1_N_1130 | 2,544.75 | 0.66 | 2,593.49 | 48.6 |
| 4858 | 3.1_N_1131 | 2,568.67 | 0 | 2,610.16 | 41.4 |
| 4860 | 3.1_N_1132 | 2,555.50 | 0.23 | 2,594.84 | 39.3 |
| 4862 | 3.1_N_1133 | 2,577.57 | 0.35 | 2,610.63 | 33 |
| 4863 | 3.1_N_1134 | 2,576.37 | 0.52 | 2,610.60 | 34.2 |
| 4865 | 3.1_N_1135 | 2,565.48 | 0 | 2,610.16 | 44.6 |
| 4867 | 3.1_N_1136 | 2,595.17 | 0.31 | 2,628.58 | 33.3 |
| 4869 | 3.1_N_1137 | 2,577.04 | 0.23 | 2,608.80 | 31.7 |
| 4870 | 3.1_N_1138 | 2,579.13 | 0.11 | 2,631.14 | 51.9 |
| 4873 | 3.1_N_1139 | 2,597.39 | 0.07 | 2,626.53 | 29.1 |
| 4875 | 3.1_N_1140 | 2,562.90 | 0 | 2,594.89 | 31.9 |
| 4877 | 3.1_N_1141 | 2,581.85 | 0.43 | 2,625.42 | 43.5 |
| 4879 | 3.1_N_1142 | 2,572.74 | 0.49 | 2,610.02 | 37.2 |
| 4880 | 3.1_N_1143 | 2,569.95 | 0.12 | 2,609.75 | 39.7 |
| 4882 | 3.1_N_1144 | 2,555.95 | 0.55 | 2,592.82 | 36.8 |
| 4883 | 3.1_N_1145 | 2,555.09 | 0.44 | 2,592.79 | 37.6 |
| 4885 | 3.1_N_1146 | 2,567.70 | 0.46 | 2,609.72 | 41.9 |
| 4887 | 3.1_N_1147 | 2,584.05 | 0.03 | 2,630.23 | 46.1 |
| 4889 | 3.1_N_1148 | 2,598.62 | 0.17 | 2,628.76 | 30.1 |
| 4890 | 3.1_N_1149 | 2,598.31 | 0.13 | 2,628.76 | 30.4 |
| 4893 | 3.1_N_1150 | 2,550.90 | 0.27 | 2,594.59 | 43.6 |
| 4895 | 3.1_N_1151 | 2,584.45 | 0.15 | 2,633.12 | 48.6 |
| 4896 | 3.1_N_1152 | 2,582.26 | 0.15 | 2,633.12 | 50.8 |
| 4899 | 3.1_N_1153 | 2,567.68 | 0.63 | 2,607.57 | 39.8 |
| 4900 | 3.1_N_1154 | 2,565.89 | 0.46 | 2,607.53 | 41.6 |
| 4902 | 3.1_N_1155 | 2,557.00 | 0.53 | 2,593.06 | 36 |
| 4904 | 3.1_N_1156 | 2,558.51 | 0.42 | 2,593.62 | 35 |
| 4906 | 3.1_N_1157 | 2,565.81 | 0.17 | 2,610.12 | 44.2 |
| 4907 | 3.1_N_1158 | 2,576.00 | 0.19 | 2,610.11 | 34 |
| 4909 | 3.1_N_1159 | 2,562.96 | 0.08 | 2,610.16 | 47.1 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|------|----------|------|
| 4911 | 3.1_N_1160 | 2,565.18 | 0.22 | 2,609.66 | 44.4 |
| 4913 | 3.1_N_1161 | 2,556.11 | 1.51 | 2,594.83 | 38.6 |
| 4914 | 3.1_N_1162 | 2,555.07 | 0.13 | 2,594.83 | 39.7 |
| 4916 | 3.1_N_1163 | 2,582.01 | 0.27 | 2,627.63 | 45.5 |
| 4917 | 3.1_N_1164 | 2,585.86 | 0.58 | 2,627.60 | 41.6 |
| 4919 | 3.1_N_1165 | 2,554.04 | 0.37 | 2,593.70 | 39.6 |
| 4920 | 3.1_N_1166 | 2,550.60 | 0.42 | 2,593.71 | 43 |
| 4922 | 3.1_N_1167 | 2,564.49 | 0.24 | 2,609.75 | 45.2 |
| 4923 | 3.1_N_1168 | 2,563.70 | 0.86 | 2,609.73 | 45.9 |
| 4925 | 3.1_N_1169 | 2,599.27 | 0.43 | 2,627.29 | 28 |
| 4927 | 3.1_N_1170 | 2,604.90 | 0.14 | 2,629.28 | 24.3 |
| 4928 | 3.1_N_1171 | 2,596.92 | 0.16 | 2,629.27 | 32.3 |
| 4930 | 3.1_N_1172 | 2,582.56 | 0.42 | 2,591.44 | 8.9 |
| 4932 | 3.1_N_1173 | 2,562.91 | 0.75 | 2,592.75 | 29.8 |
| 4935 | 3.1_N_1174 | 2,579.10 | 0.72 | 2,625.43 | 46.2 |
| 4936 | 3.1_N_1175 | 2,579.79 | 0.44 | 2,625.65 | 45.8 |
| 4938 | 3.1_N_1176 | 2,558.22 | 0.18 | 2,594.88 | 36.6 |
| 4940 | 3.1_N_1177 | 2,557.68 | 0.3 | 2,609.99 | 52.2 |
| 4942 | 3.1_N_1178 | 2,551.81 | 0.33 | 2,592.97 | 41.1 |
| 4944 | 3.1_N_1179 | 2,565.65 | 0.33 | 2,609.99 | 44.3 |
| 4947 | 3.1_N_1180 | 2,592.65 | 0.26 | 2,628.57 | 35.8 |
| 4949 | 3.1_N_1181 | 2,596.00 | 0.39 | 2,628.71 | 32.6 |
| 4951 | 3.1_N_1182 | 2,592.40 | 0.19 | 2,628.53 | 36.1 |
| 4952 | 3.1_N_1183 | 2,587.66 | 0.22 | 2,628.46 | 40.7 |
| 4954 | 3.1_N_1184 | 2,555.40 | 0.15 | 2,592.96 | 37.5 |
| 4956 | 3.1_N_1185 | 2,562.87 | 0.41 | 2,609.76 | 46.8 |
| 4958 | 3.1_N_1186 | 2,563.10 | 0.14 | 2,592.51 | 29.4 |
| 4960 | 3.1_N_1187 | 2,549.33 | 0.7 | 2,593.85 | 44.4 |
| 4961 | 3.1_N_1188 | 2,550.26 | 0.31 | 2,593.83 | 43.5 |
| 4963 | 3.1_N_1189 | 2,586.81 | 0.6 | 2,626.12 | 39.2 |
| 4964 | 3.1_N_1190 | 2,590.77 | 0.41 | 2,626.32 | 35.5 |
| 4966 | 3.1_N_1191 | 2,557.53 | 0.38 | 2,594.31 | 36.7 |
| 4967 | 3.1_N_1192 | 2,554.63 | 0.49 | 2,594.06 | 39.3 |
| 4972 | 3.1_N_1193 | 2,553.02 | 0.61 | 2,594.32 | 41.2 |
| 4973 | 3.1_N_1194 | 2,551.87 | 0.23 | 2,594.31 | 42.4 |
| 4977 | 3.1_N_1195 | 2,569.86 | 0.81 | 2,607.09 | 37.2 |
| 4978 | 3.1_N_1196 | 2,567.13 | 0.43 | 2,607.03 | 39.8 |
| 4980 | 3.1_N_1197 | 2,599.81 | 0.36 | 2,627.77 | 27.9 |
| 4982 | 3.1_N_1198 | 2,580.81 | 0.26 | 2,628.87 | 48 |
| 4984 | 3.1_N_1199 | 2,567.31 | 0.32 | 2,609.33 | 41.9 |
| 4986 | 3.1_N_1200 | 2,558.13 | 0.29 | 2,610.14 | 51.9 |
| 4989 | 3.1_N_1201 | 2,569.64 | 0.65 | 2,625.70 | 56 |
| 4991 | 3.1_N_1202 | 2,573.25 | 0.21 | 2,609.41 | 36.1 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|------|----------|------|
| 4993 | 3.1_N_1203 | 2,553.43 | 1.18 | 2,594.76 | 41.3 |
| 4995 | 3.1_N_1204 | 2,580.44 | 0.74 | 2,625.93 | 45.4 |
| 4998 | 3.1_N_1205 | 2,579.70 | 0.25 | 2,631.35 | 51.5 |
| 5000 | 3.1_N_1206 | 2,597.77 | 0.16 | 2,627.29 | 29.5 |
| 5002 | 3.1_N_1207 | 2,576.68 | 0.53 | 2,625.93 | 49.1 |
| 5004 | 3.1_N_1208 | 2,555.24 | 0.14 | 2,593.53 | 38.2 |
| 5008 | 3.1_N_1209 | 2,548.36 | 1.58 | 2,592.74 | 44.3 |
| 5010 | 3.1_N_1210 | 2,594.72 | 0.34 | 2,626.80 | 32 |
| 5011 | 3.1_N_1211 | 2,597.31 | 0.07 | 2,626.80 | 29.4 |
| 5013 | 3.1_N_1212 | 2,563.59 | 1.1 | 2,607.11 | 43.4 |
| 5016 | 3.1_N_1213 | 2,602.26 | 0.15 | 2,629.21 | 26.9 |
| 5019 | 3.1_N_1214 | 2,582.15 | 0.17 | 2,626.92 | 44.7 |
| 5021 | 3.1_N_1215 | 2,584.31 | 0.1 | 2,629.32 | 44.9 |
| 5023 | 3.1_N_1216 | 2,583.42 | 0.37 | 2,630.27 | 46.8 |
| 5024 | 3.1_N_1217 | 2,587.83 | 0.07 | 2,630.27 | 42.4 |
| 5026 | 3.1_N_1218 | 2,560.78 | 0.7 | 2,592.47 | 31.6 |
| 5029 | 3.1_N_1219 | 2,574.49 | 0.81 | 2,591.41 | 16.9 |
| 5030 | 3.1_N_1220 | 2,575.52 | 0.45 | 2,591.40 | 15.8 |
| 5032 | 3.1_N_1221 | 2,570.94 | 0.53 | 2,610.43 | 39.4 |
| 5034 | 3.1_N_1222 | 2,579.75 | 0.08 | 2,628.61 | 48.8 |
| 5037 | 3.1_N_1223 | 2,577.50 | 0.13 | 2,628.47 | 50.9 |
| 5038 | 3.1_N_1224 | 2,582.16 | 0.07 | 2,628.47 | 46.2 |
| 5040 | 3.1_N_1225 | 2,566.49 | 0.98 | 2,592.02 | 25.5 |
| 5043 | 3.1_N_1226 | 2,599.24 | 0.09 | 2,628.84 | 29.5 |
| 5045 | 3.1_N_1227 | 2,590.18 | 0.03 | 2,628.38 | 38.1 |
| 5048 | 3.1_N_1228 | 2,556.33 | 0.34 | 2,593.67 | 37.3 |
| 5050 | 3.1_N_1229 | 2,566.10 | 0.54 | 2,610.04 | 43.8 |
| 5056 | 3.1_N_1230 | 2,562.31 | 0 | 2,607.35 | 44.9 |
| 5057 | 3.1_N_1231 | 2,563.37 | 0.91 | 2,607.35 | 43.9 |
| 5059 | 3.1_N_1232 | 2,576.30 | 0.43 | 2,625.09 | 48.7 |
| 5061 | 3.1_N_1233 | 2,566.25 | 0.62 | 2,610.20 | 43.9 |
| 5063 | 3.1_N_1234 | 2,568.16 | 0.12 | 2,610.16 | 41.9 |
| 5065 | 3.1_N_1235 | 2,570.65 | 0.27 | 2,609.69 | 39 |
| 5067 | 3.1_N_1236 | 2,570.47 | 0.81 | 2,592.02 | 21.5 |
| 5068 | 3.1_N_1237 | 2,569.28 | 0.53 | 2,592.02 | 22.7 |
| 5070 | 3.1_N_1238 | 2,559.45 | 0.6 | 2,592.65 | 33.1 |
| 5072 | 3.1_N_1239 | 2,585.89 | 0.15 | 2,629.39 | 43.4 |
| 5074 | 3.1_N_1240 | 2,558.77 | 0.51 | 2,610.10 | 51.2 |
| 5076 | 3.1_N_1241 | 2,581.17 | 0.21 | 2,625.99 | 44.7 |
| 5078 | 3.1_N_1242 | 2,560.83 | 0.64 | 2,594.11 | 33.2 |
| 5082 | 3.1_N_1243 | 2,554.29 | 0.23 | 2,594.57 | 40.2 |
| 5085 | 3.1_N_1244 | 2,552.06 | 0.41 | 2,592.85 | 40.7 |
| 5087 | 3.1_N_1245 | 2,568.94 | 0.44 | 2,608.47 | 39.4 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|------|----------|------|
| 5090 | 3.1_N_1246 | 2,581.71 | 0.22 | 2,631.85 | 50 |
| 5091 | 3.1_N_1247 | 2,573.47 | 0.14 | 2,631.85 | 58.3 |
| 5095 | 3.1_N_1248 | 2,583.31 | 0.23 | 2,626.91 | 43.5 |
| 5098 | 3.1_N_1249 | 2,572.69 | 0.36 | 2,610.29 | 37.5 |
| 5102 | 3.1_N_1250 | 2,579.05 | 0.3 | 2,610.41 | 31.3 |
| 5104 | 3.1_N_1251 | 2,561.44 | 0.65 | 2,607.04 | 45.5 |
| 5106 | 3.1_N_1252 | 2,567.79 | 0.21 | 2,592.20 | 24.4 |
| 5110 | 3.1_N_1253 | 2,573.07 | 0.47 | 2,610.16 | 37 |
| 5112 | 3.1_N_1254 | 2,564.74 | 0.2 | 2,607.34 | 42.5 |
| 5114 | 3.1_N_1255 | 2,600.78 | 0.74 | 2,629.07 | 28.2 |
| 5118 | 3.1_N_1256 | 2,560.89 | 0.07 | 2,609.99 | 49 |
| 5121 | 3.1_N_1257 | 2,599.36 | 0.38 | 2,627.69 | 28.3 |
| 5123 | 3.1_N_1258 | 2,578.64 | 0.06 | 2,610.32 | 31.6 |
| 5125 | 3.1_N_1259 | 2,604.83 | 0.16 | 2,629.44 | 24.6 |
| 5127 | 3.1_N_1260 | 2,576.28 | 0.04 | 2,626.92 | 50.5 |
| 5129 | 3.1_N_1261 | 2,566.48 | 0.62 | 2,607.46 | 40.9 |
| 5131 | 3.1_N_1262 | 2,570.78 | 1.19 | 2,591.44 | 20.6 |
| 5132 | 3.1_N_1263 | 2,565.87 | 0 | 2,591.44 | 25.5 |
| 5134 | 3.1_N_1264 | 2,585.38 | 0.55 | 2,625.65 | 40.2 |
| 5137 | 3.1_N_1265 | 2,548.64 | 0.82 | 2,592.47 | 43.7 |
| 5141 | 3.1_N_1266 | 2,561.74 | 0.42 | 2,610.02 | 48.2 |
| 5144 | 3.1_N_1267 | 2,576.12 | 0.25 | 2,628.49 | 52.3 |
| 5147 | 3.1_N_1268 | 2,549.79 | 0.28 | 2,594.76 | 44.9 |
| 5152 | 3.1_N_1269 | 2,545.96 | 0.03 | 2,593.68 | 47.6 |
| 5155 | 3.1_N_1270 | 2,595.91 | 0.58 | 2,625.88 | 29.9 |
| 5157 | 3.1_N_1271 | 2,557.66 | 0.39 | 2,609.73 | 52 |
| 5161 | 3.1_N_1272 | 2,575.46 | 0.26 | 2,627.81 | 52.2 |
| 5164 | 3.1_N_1273 | 2,581.20 | 0.4 | 2,611.16 | 29.9 |
| 5167 | 3.1_N_1274 | 2,546.78 | 0.69 | 2,593.52 | 46.6 |
| 5175 | 3.1_N_1275 | 2,585.06 | 0.02 | 2,633.47 | 48.3 |
| 5177 | 3.1_N_1276 | 2,602.00 | 0.53 | 2,628.71 | 26.7 |
| 5179 | 3.1_N_1277 | 2,574.34 | 0.25 | 2,610.27 | 35.9 |
| 5186 | 3.1_N_1278 | 2,565.48 | 0.22 | 2,593.60 | 28.1 |
| 5193 | 3.1_N_1279 | 2,596.18 | 0.28 | 2,627.59 | 31.4 |
| 5195 | 3.1_N_1280 | 2,547.11 | 0.5 | 2,594.41 | 47.2 |
| 5200 | 3.1_N_1281 | 2,592.98 | 0.63 | 2,629.95 | 36.9 |
| 5207 | 3.1_N_1282 | 2,554.56 | 0.51 | 2,610.09 | 55.4 |
| 5213 | 3.1_N_1283 | 2,545.07 | 1.09 | 2,592.47 | 47.3 |
| 5217 | 3.1_N_1284 | 2,560.80 | 0.33 | 2,610.11 | 49.2 |
| 5219 | 3.1_N_1285 | 2,553.65 | 0.31 | 2,609.96 | 56.2 |
| 5221 | 3.1_N_1286 | 2,556.23 | 0.46 | 2,609.87 | 53.5 |
| 5222 | 3.1_N_1287 | 2,556.24 | 0.12 | 2,609.87 | 53.5 |
| 5232 | 3.1_N_1288 | 2,569.01 | 0.36 | 2,606.95 | 37.9 |

| | | | | | |
|------|------------|----------|------|----------|------|
| 5241 | 3.1_N_1289 | 2,597.16 | 0.4 | 2,628.93 | 31.7 |
| 5246 | 3.1_N_1290 | 2,540.29 | 0.36 | 2,593.48 | 53.1 |
| 5254 | 3.1_N_1291 | 2,567.68 | 0 | 2,607.07 | 39.3 |
| 5255 | 3.1_N_1292 | 2,563.51 | 0.93 | 2,607.07 | 43.5 |
| 5283 | 3.1_N_1293 | 2,597.61 | 0.23 | 2,628.52 | 30.8 |
| 5285 | 3.1_N_1294 | 2,566.37 | 0.58 | 2,610.22 | 43.8 |
| 5293 | 3.1_N_1295 | 2,540.42 | 0.6 | 2,593.50 | 53 |
| 5349 | 3.1_N_1000 | 2,634.84 | 0 | 2,635.94 | 1.1 |

Anexo 14. Tabla General de Tuberías en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado.

| ID | Label | Longitud (m) | Diámetro (mm) | Material | Caudal (L/s) | Pérdida de carga (m.c.a) |
|------|------------|--------------|---------------|----------|--------------|--------------------------|
| 4643 | 3.1_T_5073 | 0.89 | 63 | PVC | -2.11 | 9.049 |
| 4646 | 3.1_T_5072 | 0.99 | 110 | PVC | 3.24 | 1.505 |
| 4649 | 3.1_T_5122 | 1.01 | 110 | PVC | 4.07 | 2.062 |
| 4652 | 3.1_T_5031 | 1.09 | 160 | PVC | 8.58 | 1.362 |
| 4655 | 3.1_T_5027 | 1.25 | 160 | PVC | 17.6 | 4.775 |
| 4658 | 3.1_T_5143 | 1.32 | 160 | PVC | 14.66 | 3.604 |
| 4661 | 3.1_T_5174 | 1.57 | 63 | PVC | -1.88 | 7.197 |
| 4664 | 3.1_T_5003 | 1.64 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4666 | 3.1_T_5090 | 1.69 | 110 | PVC | -0.82 | 0 |
| 4669 | 3.1_T_5115 | 1.78 | 63 | PVC | -1.69 | 5.837 |
| 4672 | 3.1_T_5088 | 1.79 | 63 | PVC | 1.69 | 5.821 |
| 4675 | 3.1_T_5004 | 2.04 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4677 | 3.1_T_5159 | 2.14 | 160 | PVC | 0 | 0 |
| 4680 | 3.1_T_5105 | 2.84 | 110 | PVC | 3.4 | 1.362 |
| 4683 | 3.1_T_5100 | 2.87 | 315 | PVC | 52.58 | 1.346 |
| 4686 | 3.1_T_5154 | 3.06 | 50 | AC | 0 | 0 |
| 4689 | 3.1_T_5053 | 3.11 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4692 | 3.1_T_5165 | 3.14 | 160 | PVC | 7.66 | 1.044 |
| 4695 | 3.1_T_5173 | 3.15 | 63 | PVC | 0.91 | 1.888 |
| 4698 | 3.1_T_5104 | 3.3 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4701 | 3.1_T_5102 | 3.55 | 150 | AC | 0 | 0 |
| 4703 | 3.1_T_5002 | 3.96 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4705 | 3.1_T_5005 | 4 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4707 | 3.1_T_5019 | 4.05 | 63 | PVC | 1.08 | 2.573 |
| 4710 | 3.1_T_5300 | 4.31 | 110 | PVC | -0.01 | 0 |
| 4713 | 3.1_T_5006 | 4.46 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4715 | 3.1_T_5118 | 4.61 | 50 | AC | -1.18 | 9.362 |
| 4718 | 3.1_T_5007 | 5 | 110 | PVC | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|------|------------|-------|-----|-----|-------|-------|
| 4720 | 3.1_T_5074 | 5.14 | 110 | PVC | 3.56 | 1.564 |
| 4723 | 3.1_T_5084 | 5.21 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4726 | 3.1_T_5361 | 5.54 | 160 | PVC | 5.44 | 0.538 |
| 4729 | 3.1_T_5091 | 5.98 | 110 | PVC | 1.26 | 0.249 |
| 4732 | 3.1_T_5028 | 6 | 110 | PVC | 1.13 | 0.198 |
| 4733 | 3.1_T_5117 | 6.13 | 63 | PVC | 1.18 | 3.01 |
| 4736 | 3.1_T_5077 | 6.47 | 63 | PVC | 1.39 | 4.046 |
| 4739 | 3.1_T_5069 | 6.69 | 110 | PVC | 4.98 | 2.848 |
| 4745 | 3.1_T_5058 | 6.81 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4748 | 3.1_T_5106 | 7.27 | 110 | PVC | 2.2 | 0.614 |
| 4751 | 3.1_T_5076 | 7.71 | 63 | PVC | 0.1 | 0.039 |
| 4754 | 3.1_T_5147 | 8.11 | 50 | AC | -0.07 | 0.037 |
| 4757 | 3.1_T_5024 | 8.67 | 50 | AC | 0.39 | 1.168 |
| 4760 | 3.1_T_5231 | 9.11 | 50 | AC | 0 | 0 |
| 4761 | 3.1_T_5010 | 9.43 | 110 | PVC | 8.29 | 7.382 |
| 4764 | 3.1_T_5188 | 9.72 | 63 | PVC | -1.17 | 2.971 |
| 4766 | 3.1_T_5332 | 13.18 | 110 | PVC | 6.72 | 5.015 |
| 4769 | 3.1_T_5164 | 9.79 | 160 | PVC | 0.09 | 0 |
| 4775 | 3.1_T_5318 | 10.49 | 63 | PVC | -0.12 | 0.057 |
| 4776 | 3.1_T_5359 | 10.41 | 200 | PVC | 36.27 | 6.175 |
| 4778 | 3.1_T_5277 | 10.47 | 200 | PVC | 41.65 | 7.963 |
| 4780 | 3.1_T_5103 | 11.83 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4781 | 3.1_T_5278 | 12.22 | 315 | PVC | 57.1 | 1.558 |
| 4783 | 3.1_T_5273 | 13.41 | 63 | PVC | 0.06 | 0 |
| 4786 | 3.1_T_5322 | 13.82 | 63 | PVC | 0.08 | 0.022 |
| 4789 | 3.1_T_5037 | 13.95 | 63 | PVC | 0.11 | 0.043 |
| 4792 | 3.1_T_5200 | 14.67 | 200 | PVC | 27.84 | 3.794 |
| 4795 | 3.1_T_5094 | 14.75 | 100 | AC | 4.17 | 3.29 |
| 4798 | 3.1_T_5297 | 15.12 | 110 | PVC | 7.01 | 5.394 |
| 4800 | 3.1_T_5171 | 15.55 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4802 | 3.1_T_5025 | 15.66 | 50 | PVC | -0.91 | 5.798 |
| 4805 | 3.1_T_5085 | 15.95 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4807 | 3.1_T_5194 | 16.54 | 160 | PVC | 0 | 0 |
| 4809 | 3.1_T_5160 | 16.2 | 315 | PVC | 95.65 | 4.078 |
| 4812 | 3.1_T_5086 | 16.57 | 63 | PVC | 0.08 | 0.018 |
| 4815 | 3.1_T_5030 | 16.77 | 63 | PVC | -0.13 | 0.053 |
| 4818 | 3.1_T_5009 | 16.9 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 4820 | 3.1_T_5321 | 17.82 | 63 | PVC | 0.04 | 0 |
| 4823 | 3.1_T_5210 | 17.84 | 160 | PVC | 7.19 | 0.918 |
| 4824 | 3.1_T_5148 | 17.98 | 50 | AC | -0.07 | 0.05 |
| 4826 | 3.1_T_5338 | 20.59 | 110 | PVC | -3.72 | 1.677 |
| 4828 | 3.1_T_5137 | 18.74 | 110 | PVC | -5.39 | 3.319 |
| 4830 | 3.1_T_5203 | 18.95 | 160 | PVC | 3.23 | 0.204 |

| | | | | | | |
|------|------------|-------|-----|-----|--------|-------|
| 4833 | 3.1_T_5166 | 19.08 | 200 | PVC | 29.62 | 4.242 |
| 4836 | 3.1_T_5301 | 19.5 | 160 | PVC | 11.02 | 2.015 |
| 4839 | 3.1_T_5120 | 21.25 | 110 | PVC | 4.91 | 2.788 |
| 4841 | 3.1_T_5098 | 21.42 | 50 | AC | 0.11 | 0.111 |
| 4844 | 3.1_T_5064 | 21.46 | 63 | PVC | -0.25 | 0.166 |
| 4846 | 3.1_T_5180 | 21.84 | 63 | PVC | -0.09 | 0.027 |
| 4849 | 3.1_T_5158 | 22.48 | 200 | PVC | -29.98 | 4.329 |
| 4850 | 3.1_T_5141 | 22.67 | 50 | PVC | 0.36 | 1.037 |
| 4853 | 3.1_T_5156 | 23.04 | 110 | PVC | 6.67 | 4.922 |
| 4855 | 3.1_T_5061 | 23.12 | 63 | PVC | 0.66 | 1.017 |
| 4857 | 3.1_T_5008 | 33.85 | 160 | PVC | 0 | 0 |
| 4859 | 3.1_T_5334 | 24.83 | 63 | PVC | 0.23 | 0.156 |
| 4861 | 3.1_T_5170 | 25.81 | 110 | PVC | 2.79 | 0.98 |
| 4864 | 3.1_T_5046 | 25.63 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4866 | 3.1_T_5150 | 25.77 | 50 | PVC | -0.76 | 4.1 |
| 4868 | 3.1_T_5001 | 26.03 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4871 | 3.1_T_5219 | 26.12 | 200 | PVC | 26.91 | 3.544 |
| 4872 | 3.1_T_5131 | 26.63 | 50 | AC | 0.07 | 0.045 |
| 4874 | 3.1_T_5052 | 28.42 | 50 | AC | 0 | 0 |
| 4876 | 3.1_T_5167 | 30.34 | 200 | PVC | 29.47 | 4.199 |
| 4878 | 3.1_T_5240 | 33.84 | 110 | PVC | 8.64 | 7.969 |
| 4881 | 3.1_T_5144 | 31.71 | 160 | PVC | 7.84 | 1.07 |
| 4884 | 3.1_T_5341 | 32.62 | 63 | PVC | 0.59 | 0.849 |
| 4886 | 3.1_T_5224 | 33.53 | 150 | AC | -0.03 | 0 |
| 4888 | 3.1_T_5047 | 32.63 | 63 | PVC | 0.13 | 0.046 |
| 4891 | 3.1_T_5294 | 32.7 | 63 | PVC | -1.66 | 5.662 |
| 4892 | 3.1_T_5065 | 32.76 | 63 | PVC | 0.27 | 0.2 |
| 4894 | 3.1_T_5182 | 33.23 | 200 | PVC | 0.15 | 0 |
| 4897 | 3.1_T_5311 | 34.69 | 63 | PVC | 0.94 | 1.956 |
| 4898 | 3.1_T_5055 | 34.72 | 110 | PVC | 3.09 | 1.192 |
| 4901 | 3.1_T_5013 | 34.97 | 160 | PVC | 11.52 | 2.187 |
| 4903 | 3.1_T_5351 | 35.31 | 160 | PVC | -17.38 | 4.687 |
| 4905 | 3.1_T_5129 | 35.32 | 50 | AC | 0.19 | 0.32 |
| 4908 | 3.1_T_5034 | 36.22 | 63 | PVC | 0.08 | 0.016 |
| 4910 | 3.1_T_5033 | 37.29 | 63 | PVC | 0.87 | 1.716 |
| 4912 | 3.1_T_5048 | 37.54 | 63 | PVC | 0.13 | 0.048 |
| 4915 | 3.1_T_5347 | 37.91 | 110 | PVC | 2.89 | 1.052 |
| 4918 | 3.1_T_5049 | 38 | 63 | PVC | -0.29 | 0.227 |
| 4921 | 3.1_T_5232 | 38.06 | 63 | PVC | 0.39 | 0.375 |
| 4924 | 3.1_T_5070 | 38.13 | 63 | PVC | 2.19 | 9.445 |
| 4926 | 3.1_T_5097 | 38.94 | 50 | PVC | 0.16 | 0.229 |
| 4929 | 3.1_T_5023 | 39.32 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 4931 | 3.1_T_5132 | 39.68 | 50 | PVC | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|------|------------|-------|-----|-----|-------|-------|
| 4933 | 3.1_T_5214 | 40.47 | 160 | PVC | 9.61 | 1.559 |
| 4934 | 3.1_T_5026 | 40.6 | 110 | PVC | -7.04 | 5.448 |
| 4937 | 3.1_T_5040 | 40.81 | 63 | PVC | 0.63 | 0.934 |
| 4939 | 3.1_T_5350 | 41.33 | 50 | AC | 0.13 | 0.166 |
| 4941 | 3.1_T_5172 | 42.06 | 63 | PVC | 0.33 | 0.29 |
| 4943 | 3.1_T_5014 | 42.1 | 63 | PVC | 1.1 | 2.63 |
| 4945 | 3.1_T_5284 | 42.18 | 110 | PVC | 1.13 | 0.176 |
| 4946 | 3.1_T_5149 | 42.24 | 50 | PVC | -0.22 | 0.43 |
| 4948 | 3.1_T_5193 | 43.39 | 160 | PVC | -8.02 | 1.118 |
| 4950 | 3.1_T_5250 | 48.88 | 50 | PVC | 0.42 | 1.37 |
| 4953 | 3.1_T_5157 | 43.03 | 63 | PVC | 0.15 | 0.062 |
| 4955 | 3.1_T_5308 | 43.47 | 63 | PVC | -0.48 | 0.562 |
| 4957 | 3.1_T_5274 | 43.62 | 63 | PVC | 0.14 | 0.061 |
| 4959 | 3.1_T_5044 | 44.01 | 63 | PVC | 0.31 | 0.257 |
| 4962 | 3.1_T_5110 | 44.08 | 110 | PVC | -6.4 | 4.565 |
| 4965 | 3.1_T_5108 | 45.51 | 110 | PVC | 7.18 | 5.651 |
| 4968 | 3.1_T_5217 | 45.96 | 160 | PVC | 8.45 | 1.23 |
| 4969 | 3.1_T_5068 | 46.34 | 63 | PVC | 1.26 | 3.417 |
| 4970 | 3.1_T_5283 | 46.52 | 100 | AC | 2.65 | 1.421 |
| 4971 | 3.1_T_5042 | 46.71 | 63 | PVC | 0.23 | 0.153 |
| 4974 | 3.1_T_5060 | 47.04 | 110 | PVC | 4.45 | 2.329 |
| 4975 | 3.1_T_5142 | 47.14 | 63 | PVC | 1.6 | 5.311 |
| 4976 | 3.1_T_5121 | 47.19 | 50 | PVC | 0.43 | 1.438 |
| 4979 | 3.1_T_5139 | 47.28 | 110 | PVC | -4.51 | 2.392 |
| 4981 | 3.1_T_5276 | 48.38 | 110 | PVC | 0.07 | 0 |
| 4983 | 3.1_T_5315 | 48.85 | 63 | PVC | -1.8 | 6.598 |
| 4985 | 3.1_T_5112 | 48.63 | 110 | PVC | 1.44 | 0.288 |
| 4987 | 3.1_T_5062 | 49.06 | 63 | PVC | 1.22 | 3.216 |
| 4988 | 3.1_T_5179 | 49.49 | 63 | PVC | 1.51 | 4.745 |
| 4990 | 3.1_T_5337 | 49.85 | 110 | PVC | -7.92 | 6.783 |
| 4992 | 3.1_T_5319 | 49.84 | 110 | PVC | 5.35 | 3.279 |
| 4994 | 3.1_T_5021 | 50.14 | 110 | PVC | -7.09 | 5.516 |
| 4996 | 3.1_T_5095 | 50.27 | 110 | PVC | 2.34 | 0.711 |
| 4997 | 3.1_T_5185 | 50.39 | 315 | PVC | 95.82 | 4.082 |
| 4999 | 3.1_T_5336 | 66.42 | 63 | PVC | 0.16 | 0.072 |
| 5001 | 3.1_T_5281 | 50.68 | 110 | PVC | -0.89 | 0.117 |
| 5003 | 3.1_T_5135 | 50.73 | 25 | PVC | 0.14 | 5.005 |
| 5005 | 3.1_T_5146 | 51.14 | 50 | PVC | 0.11 | 0.122 |
| 5006 | 3.1_T_5263 | 52.47 | 50 | PVC | -0.28 | 0.652 |
| 5007 | 3.1_T_5257 | 51.39 | 50 | AC | 0.73 | 3.805 |
| 5009 | 3.1_T_5124 | 51.5 | 50 | AC | 0.07 | 0.046 |
| 5012 | 3.1_T_5320 | 51.96 | 63 | PVC | 2.01 | 8.083 |
| 5014 | 3.1_T_5266 | 53.33 | 110 | PVC | 4.99 | 2.886 |

| | | | | | | |
|------|------------|-------|-----|-----|-------|--------|
| 5015 | 3.1_T_5099 | 53.21 | 315 | PVC | 53.64 | 1.393 |
| 5017 | 3.1_T_5109 | 53.49 | 110 | PVC | 6.96 | 5.337 |
| 5018 | 3.1_T_5152 | 53.76 | 50 | AC | 0.44 | 1.5 |
| 5020 | 3.1_T_5290 | 54.4 | 63 | PVC | 0.1 | 0.027 |
| 5022 | 3.1_T_5175 | 54.5 | 63 | PVC | 0.07 | 0.016 |
| 5025 | 3.1_T_5011 | 54.91 | 63 | PVC | -1.5 | 4.689 |
| 5027 | 3.1_T_5114 | 55.14 | 63 | PVC | -0.65 | 0.999 |
| 5028 | 3.1_T_5081 | 55.44 | 63 | PVC | 0.23 | 0.14 |
| 5031 | 3.1_T_5307 | 57.67 | 63 | PVC | 1.18 | 3.029 |
| 5033 | 3.1_T_5116 | 55.65 | 63 | PVC | 0.14 | 0.064 |
| 5035 | 3.1_T_5333 | 55.9 | 160 | PVC | 12.91 | 2.7 |
| 5036 | 3.1_T_5163 | 56.26 | 63 | PVC | 0.07 | 0.021 |
| 5039 | 3.1_T_5298 | 56.8 | 63 | PVC | -1.24 | 3.323 |
| 5041 | 3.1_T_5329 | 56.99 | 63 | PVC | -1.29 | 3.526 |
| 5042 | 3.1_T_5020 | 57.19 | 63 | PVC | 0.09 | 0.026 |
| 5044 | 3.1_T_5036 | 57.63 | 63 | PVC | 0.03 | 0.005 |
| 5046 | 3.1_T_5295 | 57.71 | 63 | PVC | -1.35 | 3.848 |
| 5047 | 3.1_T_5325 | 76.99 | 63 | PVC | 0.34 | 0.298 |
| 5049 | 3.1_T_5246 | 57.93 | 50 | AC | 0.27 | 0.617 |
| 5051 | 3.1_T_5342 | 60.25 | 63 | PVC | -0.03 | 0.005 |
| 5052 | 3.1_T_5012 | 59.22 | 63 | PVC | -0.1 | 0.035 |
| 5053 | 3.1_T_5269 | 60.58 | 63 | PVC | -2.38 | 11.031 |
| 5054 | 3.1_T_5211 | 59.27 | 160 | PVC | 7.3 | 0.939 |
| 5055 | 3.1_T_5339 | 59.97 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 5058 | 3.1_T_5215 | 60.08 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 5060 | 3.1_T_5075 | 60.66 | 63 | PVC | 1.33 | 3.763 |
| 5062 | 3.1_T_5285 | 61.27 | 110 | PVC | 2.05 | 0.549 |
| 5064 | 3.1_T_5346 | 94.61 | 50 | AC | 0.27 | 0.623 |
| 5066 | 3.1_T_5280 | 61.86 | 400 | PVC | -2.14 | 0.005 |
| 5069 | 3.1_T_5360 | 62.49 | 63 | PVC | -1.14 | 2.806 |
| 5071 | 3.1_T_5235 | 62.93 | 50 | AC | -0.15 | 0.199 |
| 5073 | 3.1_T_5169 | 62.94 | 110 | PVC | 1.69 | 0.388 |
| 5075 | 3.1_T_5178 | 63.29 | 110 | PVC | 0 | 0 |
| 5077 | 3.1_T_5303 | 63.52 | 160 | PVC | 18.19 | 5.099 |
| 5079 | 3.1_T_5212 | 63.66 | 160 | PVC | -8.31 | 1.197 |
| 5080 | 3.1_T_5067 | 63.67 | 63 | PVC | 2.23 | 9.817 |
| 5081 | 3.1_T_5043 | 64.3 | 63 | PVC | 0.23 | 0.144 |
| 5083 | 3.1_T_5259 | 64.42 | 110 | PVC | 6.43 | 4.616 |
| 5084 | 3.1_T_5134 | 64.63 | 50 | PVC | 0.41 | 1.294 |
| 5086 | 3.1_T_5296 | 65.21 | 110 | PVC | 6.78 | 5.08 |
| 5088 | 3.1_T_5045 | 65.48 | 63 | PVC | 0.7 | 1.159 |
| 5089 | 3.1_T_5199 | 65.84 | 63 | PVC | 0.14 | 0.054 |
| 5092 | 3.1_T_5022 | 65.99 | 110 | PVC | 6.78 | 5.083 |

| | | | | | | |
|------|------------|-------|-----|-----|--------|-------|
| 5093 | 3.1_T_5140 | 66.45 | 50 | PVC | 0.33 | 0.896 |
| 5094 | 3.1_T_5119 | 66.68 | 63 | PVC | 0.23 | 0.152 |
| 5096 | 3.1_T_5248 | 66.83 | 50 | AC | 0.42 | 1.358 |
| 5099 | 3.1_T_5309 | 67.38 | 63 | PVC | 0.9 | 1.816 |
| 5100 | 3.1_T_5111 | 67.4 | 110 | PVC | -5.14 | 3.043 |
| 5101 | 3.1_T_5113 | 67.8 | 110 | PVC | 3.83 | 1.76 |
| 5103 | 3.1_T_5066 | 67.95 | 63 | PVC | 0.65 | 0.994 |
| 5105 | 3.1_T_5087 | 68.07 | 63 | PVC | -0.21 | 0.127 |
| 5107 | 3.1_T_5331 | 68.8 | 160 | PVC | 6.89 | 0.848 |
| 5108 | 3.1_T_5348 | 68.84 | 63 | PVC | 1.82 | 6.693 |
| 5109 | 3.1_T_5197 | 69.36 | 50 | AC | 0.47 | 1.704 |
| 5111 | 3.1_T_5323 | 72.98 | 63 | PVC | 0.2 | 0.11 |
| 5113 | 3.1_T_5089 | 71 | 63 | PVC | 1.81 | 6.67 |
| 5115 | 3.1_T_5130 | 71.1 | 50 | AC | -0.51 | 1.947 |
| 5116 | 3.1_T_5299 | 71.12 | 63 | PVC | -0.5 | 0.615 |
| 5119 | 3.1_T_5218 | 71.48 | 160 | PVC | 9.26 | 1.462 |
| 5120 | 3.1_T_5127 | 71.52 | 50 | PVC | 0.38 | 1.132 |
| 5122 | 3.1_T_5247 | 71.7 | 50 | AC | 0.55 | 2.288 |
| 5124 | 3.1_T_5101 | 71.86 | 315 | PVC | 55.19 | 1.471 |
| 5126 | 3.1_T_5153 | 71.89 | 50 | AC | 0.04 | 0.021 |
| 5128 | 3.1_T_5051 | 71.94 | 63 | PVC | 0.62 | 0.923 |
| 5130 | 3.1_T_5155 | 72.37 | 25 | PVC | 0 | 0 |
| 5133 | 3.1_T_5168 | 72.74 | 50 | AC | 0.98 | 6.572 |
| 5135 | 3.1_T_5353 | 72.82 | 110 | PVC | 4.82 | 2.702 |
| 5136 | 3.1_T_5133 | 73.27 | 50 | PVC | 0.82 | 4.733 |
| 5138 | 3.1_T_5096 | 73.32 | 400 | PVC | -0.27 | 0 |
| 5139 | 3.1_T_5344 | 74.32 | 200 | PVC | -30.05 | 4.353 |
| 5140 | 3.1_T_5267 | 74.72 | 63 | PVC | -0.98 | 2.151 |
| 5142 | 3.1_T_5198 | 74.72 | 110 | PVC | -0.28 | 0.016 |
| 5143 | 3.1_T_5306 | 78.33 | 63 | PVC | -0.31 | 0.247 |
| 5145 | 3.1_T_5256 | 75.61 | 50 | AC | -0.26 | 0.563 |
| 5146 | 3.1_T_5162 | 75.91 | 160 | PVC | 0.28 | 0.004 |
| 5148 | 3.1_T_5216 | 76.89 | 160 | PVC | 6.81 | 0.825 |
| 5149 | 3.1_T_5345 | 89.06 | 150 | AC | 2.12 | 0.13 |
| 5150 | 3.1_T_5213 | 79.13 | 160 | PVC | 9.26 | 1.459 |
| 5153 | 3.1_T_5136 | 80.7 | 110 | PVC | -5.25 | 3.172 |
| 5154 | 3.1_T_5191 | 80.98 | 63 | PVC | -2.1 | 8.781 |
| 5156 | 3.1_T_5039 | 81.46 | 63 | PVC | 0.39 | 0.398 |
| 5158 | 3.1_T_5221 | 81.9 | 160 | PVC | 0 | 0 |
| 5159 | 3.1_T_5196 | 82.29 | 63 | PVC | 0.47 | 0.553 |
| 5160 | 3.1_T_5016 | 82.32 | 110 | PVC | 4.3 | 2.184 |
| 5162 | 3.1_T_5317 | 82.32 | 110 | PVC | -8.52 | 7.77 |
| 5165 | 3.1_T_5258 | 87.89 | 50 | AC | 0.27 | 0.62 |

| | | | | | | |
|------|------------|--------|-----|-----|-------|-------|
| 5166 | 3.1_T_5327 | 83.83 | 63 | PVC | -1.06 | 2.478 |
| 5168 | 3.1_T_5082 | 83.36 | 63 | PVC | -0.81 | 1.503 |
| 5169 | 3.1_T_5302 | 85.16 | 160 | PVC | 9.21 | 1.447 |
| 5170 | 3.1_T_5355 | 83.95 | 110 | PVC | -4.39 | 2.276 |
| 5171 | 3.1_T_5057 | 83.95 | 63 | PVC | 1.67 | 5.712 |
| 5172 | 3.1_T_5227 | 91.53 | 50 | PVC | -0.82 | 4.683 |
| 5173 | 3.1_T_5063 | 84.28 | 63 | PVC | -0.01 | 0 |
| 5174 | 3.1_T_5181 | 84.85 | 315 | PVC | 96.72 | 4.15 |
| 5176 | 3.1_T_5243 | 85.22 | 50 | PVC | 0.42 | 1.38 |
| 5178 | 3.1_T_5223 | 85.12 | 160 | PVC | 5.85 | 0.626 |
| 5180 | 3.1_T_5225 | 86.32 | 160 | PVC | 0 | 0 |
| 5181 | 3.1_T_5209 | 89.28 | 200 | PVC | 29 | 4.081 |
| 5182 | 3.1_T_5270 | 88.58 | 63 | PVC | -1.16 | 2.917 |
| 5183 | 3.1_T_5202 | 89.31 | 160 | PVC | 2.17 | 0.1 |
| 5184 | 3.1_T_5035 | 89.64 | 63 | PVC | 0.77 | 1.365 |
| 5185 | 3.1_T_5352 | 89.7 | 63 | PVC | -0.22 | 0.133 |
| 5187 | 3.1_T_5041 | 90.03 | 63 | PVC | -0.88 | 1.749 |
| 5188 | 3.1_T_5316 | 91.42 | 63 | PVC | -2.19 | 9.456 |
| 5189 | 3.1_T_5244 | 90.83 | 50 | PVC | 1.09 | 8.013 |
| 5190 | 3.1_T_5293 | 91.23 | 63 | PVC | -1.23 | 3.24 |
| 5191 | 3.1_T_5078 | 91.99 | 160 | PVC | 16.74 | 4.368 |
| 5192 | 3.1_T_5071 | 92.31 | 63 | PVC | 2.07 | 8.558 |
| 5194 | 3.1_T_5054 | 93.01 | 63 | PVC | 0.5 | 0.621 |
| 5196 | 3.1_T_5229 | 93.45 | 63 | PVC | -0.67 | 1.054 |
| 5197 | 3.1_T_5241 | 93.46 | 50 | PVC | 0 | 0 |
| 5198 | 3.1_T_5107 | 93.71 | 110 | PVC | 7.53 | 6.171 |
| 5199 | 3.1_T_5177 | 93.83 | 110 | PVC | 7.29 | 5.818 |
| 5201 | 3.1_T_5268 | 94.64 | 160 | PVC | 13.22 | 2.821 |
| 5202 | 3.1_T_5291 | 95.16 | 63 | PVC | 0.63 | 0.954 |
| 5203 | 3.1_T_5080 | 96.4 | 63 | PVC | 0.4 | 0.411 |
| 5204 | 3.1_T_5249 | 96.65 | 50 | AC | -1.06 | 7.638 |
| 5205 | 3.1_T_5271 | 98.7 | 63 | PVC | 0.08 | 0.018 |
| 5206 | 3.1_T_5275 | 98.76 | 110 | PVC | 0.51 | 0.042 |
| 5208 | 3.1_T_5252 | 98.78 | 110 | PVC | -2.16 | 0.612 |
| 5209 | 3.1_T_5251 | 99.53 | 110 | PVC | -9.13 | 8.831 |
| 5210 | 3.1_T_5128 | 99.89 | 50 | AC | 0.23 | 0.435 |
| 5211 | 3.1_T_5123 | 100.1 | 50 | AC | -0.58 | 2.373 |
| 5212 | 3.1_T_5326 | 101.22 | 63 | PVC | 1.09 | 2.611 |
| 5214 | 3.1_T_5292 | 103.07 | 63 | PVC | -1.06 | 2.478 |
| 5215 | 3.1_T_5038 | 102.94 | 63 | PVC | 1.01 | 2.218 |
| 5216 | 3.1_T_5050 | 104.9 | 63 | PVC | 0.6 | 0.868 |
| 5218 | 3.1_T_5228 | 104.71 | 110 | HF | -0.31 | 0.017 |
| 5220 | 3.1_T_5018 | 105.15 | 63 | PVC | 0.12 | 0.048 |

| | | | | | | |
|------|------------|--------|-----|-----|-------|-------|
| 5223 | 3.1_T_5126 | 105.64 | 50 | PVC | 0.14 | 0.18 |
| 5224 | 3.1_T_5083 | 105.86 | 63 | PVC | -0.23 | 0.146 |
| 5225 | 3.1_T_5233 | 106.06 | 63 | PVC | 0.81 | 1.518 |
| 5226 | 3.1_T_5145 | 106.85 | 50 | PVC | 0.32 | 0.825 |
| 5227 | 3.1_T_5282 | 107.54 | 110 | PVC | -1.55 | 0.329 |
| 5228 | 3.1_T_5356 | 108 | 160 | PVC | 0 | 0 |
| 5229 | 3.1_T_5176 | 107.9 | 50 | AC | 0.43 | 1.451 |
| 5230 | 3.1_T_5343 | 108.7 | 200 | PVC | 42.79 | 8.379 |
| 5231 | 3.1_T_5238 | 132.41 | 50 | AC | -0.36 | 1.05 |
| 5233 | 3.1_T_5245 | 149.3 | 50 | PVC | 0.24 | 0.475 |
| 5234 | 3.1_T_5093 | 108.7 | 63 | PVC | 1.03 | 2.344 |
| 5235 | 3.1_T_5029 | 108.82 | 315 | PVC | 53.94 | 1.409 |
| 5236 | 3.1_T_5349 | 108.84 | 50 | AC | 0.39 | 1.195 |
| 5237 | 3.1_T_5079 | 109.13 | 63 | PVC | 1.59 | 5.234 |
| 5238 | 3.1_T_5195 | 110.04 | 63 | PVC | 0.79 | 1.45 |
| 5239 | 3.1_T_5340 | 112.47 | 110 | PVC | -7.01 | 5.415 |
| 5240 | 3.1_T_5264 | 110.72 | 50 | AC | 0.4 | 1.25 |
| 5243 | 3.1_T_5138 | 111.51 | 110 | PVC | 0.2 | 0.008 |
| 5244 | 3.1_T_5015 | 112.76 | 63 | PVC | 0.8 | 1.468 |
| 5245 | 3.1_T_5310 | 112.94 | 63 | PVC | -0.36 | 0.335 |
| 5247 | 3.1_T_5261 | 113.17 | 50 | AC | -0.04 | 0.016 |
| 5248 | 3.1_T_5192 | 115.13 | 63 | PVC | 0.87 | 1.722 |
| 5250 | 3.1_T_5254 | 114.57 | 50 | AC | -0.04 | 0.018 |
| 5251 | 3.1_T_5313 | 114.63 | 63 | PVC | -0.58 | 0.808 |
| 5252 | 3.1_T_5059 | 114.92 | 63 | PVC | 0 | 0 |
| 5253 | 3.1_T_5239 | 145.37 | 50 | AC | 0 | 0 |
| 5256 | 3.1_T_5207 | 117.53 | 160 | PVC | 10.68 | 1.902 |
| 5257 | 3.1_T_5237 | 118.82 | 63 | PVC | -1.61 | 5.326 |
| 5258 | 3.1_T_5265 | 118.8 | 50 | PVC | -0.15 | 0.193 |
| 5259 | 3.1_T_5222 | 120.87 | 160 | PVC | 4.65 | 0.406 |
| 5260 | 3.1_T_5017 | 121.41 | 63 | PVC | 0.62 | 0.924 |
| 5261 | 3.1_T_5184 | 121.91 | 315 | PVC | 96.07 | 4.099 |
| 5262 | 3.1_T_5288 | 124.45 | 63 | PVC | -0.39 | 0.392 |
| 5263 | 3.1_T_5314 | 125.88 | 63 | PVC | -1.15 | 2.861 |
| 5264 | 3.1_T_5357 | 126.3 | 160 | PVC | 6.9 | 0.846 |
| 5265 | 3.1_T_5312 | 127 | 63 | PVC | 1.95 | 7.622 |
| 5266 | 3.1_T_5236 | 165.51 | 50 | AC | 0.46 | 1.631 |
| 5267 | 3.1_T_5204 | 127.84 | 160 | PVC | 4.45 | 0.377 |
| 5268 | 3.1_T_5230 | 129.3 | 50 | AC | 0.88 | 5.412 |
| 5269 | 3.1_T_5242 | 129.56 | 50 | PVC | -0.73 | 3.86 |
| 5270 | 3.1_T_5354 | 130.08 | 110 | PVC | 6.74 | 5.023 |
| 5271 | 3.1_T_5032 | 131.01 | 63 | PVC | -0.94 | 1.965 |
| 5272 | 3.1_T_5324 | 132.37 | 63 | PVC | 1.6 | 5.307 |

| | | | | | | |
|------|------------|--------|-----|-----|-------|-------|
| 5273 | 3.1_T_5253 | 155.07 | 50 | PVC | 0.67 | 3.217 |
| 5274 | 3.1_T_5335 | 134.75 | 63 | PVC | 0.96 | 2.037 |
| 5275 | 3.1_T_5092 | 137.86 | 63 | PVC | 1.22 | 3.202 |
| 5276 | 3.1_T_5161 | 138.72 | 315 | PVC | 52.67 | 1.348 |
| 5278 | 3.1_T_5304 | 140.57 | 160 | PVC | 19.1 | 5.58 |
| 5279 | 3.1_T_5255 | 140.81 | 50 | PVC | 0.67 | 3.268 |
| 5280 | 3.1_T_5187 | 141.36 | 63 | PVC | -1.11 | 2.685 |
| 5281 | 3.1_T_5201 | 195.02 | 63 | PVC | 0.27 | 0.192 |
| 5282 | 3.1_T_5262 | 145.84 | 50 | AC | 0.23 | 0.437 |
| 5284 | 3.1_T_5330 | 147.48 | 63 | PVC | 1.09 | 2.604 |
| 5286 | 3.1_T_5358 | 155.27 | 200 | PVC | 36.19 | 6.148 |
| 5287 | 3.1_T_5287 | 157.76 | 63 | PVC | 1.13 | 2.791 |
| 5288 | 3.1_T_5234 | 163.32 | 50 | AC | -0.86 | 5.169 |
| 5289 | 3.1_T_5286 | 165.69 | 63 | PVC | 1.68 | 5.786 |
| 5290 | 3.1_T_5186 | 171.64 | 315 | PVC | 95.71 | 4.072 |
| 5291 | 3.1_T_5208 | 174.29 | 160 | PVC | 13.83 | 3.071 |
| 5292 | 3.1_T_5328 | 180.63 | 63 | PVC | -0.6 | 0.852 |
| 5294 | 3.1_T_5125 | 177.59 | 50 | PVC | -0.32 | 0.831 |
| 5295 | 3.1_T_5190 | 186.42 | 63 | PVC | 0.67 | 1.065 |
| 5296 | 3.1_T_5226 | 200.56 | 110 | PVC | 4.59 | 2.471 |
| 5297 | 3.1_T_5056 | 188.54 | 63 | PVC | 2.11 | 8.849 |
| 5298 | 3.1_T_5151 | 193.59 | 50 | AC | 0.53 | 2.109 |
| 5299 | 3.1_T_5260 | 194.62 | 50 | AC | 1.14 | 8.747 |
| 5300 | 3.1_T_5289 | 200.72 | 63 | PVC | 2.18 | 9.371 |
| 5301 | 3.1_T_5272 | 204.42 | 63 | PVC | -1.07 | 2.493 |
| 5302 | 3.1_T_5205 | 208.14 | 110 | PVC | 1.92 | 0.493 |
| 5303 | 3.1_T_5362 | 213.88 | 315 | PVC | 65.49 | 2.017 |
| 5304 | 3.1_T_5279 | 243.33 | 315 | PVC | 57.58 | 1.589 |
| 5305 | 3.1_T_5206 | 245.52 | 200 | PVC | 29.22 | 4.134 |
| 5306 | 3.1_T_5305 | 323.94 | 63 | PVC | 1.01 | 2.25 |
| 5309 | 3.1_T_5183 | 307.44 | 315 | PVC | 96.42 | 4.129 |
| 5326 | 3.1_T_5363 | 26.94 | 200 | PVC | -36.2 | 6.153 |
| 5327 | 3.1_T_5364 | 113.66 | 200 | PVC | -36.4 | 6.212 |
| 5330 | 3.1_T_5366 | 74.89 | 63 | PVC | 0.07 | 0.016 |
| 5331 | 3.1_T_5367 | 1.35 | 63 | PVC | 0.07 | 0 |
| 5332 | 3.1_T_5368 | 74.4 | 200 | PVC | 27.45 | 3.681 |
| 5333 | 3.1_T_5369 | 8.12 | 200 | PVC | 27.45 | 3.668 |
| 5334 | 3.1_T_5370 | 2.55 | 110 | PVC | -0.03 | 0 |
| 5335 | 3.1_T_5371 | 76.59 | 110 | PVC | -0.58 | 0.054 |
| 5336 | 3.1_T_5372 | 56.37 | 110 | PVC | 3.08 | 1.178 |
| 5337 | 3.1_T_5373 | 10.83 | 110 | PVC | 3.58 | 1.567 |
| 5338 | 3.1_T_5374 | 11.2 | 160 | PVC | -6.47 | 0.744 |
| 5339 | 3.1_T_5375 | 100.09 | 160 | PVC | -6.56 | 0.77 |

| | | | | | | |
|------|---------------|--------|-----|-----|-------|-------|
| 5340 | 3.1_T_5376 | 19.03 | 63 | PVC | -0.31 | 0.25 |
| 5341 | 3.1_T_5377 | 94.7 | 63 | PVC | -0.35 | 0.321 |
| 5351 | 3.1_T_5189(2) | 468.53 | 300 | AC | 96.74 | 5.268 |
| 5352 | P-1 | 11.51 | 300 | AC | 96.74 | 5.276 |
| 5357 | 3.1_T_5220(1) | 3.95 | 200 | PVC | 36.2 | 6.102 |
| 5358 | 3.1_T_5220(2) | 2.82 | 200 | PVC | 36.2 | 6.122 |

Anexo 15. Tabla General de PRVs en zona de estudio del sector 3.1 Planta El Cebollar, modelo hidráulico 2050 optimizado.

| ID | Label | Elevación (m) | Diámetro Válvula (mm) | Configuración inicial de presión (m.c.a) |
|------|--------------|---------------|-----------------------|--|
| 4507 | 3.1_ERP_1001 | 2,581.12 | 152.4 | 30 |
| 5356 | PRV-2 | 2,564.93 | 152 | 30 |