



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo
**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
POTABLE DEL SECTOR DOS DE NARRIO DEL CANTÓN
CAÑAR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERIA CIVIL**

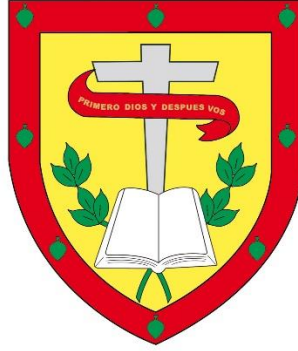
AUTOR: MARIA DEL CARMEN MOLINA ANDRADE

**DIRECTOR: ING. GOETHE EMMANUEL PALOMEQUE
LARRIVA, MSc.**

AZOGUES-ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
POTABLE DEL SECTOR DOS DE NARRIO DEL CANTÓN
CAÑAR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

AUTOR: MARIA DEL CARMEN MOLINA ANDRADE

**DIRECTOR: ING. GOETHE EMMANUEL PALOMEQUE
LARRIVA, MSc.**

AZOGUES-ECUADOR

2022

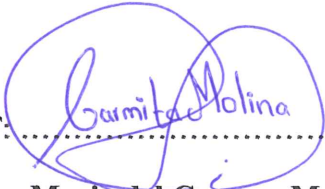
DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Maria del Carmen Molina Andrade portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302745856**. Declaro ser el autor de la obra: **“Evaluación de la red de distribución de agua potable del sector dos de Narrio del cantón Cañar”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, **03 de mayo de 2022**

F: 

Maria del Carmen Molina Andrade

C.I. 0302745856

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN-
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

Azogues, 06 de abril de 2022

Señor Abogado
Esteban Domínguez Torres

SECRETARIO

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA- SEDE AZOGUES**

Presente

De mi consideración:

Reciba un cordial y atento saludo, por medio del presente informo que he dirigido el trabajo de titulación “Evaluación de la red distribución de agua potable del sector 2 de Nariño del cantón Cañar” de Molina Andrade María del Carmen con documento de ciudadanía **0302745856**, actualmente concluido y por lo tanto **APTO** para realizar el trámite para su sustentación y defensa.

La nota del trabajo escrito es de **47/50**, pasando por el sistema **TURNITIN**, con el **7%** de similitud, para su constancia adjunto los documentos correspondientes.

Anticipando mis agradecimientos por la oportuna atención que sabrá dar al presente, me suscribo de usted.

Atentamente;



ING. GOETHE EMMANUEL PALOMEQUE LARRIVA MS.C.
TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



06 ABR 2022

RECIBIDO

HORA: 12:01 FIRMA: 

Agradecimiento

La gratitud se da cuando la memoria se almacena en el corazón y no en la mente (Lionel Hampton).

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome la sabiduría necesaria para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi esposo Axel por brindarme su apoyo incondicional en cada eslabón que la vida me presenta, gracias por que supiste levantarme y ayudarme a no bajar la guardia te lo debo a ti y quedara grabado en mi corazón.

A mi hijo Matias quien es mi fortaleza en todo momento, todos los esfuerzos han valido la pena mi pequeño porque has estado a mi lado iluminando mis días con tu infinito amor, gracias por esperar noches enteras y días largos a mamá.

A mis padres Mauricio y Katy por ser el pilar fundamental de mi vida, gracias por caminar esta travesía junto conmigo, gracias por sus infinitas muestras de amor y sus bendiciones diarias, una vez más este nuevo logro es gracias a ustedes.

A mi hermana Lucita por haber estado junto a mi en todas las etapas de mi vida, siempre guardare en mi corazón cada una de las cosas que haz echo por mi desde pequeña.

A mis tías Fanny, Maria Elena y Eulalia por brindarme un amor tan puro y sincero, la ayuda que me han dado desde mis primeros días es sumamente importante para mí, gracias por cada palabra de aliento y por cada abrazo sincero durante todas las etapas, este triunfo se los debo también a ustedes.

A mi tutor Ing. Goethe Palomeque, por haberme guiado en este proyecto, en base a su experiencia y sabiduría ha sabido direccionar mis conocimientos.

MARIA DEL CARMEN

[Mayo,2022]

Dedicatoria

Es mi deseo como un gesto de gratitud, dedicar mi trabajo de grado a mi esposo Axel e hijo Matias por ser mis compañeros en esta etapa y mi fuente de inspiración.

A mis padres Mauricio y Katy por su apoyo incondicional, por sus bendiciones que me han levantado, protegido y me han ayudado a no rendirme, les entrego mi trabajo en ofrenda por su paciencia y amor.

A mi tía Fanny por haber sido un ser de luz en esta etapa de mi vida, por ser como una madre para mí y mi hijo, por siempre creer en mí, este pequeño esfuerzo va dedicado desde lo mas preciado de mi corazón.

A mis dos ángeles del cielo Mami Suca y Papi Patrón por quererme como la niña de sus ojos, gracias Papito Patrón por las innumerables veces que me saca una sonrisa en medio de largas mañanas de estudio, quiero compartir este logro con mis estrellas mas bonitas que me iluminan día a día.

MARIA DEL CARMEN

[Mayo, 2022]

Resumen

El presente estudio se enfoca en la evaluación hidráulica de la red de distribución de agua potable Narrio dos del cantón Cañar, que abastece a parte de la zona urbana y rural del cantón, conformada por viviendas de uso familiar, instituciones educativas, instituciones públicas y restaurantes.

La matriz de agua potable en el cantón Cañar está constituida por tubería de polietileno de baja densidad de 1" a 4" y de PVC de 63mm, 110mm y 160mm de diámetro, la topografía del lugar en estudio está constituida por zonas críticas, en dónde la presión existente en la matriz de agua potable tiene vital importancia para su correcto funcionamiento.

La evaluación de la red se realizó mediante el registro de consumos y presiones en viviendas del área en estudio, análisis estadístico de datos y la modelización en un Software, los resultados encontrados indican que en la ciudadela Byron Serpa no existe la presión suficiente para el correcto funcionamiento de los aparatos sanitarios dentro de las viviendas, mientras que, en otros puntos de la red existen presiones que se encuentran dentro y sobre los límites recomendados por la normativa vigente, datos que son reflejados en los mapas de presiones creados.

La presente investigación contiene mapas de presiones de la zona en estudio y establece posibles recomendaciones para mejorar el funcionamiento de la red de distribución, mitigando los problemas existentes por presiones bajas, con el fin de mejorar el servicio que se brinda a los usuarios, con futuros estudios complementarios sobre el tema.

Palabras clave: Agua potable, modelización hidráulica, monitoreo, presión dinámica, tubería

Abstract

MOLINA ANDRADE MARIA DEL CARMEN

This research focuses on the hydraulic evaluation of the Narrio 2 potable water distribution network in Cañar canton, which supplies part of the urban and rural areas of the canton, where there are family homes, educational and public institutions, and restaurants.

The potable water matrix in the Cañar canton comprises low-density polyethylene pipes from 1" to 4" and PVC pipes of 63mm, 110mm, and 160mm in diameter. The topography of the area under study has critical zones where the pressure in the potable water matrix is of great importance for its correct operation.

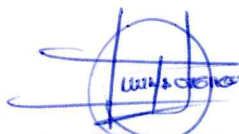
The evaluation of the network was conducted by recording consumption and pressures in homes in the area under study, conducting statistical analysis of data, and modeling in a software. The results show that in the Byron Serpa neighborhood, there is not enough pressure for the correct operation of the sanitary devices inside the homes, while in other places of the network, there are pressures that are within and above the limits recommended by current regulations, data that can be seen in mapping pressure performed.

This research contains these pressure maps of the area under study and establishes possible recommendations to improve the operation of the distribution network, mitigating the existing problems due to low pressures, to improve the service provided to users, with future complementary studies on the subject.

Keywords: safe water, hydraulic modeling, monitoring, dynamic pressure, pipeline.

Azogues, 28 de abril de 2022

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.



Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.
COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES



VII

www.ucacue.edu.ec

Índice general

1. Introducción	15
1.1. El Problema	17
1.1.1. Planteamiento del Problema	17
1.1.2. Delimitación del Problema	17
1.1.3. Definición de la Zona de Estudio	18
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo General	19
1.2.2. Objetivos Específicos	19
1.3. Justificación.	20
2. Marco Teórico	21
2.1. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable	21
2.1.1. Elementos del Sistema	21
2.1.2. Caudales	25
2.1.3. Flujo a Presión	26
2.2. EPANET	27
2.3. Marco Legal	28
2.3.1. Dotación	28
2.3.2. Presiones y Velocidades	28
2.3.3. Diámetros	29
2.4. Mapa de Presiones	29

3. Metodología	30
3.1. Caracterización de la Zona de Estudio	30
3.2. Descripción del Sistema de Agua Potable	30
3.2.1. Red de Distribución	32
3.2.2. Tanque Narrio 2.	33
3.2.3. Tuberías	33
3.3. Registro de Datos	34
3.3.1. Viviendas en Estudio	35
3.3.2. Presiones y Consumos	35
3.4. Análisis de Datos	35
3.5. Estimación de Caudales	38
3.5.1. Población	38
3.5.2. Dotación	39
3.5.3. Caudales	39
3.6. Pérdida de Energía	40
3.7. Evaluación Hidráulica	42
3.7.1. Mapas de Presiones	42
4. Descripción de Resultados	44
4.1. Población	44
4.2. Dotación	45
4.3. Demanda en los Nodos	46
4.4. Velocidades	47
4.5. Presiones	47
4.5.1. Registro y Análisis de Datos	47
4.5.2. Modelización Hidráulica	49
4.6. Mapa de Presiones	49
5. Análisis de Resultados	56
5.1. Población	56

5.2. Dotación	57
5.3. Caudales	58
5.4. Velocidades	58
5.5. Presiones	59
5.6. Estado de la Red	60
6. Conclusiones y Recomendaciones	63
6.1. Conclusiones	63
6.2. Recomendaciones	64
7. Anexos	65

Índice de figuras

1.1. <i>Mapa General de la Red de Distribución Narrio 2.</i>	18
2.1. <i>Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua potable en una zona urbana [1]</i>	22
2.2. <i>Obras de captación [26]</i>	23
2.3. <i>Cargas en una tubería [1]</i>	26
2.4. <i>Interfaz EPANET</i>	27
3.1. <i>Esquema sistema de abastecimiento de agua potable (fuentes - tanque de almacenamiento).</i>	32
3.2. <i>Esquema sistema de abastecimiento de agua potable (tanques de almacenamiento).</i>	33
3.3. <i>Tanque de almacenamiento Narrio 2.</i>	34
3.4. <i>Mapa de viviendas.</i>	36
3.5. <i>Toma de presiones.</i>	37
3.6. <i>Registro de volumen de medidores.</i>	37
3.7. <i>Áreas tributarias.</i>	41
3.8. <i>Red en EPANET.</i>	43
4.1. <i>Dotaciones en las viviendas.</i>	46
4.2. <i>Caudales de las tuberías de la red en LPS.</i>	50
4.3. <i>Velocidades en las tuberías de la red en m/s.</i>	51
4.4. <i>Presiones en las viviendas.</i>	52
4.5. <i>Mapa de presiones 7AM.</i>	53
4.6. <i>Mapa de presiones 12PM.</i>	54

4.7. <i>Mapa de presiones 7PM.</i>	55
5.1. <i>Entrada ciudadela Byron Serpa.</i>	61

Índice de tablas

2.1. Dotaciones SENAGUA para poblaciones entre 5000 a 50000 habitantes [2].	28
2.2. Dotaciones [11],[23].	29
4.1. Poblaciones y densidades poblacionales estimadas.	44
4.2. Consumo de agua potable primera etapa	45
4.3. Consumo de agua potable segunda etapa	46
4.4. Consumos y dotaciones de instituciones	47
4.5. Caudal mínimo y máximo	47
4.6. Presiones mínimas y máximas en viviendas.	48
5.1. Densidades poblacionales.	57
5.2. Dotaciones de agua potable para climas fríos.	57
7.1. Hoja de aforo	66
7.2. Volúmenes de medidores primera etapa	67
7.3. Dotaciones primera etapa	68
7.4. Volúmenes de medidores segunda etapa	69
7.5. Dotaciones segunda etapa	70
7.6. Presiones registradas 7:00 am	71
7.7. Presiones registradas 12:00 pm	72
7.8. Presiones registradas 7:00 pm	73
7.9. Presiones promedio en Viviendas	74
7.10. Caudales red de distribución Narrio 2	75
7.11. Caudales red de distribución Narrio 2	76

7.12. Resultados tuberías EPANET parte 1	77
7.13. Resultados tuberías EPANET parte 2	78
7.14. Resultados nodos EPANET parte 1	79
7.15. Resultados nodos EPANET parte 2	80
7.16. Registros GAD Municipal.	81

Capítulo 1

Introducción

Uno de los recursos naturales indispensables en el planeta es el agua, es considerado como un elemento primordial para el progreso de los seres vivos y el crecimiento económico de los países. La carencia del agua es un problema global que afecta a las naciones más vulnerables, y está causada principalmente por una gestión deficiente de este recurso. El Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural del Cantón Cañar brinda la prestación de los servicios básicos, entre ellos el suministro de agua potable, cuyo objetivo es brindar el servicio en cantidad y calidad para el consumo humano. La red de distribución de acuerdo con el plan maestro de agua potable ejecutado en el año 2014 se divide en 4 sectores: Narrío 1, Narrío 2, Pucuhuayco y Quilliganes. A lo largo del tiempo el servicio brindado ha generado inconvenientes en determinados sectores del sistema de agua potable, por lo tanto se pretende evaluar la red de distribución de agua potable del sector Narrío 2, siendo imprescindible conocer la infraestructura y la demanda de agua existente en la zona y de esta manera garantizar la continuidad en el servicio. En la actualidad la red de distribución de agua potable Narrío 2 presenta inconvenientes debido a que existen zonas críticas en el sistema que no cumplen la presión necesaria en los domicilios, además de que no existe un abastecimiento continuo en este sector, para lo cual el presente trabajo investigativo pretende evaluar el funcionamiento a través de una modelación hidráulica, con los datos obtenidos mediante trabajos de campo. La comprobación de las presiones se realizará a lo largo de la red, empleando instrumentos de medición de presión en los puntos críticos, verificando la línea piezométrica para analizar y comparar con la modelación hidráulica. El presente estudio se orienta en la elaboración de mapas de presiones de la red en evaluación que permitirá conocer los puntos más vulnerables de la misma. De manera que, ayudará a realizar un análisis comparativo de

los parámetros actuales con los de diseño, con el fin de dar las recomendaciones y propuestas que mejoren el funcionamiento del sistema de agua potable, buscando siempre el confort y el adecuado servicio brindado a los usuarios.

1.1. El Problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

La red de distribución de agua potable del cantón Cañar del sector Narrío 2, presenta inconvenientes en el servicio, problema generado a consecuencia de falta de una operación técnica en el sistema, lo cual genera inconvenientes a los usuarios al limitar el uso de agua para sus actividades diarias y el desarrollo de las actividades socio económicas. Los problemas que presenta la red es la variación de presión en diferentes zonas del sector Narrío 2, provocando pérdidas de carga y consecuentemente la discontinuidad del servicio. Actualmente no se cuenta con un mapa de presiones, debido a que no se dispone de información de campo y no existe un manual de operación que permita monitorear esta red. Sumado a esto la falta de un catastro actualizado para definir la población servida y el caudal de abastecimiento del sector Narrío 2. El caudal suministrado al sector es almacenado en un tanque de reserva para su distribución, sin embargo no existe monitoreo ni control de pérdidas en el almacenamiento.

1.1.2. Delimitación del Problema

Según el plan maestro de agua potable divide a la red de distribución del cantón Cañar en 4 sectores, en este trabajo investigativo se analizará la red de distribución del Sector Narrío 2. La eficiencia de la red de distribución se va a centrar en la medición de presiones, considerando la normativa “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes” CO 10.7- 601, verificando el cumplimiento de los factores de diseño como presiones y velocidad en el marco técnico. La medición de presiones en los puntos clave de la subred se realizará con muestreos aleatorios en los domicilios y no en la totalidad de la red de Narrío 2 con el fin de verificar la variación de la presión en diferentes zonas del sector. La medición de las presiones tomadas en campo se comprobará con la modelación hidráulica del sector, información tomada del plan maestro de agua potable para la simulación del sector Narrío 2. Para verificar el suministro de caudal que abastece al tanque de reserva de la red de Narrío 2, se efectuará un análisis de los consumos en base al historial de los micro medidores de los domicilios y conjuntamente con los datos disponibles en el departamento de agua potable se podrá estimar la dotación real del sector

en estudio.

1.1.3. Definición de la Zona de Estudio

En la región sur del Ecuador se ubica el cantón Cañar, siendo su cabecera cantonal la ciudad de Cañar, se encuentra limitada por provincia de Chimborazo al norte; al sur con la provincia del Azuay y los cantones Azogues y Biblián; por la parte este limita con el cantón Azogues y al oeste con la provincia del Guayas.

Este cantón es considerado por ser uno de los cantones con mayor extensión dentro de la provincia 1751.20 Km² y su población según el censo realizado es de 59.323 habitantes, en la Figura 1 se puede observar a detalle la red de distribución de agua potable del sector Nاريو 2 y el tanque de almacenamiento del sector.

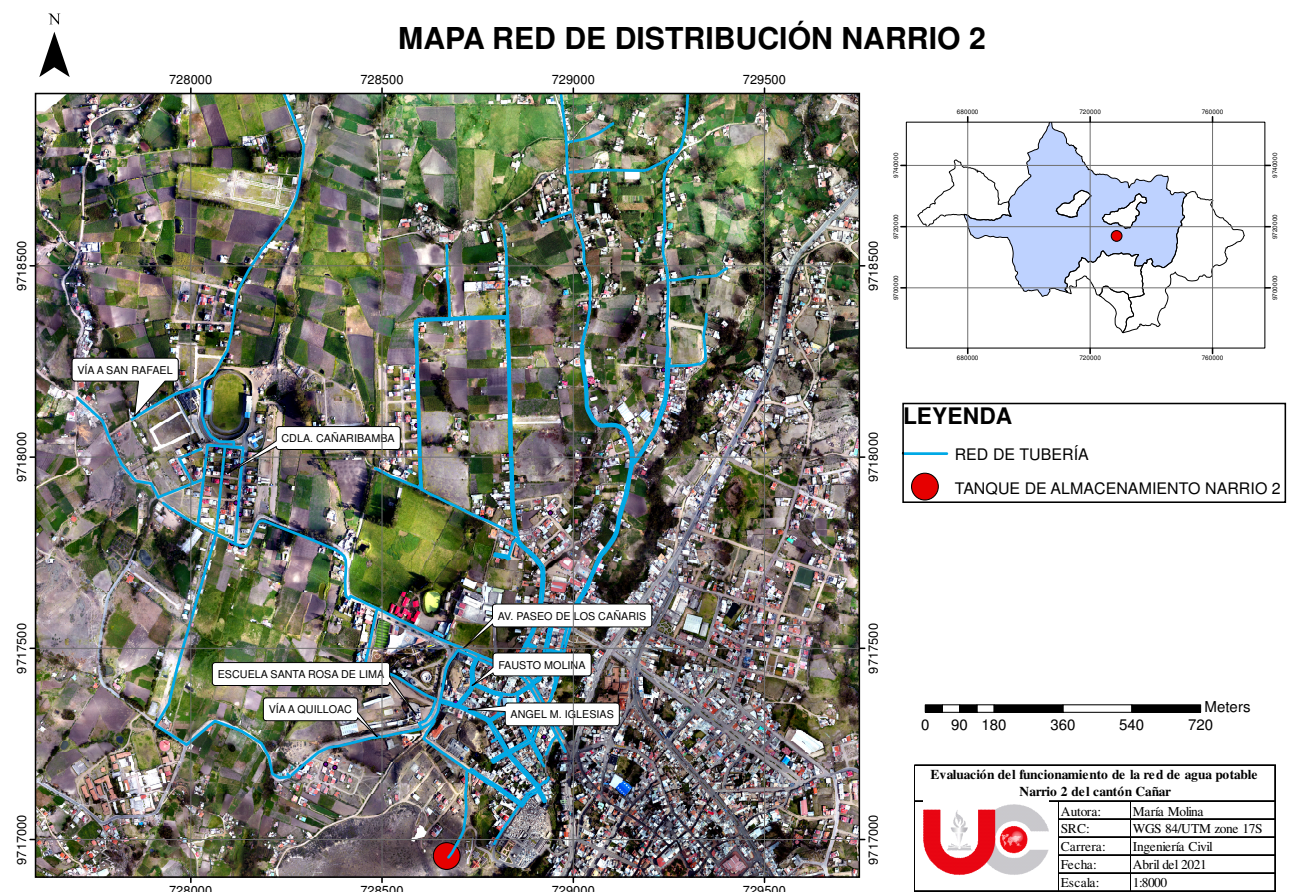


Figura 1.1: Mapa General de la Red de Distribución Nاريو 2.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el funcionamiento de la subred de distribución de agua potable del Sector Narrio dos, para la elaboración de propuestas que permitan mejorar el servicio brindado a la población, mediante el análisis de presiones y consumos.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Estimar el consumo real de la población de la subred en estudio, con base en el historial de consumos registrados en los micro medidores, para garantizar una correcta distribución según las demandas del sector.
- Realizar un análisis comparativo entre las presiones de diseño y las reales tomadas en campo, mediante un análisis estadístico y modelación hidráulica, para verificar el comportamiento de la red.
- Elaborar propuestas y recomendaciones, mediante el análisis y evaluaciones realizadas, para mejorar el funcionamiento de la subred.

1.3. Justificación.

Debido a la problemática que muestra la red de distribución de agua potable del cantón Cañar sector Narrio 2, se pretende realizar una evaluación de los parámetros para su correcto funcionamiento, presentando las herramientas necesarias que permitan plantear mejoras a corto y largo plazo. El agua potable suministrada por las entidades municipales no solamente sirve como fuente de hidratación y aseo personal, sino también es empleada para las actividades económicas de la población, por tal motivo la importancia de desarrollar la presente investigación radica en que, al encontrar las posibles falencias existentes en el sistema, se establezcan y brinden propuestas al GADIC Cañar y que al ejecutarlas se pueda mejorar el funcionamiento de la subred brindando un servicio de calidad y cantidad adecuada, para que los habitantes puedan desarrollar sus actividades diarias de manera segura y continua.

Para brindar un servicio continuo en los diversos puntos de la red, se debe considerar un factor fundamental como es el cumplimiento de la dotación. La gestión de consumo es esencial para un ahorro de este recurso, de lo contrario el uso inadecuado genera consumos excesivos y un mal uso del agua generando costos que implican la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento e inversión a corto plazo, de nuevas tuberías de conducción al no existir un adecuado manejo de los sistemas de distribución de la ciudad. Al desarrollarse este estudio con éxito, la metodología empleada serviría como guía para su posterior empleo tanto en las demás subredes del cantón como en diferentes cantones, dado que las dificultades en las redes de distribución de agua potable se presentan en varias zonas de nuestro país. Para el alcance del objetivo del presente estudio, se tomará como referencia los estudios del plan maestro de agua potable del cantón Cañar, planos de diseño, memorias técnicas y de cálculo, además los instrumentos de medición de presión son de fácil adquisición y finalmente el acceso a los puntos de monitoreo de la subred es favorable para su ejecución.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

El agua potable esta libre de contaminantes, debido a que pasa por diversos procesos de tratamiento, que garantizan es apropiada para el consumo humano [26]. Los sistema de abastecimiento de agua potable está formado por infraestructuras hidráulicas que tienen la finalidad de captar, tratar, acumular y repartir el recurso hídrico que proviene de fuentes naturales tanto subterráneas como superficiales hasta las viviendas de los usuarios que disponen de este servicio [1]. En la Figura 2.1 se puede observar un esquema general de un sistema de abastecimiento de una zona urbana, el cual tiene como propósito producir agua potable de buena calidad y suministrarla a suficiente presión [26]

2.1.1. Elementos del Sistema

Un sistema de abastecimiento de agua potable consta de diversos elementos, parte de una fuente de abastecimiento que debe suministrar un caudal adecuado, mismo que se trasporta por las obras de conducción para llegar a un tratamiento del agua, posterior a ello pasa a tanques de almacenamiento en donde se distribuyen por la red, misma que consta de piezas especiales, dispositivos de control y de protección [26].

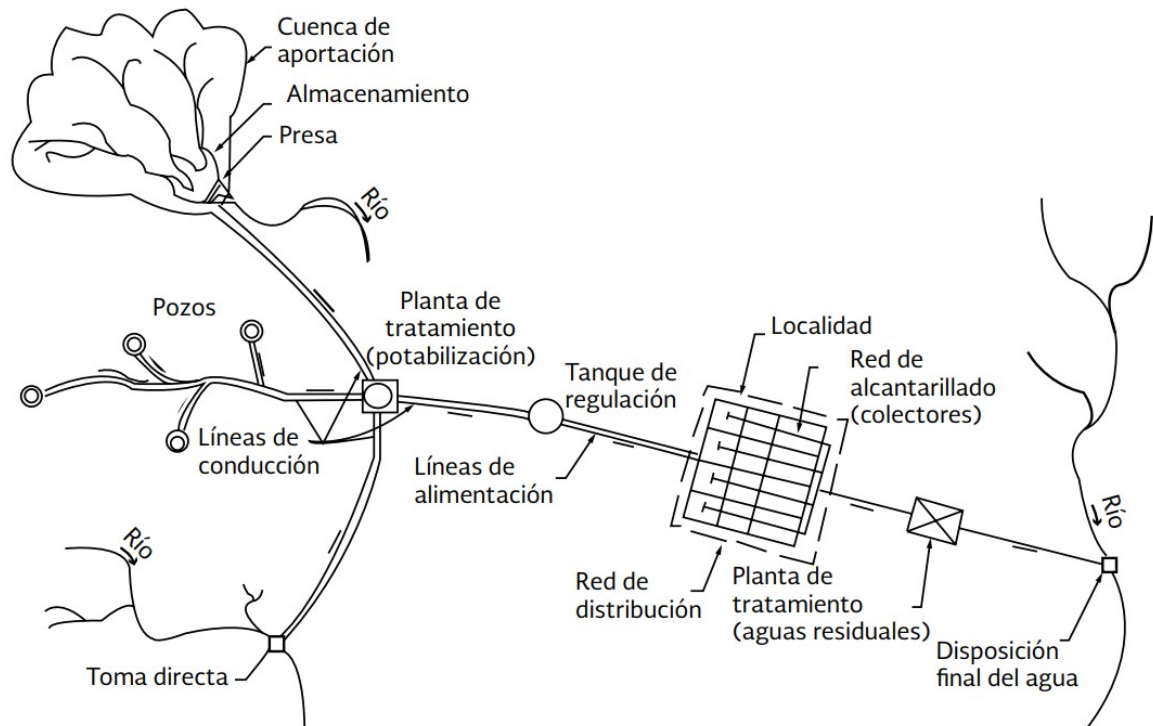


Figura 2.1: Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua potable en una zona urbana [1]

Fuentes de Abastecimiento

Para que los proyectos de abastecimiento de agua sean eficientes, es fundamental que las fuentes de abastecimiento en conjunto proporcionen el caudal máximo diario de acuerdo a las condiciones de la zona, evitando reducciones por escasez de agua o cualquier otra causa, por otra parte, si la calidad del agua a servir no cumple los parámetros de la normativa vigente, deberá someterse a un proceso de potabilización.

Para la selección del tipo de abastecimiento influyen diversos componentes como localización, calidad y cantidad [19], que de acuerdo con [26] según su procedencia se pueden clasificar en:

- **Aguas Meteoricas:** lluvias, nieve y granizo.
- **Aguas Superficiales:** ríos, arroyos, lagos, presas, etc.
- **Aguas Subterráneas:** de manantial, de pozos someros, noria o profundos, de galería filtrante horizontales o verticales.

Obras de Captación

Las obras de captación expuestas en la Figura 2.2 corresponden a las obras civiles y equipos electromecánicos que se sirven para recolectar y administrar de manera adecuada el agua [26], estas obras dependen principalmente del modelo de fuente de abastecimiento utilizado, en el caso que captación sea de manera superficial se hace referencia a las bocatomas, por el contrario si la captación de aguas es subterránea se realiza mediante pozos, para realizar un proyecto en las obras de captación se debe evitar la contaminación del agua. [19].

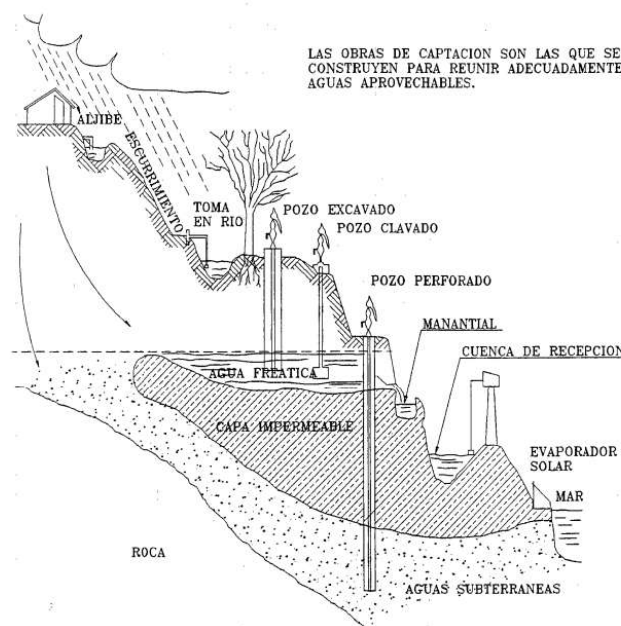


Figura 2.2: Obras de captación [26]

Obras de Conducción

Las obras de conducción hacen referencia a la agrupación de tuberías, estaciones de bombeo y accesorios que tiene por objeto transportar el agua que proviene de la fuente de abastecimiento, mediante la obra de captación hacia la planta de potabilización [26]. Las conducciones pueden ser de distintas formas, esto se debe a la topografía y están compuestas por tubería a presión o por gravedad y los canales pueden ser rectangulares o trapezoidales tanto abiertos como cerrados [19].

Tratamiento del Agua

El agua cruda no es apropiada para el consumo humano, debe pasar por un tratamiento para evitar la contaminación con organismos infecciosos [19]. La planta potabilizadora es el lugar en el cual se trata el agua con el fin de eliminar elementos perjudiciales para la salud pública, cumpliendo con la calidad del agua establecida en la normativa vigente [1].

Almacenamiento

La regulación es la parte del sistema que tiene el propósito de lograr la transformación de un régimen de aportaciones que en la conducción es perseverante, a un régimen de consumos variable en la red de distribución. La regulación se realiza mediante un tanque de almacenamiento que tiene la capacidad de almacenar suficiente agua de reserva a gasto medio diario, proporcionando un servicio continuo y eficiente, bajo la normativa vigente cumpliendo las condiciones de seguridad e higiene [26]. Es indispensable almacenar agua en el tanque durante el lapso en los que la demanda es inferior que el suministro y poder suministrarla en las etapas que los moradores demanden gran cantidad del recurso [19], con la finalidad de normalizar las variaciones de consumo, para combatir incendios, proveer el líquido vital en cuestión de emergencia y conseguir un diseño del sistema económico [2].

Estos elementos son construidos, enterrados, semi enterrados o sobre la superficie del terreno y son de diversos tipos como de mampostería de piedra o concreto reforzado y en ambos casos se revisten con mortero. Con el fin de obstaculizar el ingreso de contaminantes esta infraestructura debe ser techada [1].

Red de Distribución

Esta red se encarga de conducir el agua desde el tanque de almacenamiento hacia las domiciliarias, está conformada por tuberías, válvulas hidrantes, tanques de distribución, conexiones domiciliarias, estaciones de bombeo y tanques rompe presiones [1]. Para suministrar el recurso hasta los domicilios se puede hacer de una manera simple que sería mediante una pileta de agua y la manera más complicada es mediante un conjunto de tuberías [19].

2.1.2. Caudales

Caudal Medio Diario

Es promedio de los caudales diarios de un conjunto de datos medidos en un lapso anual. Otra manera de obtener este caudal es mediante la relación de la dotación obtenida y la población de la zona en análisis [6].

Coefficientes de Variación de Consumo

La plantación y diseño de sistemas de abastecimiento, depende fundamentalmente de una correcta estimación de la demanda de agua potable que constantemente se encuentra sujeta a variaciones, que en parte fundamental determinan las inversiones necesarias y calidad de servicio. Para la determinación del caudal máximo diario y máximo horario, se emplean coeficientes de mayoración que se estiman a través de procesos y ecuaciones matemáticas y estadísticas considerando los registros históricos de macro medición o de acuerdo con la población a servir; es decir, las curvas de variación para una zona de obtiene de mediciones continuas del caudal de una tubería que sale del tanque a la red de distribución [29].

Caudal Máximo Diario (QMD)

Dentro de un conjunto de datos registrados en un año, el caudal máximo diario corresponde al día de mayor consumo en ese lapso; por la ausencia de datos este caudal también se puede obtener asumiendo un coeficiente de variación diaria [6]. El consumo máximo diario es la multiplicación del consumo medio diario por un factor de mayoración KMD que varía de 1.3 a 1.5 [2].

Caudal Máximo Horario (QMH)

Es el resultado de la multiplicación del caudal medio por un coeficiente de variación que puede ser 2 a 2.3, este caudal hace referencia a la hora de mayor consumo en un día y esta expresado en litros por segundo [6]

2.1.3. Flujo a Presión

Es cuando un líquido ocupa todo el interior de un conducto quedando sujeto a una presión excedente a la atmosférica [9]. En una red de distribución existen dos tipos de presiones, la presión estática corresponde a la cota piezométrica cuando no existe consumo de agua, mientras que la presión dinámica representa dicha cota cuando si existe consumo de agua [2].

Control de Presiones

Para la disminución del volumen de fugas, debe existir una reparación de tuberías rotas o en mal estado y esto a su vez ayude a disminuir el volumen de agua que debe ingresar en la red. Es decir cuando haya la presencia de fugas se debe corregir de manera inmediata, evitando la aparición de nuevas roturas. [9].

Pérdida de Energía

Las pérdidas de carga en un conducto competen a la disminución de presión que se ocasiona en un líquido debido a la fricción generada entre las partículas y contra las paredes de la tubería que las transporta, que aumenta conforme continua la dirección del flujo siendo despreciable en tramos cortos y notoria en tramos largos [34]. En la Figura 2.3 se indica la línea piezométrica a lo largo de un conducto, en dónde se representan la carga inicial existente y como tiende a disminuir debido a las pérdidas generadas.

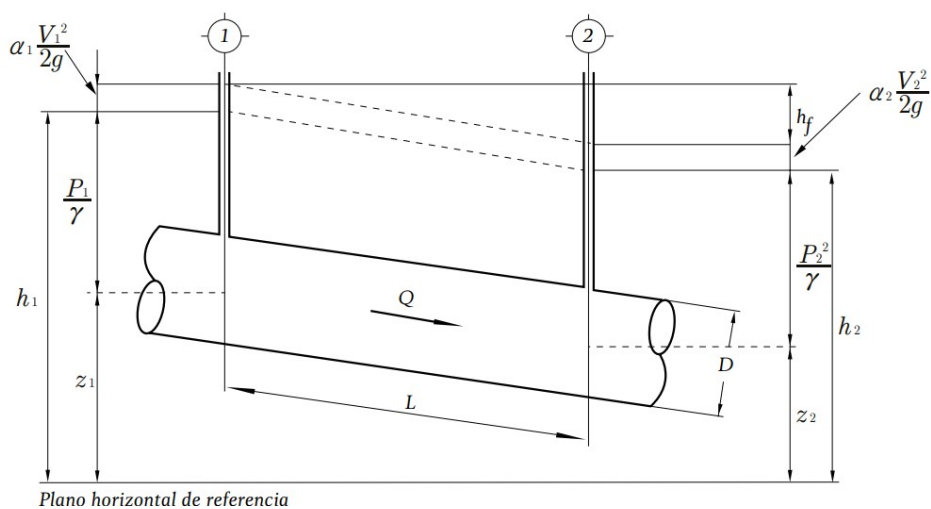


Figura 2.3: Cargas en una tubería [1]

2.2. EPANET

El Software EPANET fue desarrollado por la U.S. Environmental Protection Agency (EPA), que sirve para analizar el comportamiento hidráulico y calidad de agua en una red a presión [28]. Para la simulación del comportamiento dinámico, el software cuenta con un módulo de análisis hidráulico que permite la inclusión y modelización de redes de tuberías, válvulas de estrangulación, válvulas reductoras y sostenedoras de presión, tanques y sistemas de control y operación temporales [28]. La metodología empleada por este software es la teoría lineal que proporciona una solución matemática para la red, para simular la red se puede realizar con la selección de las ecuaciones Hazen - Williams, Darcy, Weisbach o Chezy Manning con el fin de calcular las pérdidas de energía por fricción. También dispone de un modulo de seguimiento de calidad de agua el cual permite el control de una sustancia a lo largo de la red [18].

En la Figura 2.4 se indica la interfaz del software EPANET, el cual esta ejecutado en lenguaje C y puede efectuarse en entornos MS-DOS, Windows y UNIX. Luego de realizar la simulación del comportamiento hidráulico de la red, el software muestra los resultados mediante un esquema de colores, además permite generar tablas y gráficos de los resultados obtenidos.

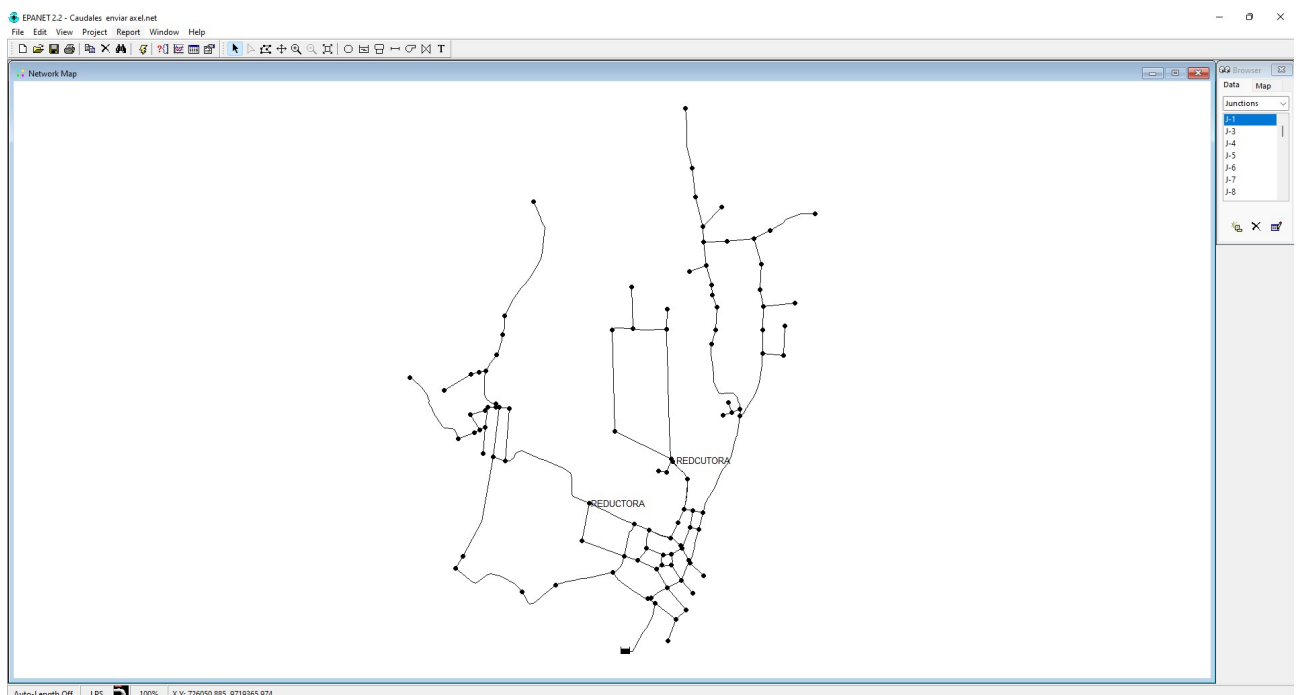


Figura 2.4: Interfaz EPANET

2.3. Marco Legal

En el Ecuador la normativa que controla el diseño y construcción de los sistemas de abastecimiento de agua potable son las normas CO 10.07 - 601 denominada "NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES y CO 10.07 - 602 "NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL" de la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) [2], que contiene los lineamientos que rigen el estudio, diseño, construcción y mantenimiento de las obras sanitarias en el Ecuador, que en el caso de sistemas de abastecimiento de agua potable indica las disposiciones que establecen un conjunto de normas básicas de diseño, en la parte referente al sistema de almacenamiento y distribución de la misma como dotaciones, diámetros, caudales, velocidades, presiones, calidad, población, etc.

2.3.1. Dotación

La dotación recomendada por la SENAGUA [2] en la sección 4.5.4.2 para poblaciones entre 5000 a 50000 habitantes en clima frío varía de 180 a 200 L/hab/día (ver Tabla 2.1). Por otra parte, para las instituciones o edificaciones diferentes usos como restaurantes, consultorios médicos, escuelas, etc., se recomiendan las dotaciones expuestas en la Tabla 2.2, de acuerdo con la norma ecuatoriana NHE [11] y la Norma Técnica Colombiana (NTC) [23]

Tabla 2.1: *Dotaciones SENAGUA para poblaciones entre 5000 a 50000 habitantes* [2].

Clima	Unidad	Dotación
Frío	L/hab/día	180 a 200
Templado	L/hab/día	190 a 220
Cálido	L/hab/día	200 a 230

2.3.2. Presiones y Velocidades

En la sección 4.2.3.2 de la norma CO 10.07 - 601 se establece que la presión estática y dinámica máxima, preferiblemente no deberán sobrepasar los 70 m.c.a y 50 m.c.a respectivamente; mientras que la mínima presión en la red no debe ser inferior de 10 m.c.a [2]. La velocidad en las tuberías debe

Tabla 2.2: *Dotaciones* [11],[23].

Tipo de Edificación	Unidad	D NHE	D NTC
Cafeterías y restaurantes	L/m ² /día	40 a 60	
Escuelas y colegios	L/hab/día	20 a 50	
Universidades	L/hab/día	40 a 60	50
Consultorios médicos	L/ocupante/día	500 a 1000	600
Oficinas	L/hab/día	50 a 90	90

fluctuar entre 0.6 m/s y 2.5 m/s [11], por otra parte en el apartado 4.2.5.5 de la norma CO 10.07 - 601 se establece que en lo posible, la velocidad debe mantenerse cerca de 1.5 m/s [2].

2.3.3. Diámetros

En norma CO 10.07 - 602 apéndice 5.6 se indica que el diámetro mínimo a emplear en la tuberías de distribución es de 19mm.

2.4. Mapa de Presiones

Los mapas de presiones de acuerdo con Martínez y Pérez indicarán el comportamiento de los sectores que constituye la red de distribución de agua potable del cantón mediante la diferenciación de un rango de colores [20].

Capítulo 3

Metodología

3.1. Caracterización de la Zona de Estudio

Los ríos Cañar, Bulubulo, Chilcales, Tigsay, parte de Patúl y el margen izquierdo de Chanchán constituyen el sistema hidrográfico del cantón. También existe la aportación de vertientes que sustentan a los cuerpos de agua antes mencionados, los cuales son aprovechados por los moradores de la cuenca baja para las actividades del sector [10].

El sector analizado de acuerdo al PDOT del cantón Cañar, se encuentra ubicado en la zona ecuatorial de alta montaña y páramo con una temperatura promedio que varía entre 8°C a 10°C; su altimetría inicia en 100 a 4.500 metros sobre el nivel del mar ubicándose en regiones naturales de costa y sierra [10].

Las pendientes que presenta el cantón son muy variadas entre casi planos a ondulados representa el 14 % del territorio. Las pendientes que mas predominan son los de escarpado ocupando el 33 % del territorio; así como el 21 % y 19,6 % corresponden a las pendientes denominadas muy escarpado a abrupta [10].

3.2. Descripción del Sistema de Agua Potable

El sistema de abastecimiento de agua potable del cantón Cañar se ha diseñado y construido para un periodo de diseño hasta el año 2035 y está conformado por Zhindón [35] (ver Figuras 3.1 y 3.2:

- **Fuentes de abastecimiento:** ubicadas en la microcuenca del río Patococha a 3821 m.s.n.m.

- **Estructuras de captación:** las captaciones que sirven al sistema de abastecimiento son Juidán 1, Juidán 2, Juidán 3, Tiojicharina 3, El Estero 1 y 2, Juidán 4, Juidán 5, Juidán 6, Ayaloma 1 y 2, Tiojicharina 1 y 2, Reservorio de Patococha, Patococha 2 y Tinajeras.
- **Líneas de conducción de agua cruda:** con una longitud total de 32.24 Km, está conformada por tuberías de PVC y acero al carbón (AC), también contiene tanques rompe presión, que además de reducir la presión estática y dinámica permiten recolectar y medir el aporte de las diferentes captaciones.
- **Planta de potabilización:** está conformada por un cajón de llegada con su respectivo macro medidor, cámara de mezcla, floculador, sedimentador, filtros, cámara de cloración, laboratorio y casa de guardianía.
- **Tanques de almacenamiento:** el tanque repartidor de San Antonio posee una estructura circular de hormigón armado de diámetro de 8.97m, con una altura de rebose de 4.55m, un terminado tipo techo plano teniendo una capacidad de 300 m³. A partir del tanque de San Antonio el agua potable es repartida a cuatro tanques de almacenamiento que sirven a cuatro zonas:
 - **Pucuhuaico 1 y 2:** son estructuras circulares de hormigón armado de 91 m³ y 206 m³ de capacidad y abastecen una zona de 87.26 ha.
 - **Quilliganes:** estructura de hormigón armado con una capacidad de 284 m³ que abastece una zona de 74.22ha.
 - **Narrio Grande:** tanque de hormigón armado de 300 m³ de capacidad y abastece una zona de 160.48 ha.
 - **Narrio Pequeño:** esta compuesto de una estructura circular de hormigón armado de 300 m³ de capacidad y abastece una zona de 162.51 ha.
- **Redes de distribución:** como se menciona anteriormente la red de distribución de agua potable del cantón Cañar, engloba cuatro sub sectores que son abastecidos por los tanques de reserva mencionados en el apartado anterior, el 91 % de la red está construida por tubería de PVC de 1 Mpa, mientras que el 9 % restante por tubería de polietileno (PE).

- **Conexiones domiciliarias:** se encuentran formadas por tubería de cobre de 1/2 y 1 pulgada, con accesorios de bronce como collarines, tomas de incorporación y llaves de corte.

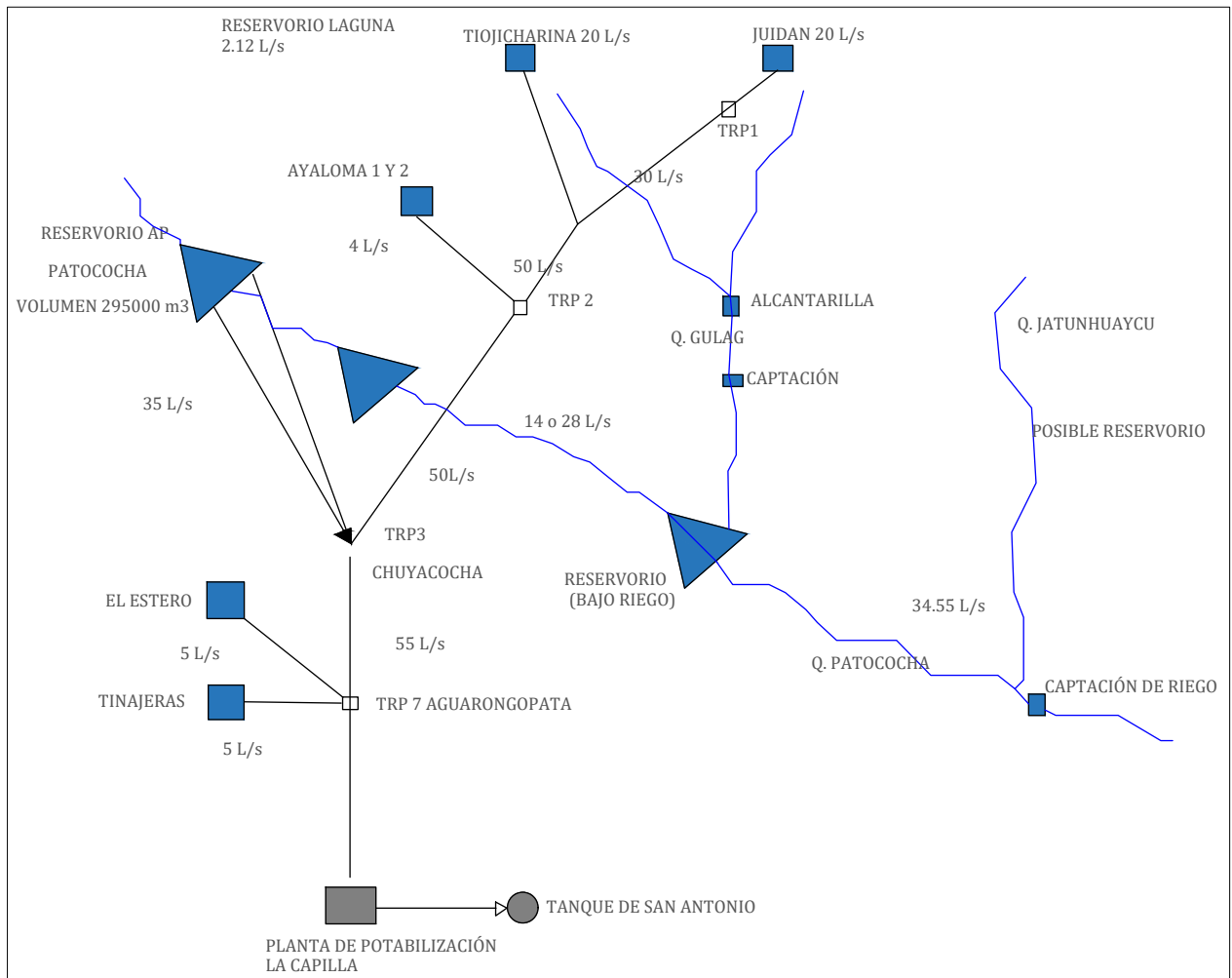


Figura 3.1: Esquema sistema de abastecimiento de agua potable (fuentes - tanque de almacenamiento).

3.2.1. Red de Distribución

La red de distribución del cantón Cañar está dividida en cuatro subsectores Pucuhuiaco (91 m³), Quilliganes (284 m³), Narrío 1 (300 m³) y Narrío 2 (300 m³) [35]. La red en evaluación conocida como “Red del Subsistema Narrío 2”, está diseñada para servir a un área de 484.75 ha, mediante tuberías de PVC de 1 MPa de presión, en la figura 3.3 se puede observar el tanque de almacenamiento que abastece a la zona en estudio.

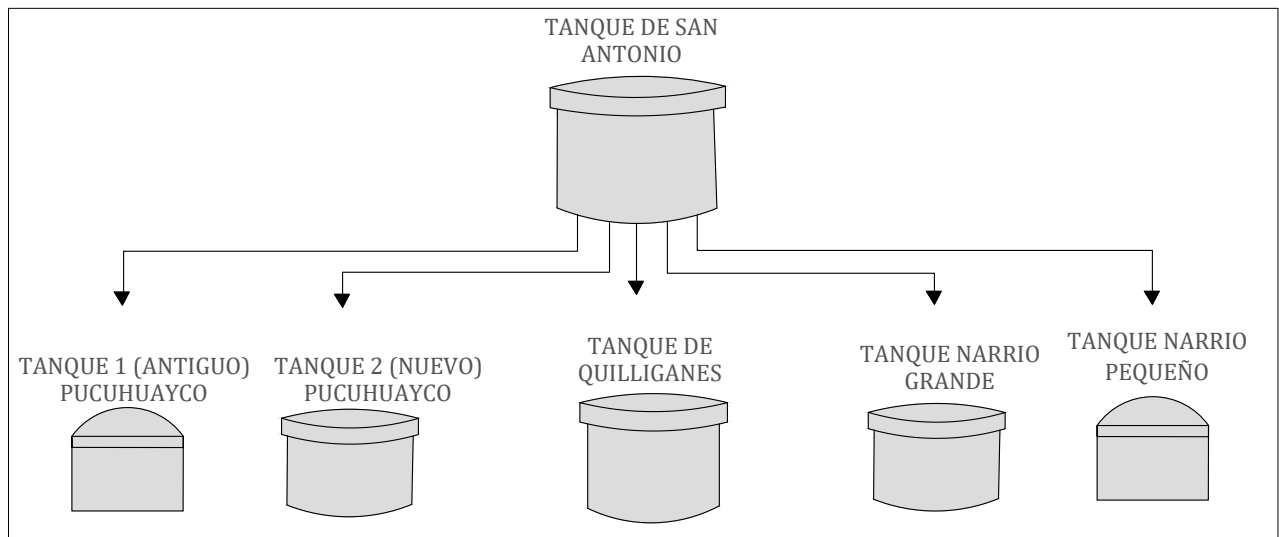


Figura 3.2: Esquema sistema de abastecimiento de agua potable (tanques de almacenamiento).

3.2.2. Tanque Narrío 2.

De acuerdo con Zhindón [35], desde el segundo tanque salen dos redes de abastecimiento de \varnothing 160 mm en PVC:

- Una red se dirige por la calle San Bruno hasta la Av. Paseo de los Cañarís, hasta la calle Fausto Molina por donde sigue con el mismo diámetro hasta la calle Ángel María Iglesias, continua por esta vía hasta cerrar la malla en la calle San Bruno con la red de 160mm.
- La segunda red se origina en el tanque y posteriormente sigue su curso por la vía Eloy Alfaro hasta el cruce en la vía a Quilloac, siguiendo por esta vía con el mismo diámetro aproximadamente hasta la escuela Santa Rosa de Lima donde se reduce el diámetro a 110mm en PVC, llegando hasta el Automóvil Club y se dirige hasta la vía a San Rafael, llegando hasta la Ciudadela Cañaribamba, donde en las calles marginales de esta lotización cierra una red en 63mm en PVC.

3.2.3. Tuberías

La longitud total de la red corresponde a tubería de PVC (policloruro de vinilo) con diámetros de 160 mm, 110 mm y 63 mm. Los dos primeros utilizados al inicio de las redes, es decir en las salidas de los tanques de reserva; mientras que el de 63 mm es utilizado en nuevas urbanizaciones debidamente



Figura 3.3: *Tanque de almacenamiento Narrio 2.*

aprobadas por la Municipalidad. En el centro de la ciudad principalmente las tuberías están ubicadas bajo las aceras, a profundidades máximas de 1 m y mínimas de 0.50 m [35].

3.3. Registro de Datos

El proceso empleado en la presente investigación para evaluar el funcionamiento de la red se realizó con un análisis de datos para el año 2021 con el fin de conocer su estado actual, va desde un análisis en donde se determina el número de viviendas necesarias para el monitoreo, debido al gran número de usuarios existentes en la zona, en cada vivienda se registraron los volúmenes de consumo y las presiones en los grifos de agua con un manómetro diferencial, posteriormente se realizó un análisis estadístico de los datos recolectados en campo y comparados con el registro de la base de datos del GAD Municipal, finalmente se modeló la red y se generaron mapas de presiones para la zona en estudio.

3.3.1. Viviendas en Estudio

El número de viviendas en donde se registraron las presiones se determinó mediante la ecuación 3.1 recomendada por Romero [27].

$$N \geq \left(\frac{ts}{U}\right)^2 \quad (3.1)$$

En donde, N es el número de muestras, t es el estadístico de Student para un nivel de confianza específico, s la desviación estándar y U el nivel aceptable de incertidumbre.

3.3.2. Presiones y Consumos

En el mapa de la Figura 3.4 se indican la red de tubería, tanque de almacenamiento del sector y las 38 viviendas seleccionadas a ser analizadas para evaluar el funcionamiento de la red, en cada una de ellas se registraron los consumos y las presiones en los grifos de agua con un manómetro diferencial como se puede observar en las Figuras 3.5 y 3.6. El monitoreo se realizó durante 4 semanas consecutivas de lunes a domingo como lo recomienda Beltran y Abril [9]; en la primera semana se registraron las presiones a las 7am, 12pm y 7pm, posteriormente con la verificación de la hora en que las presiones son más bajas, en más del 90 % de las viviendas monitoreadas, la presión a las 12 pm es la más baja del día, por lo tanto, se procedió a tomar la presión a las 12 pm durante las 3 semanas siguientes. Por otra parte, con el fin de estimar el consumo en la zona se registró el volumen de los medidores durante 3 semanas más.

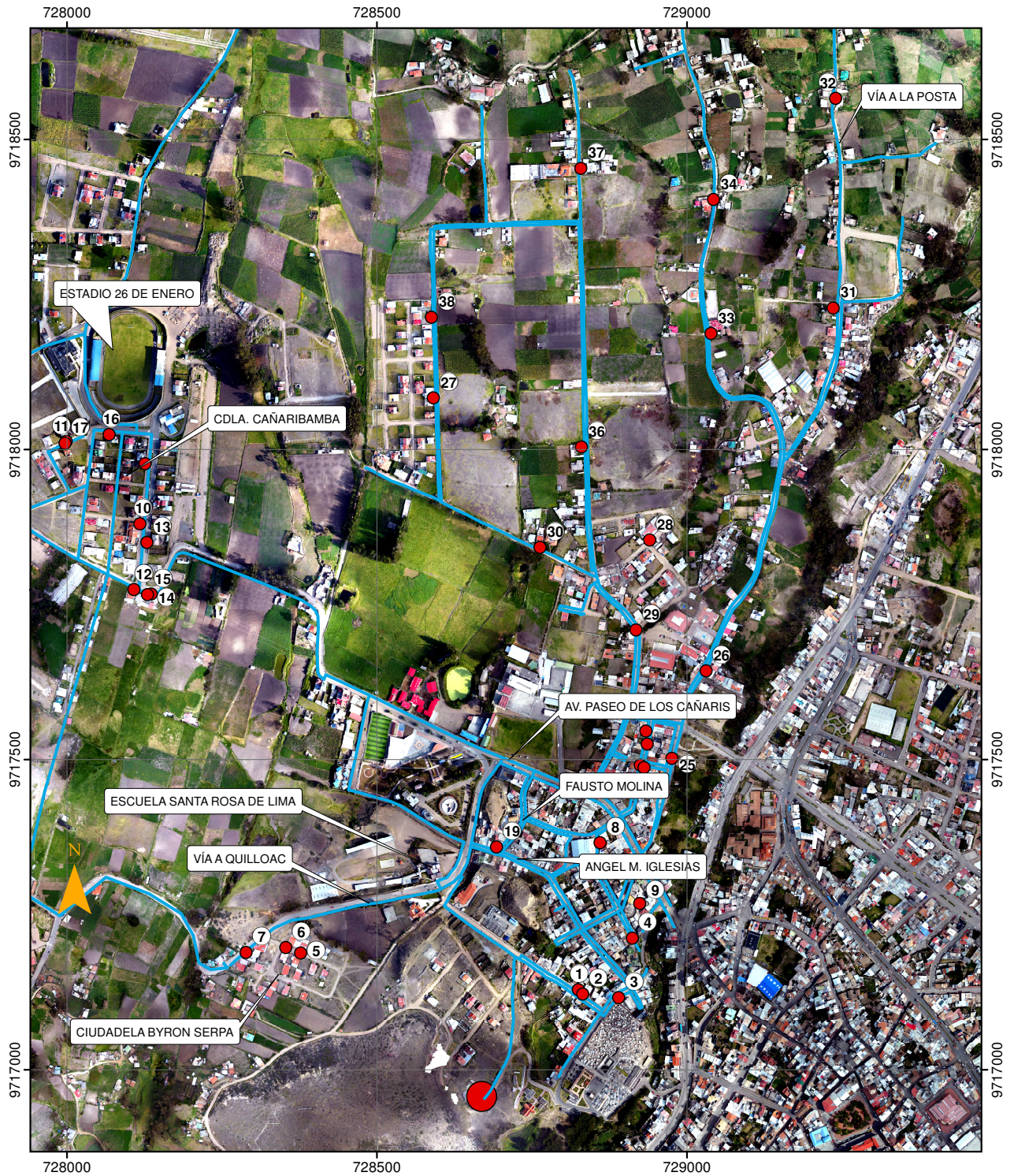
Para el registro de datos se utilizó un formato de hoja en donde se registra el número de vivienda, fecha, hora, presión y volumen del medidor, como se indica en la Figura 7.1.

3.4. Análisis de Datos

El análisis estadístico de datos se empleó para los volúmenes de los medidores de las viviendas, con el fin de rechazar o eliminar datos para obtener un consumo promedio con un alto grado de confianza [27].

Para el rechazo de datos, cuando el número de muestras es mayor a 10, Romero [27] sugiere el

MAPA DE VIVIENDAS RED DE DISTRIBUCIÓN NARRIO 2



LEYENDA

- ¹ VIVIENDAS
- RED DE TUBERÍA
- TANQUE DE ALMACENAMIENTO NARRIO 2

Figura 3.4: Mapa de viviendas.



(a)

(b)

Figura 3.5: Toma de presiones.



(a)

(b)

Figura 3.6: Registro de volumen de medidores.

método de la desviación estándar mediante la ecuación 3.2, la cual indica que si la diferencia entre el dato en cuestión y el promedio es mayor a 3 veces la desviación estándar, el dato se rechaza con un nivel de confiabilidad del 95 %.

$$X_i - \bar{X} > 3s \quad (3.2)$$

En donde, X_i son los datos registrados como consumos y presiones, \bar{X} es el promedio y s la desviación estándar.

3.5. Estimación de Caudales

Para estimar los caudales que circulan por la red, se estima la población y dotación de la zona para el año 2021.

3.5.1. Población

Se estimó la población del área de estudio de dos maneras que se indican a continuación.

Primero se consideró el número de medidores de agua potable de la base de datos del GAD Municipal, también las áreas de centros educativos, centros de atención médica, restaurantes y establecimientos de oficinas.

Por otra parte, se emplearon los datos censales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de los años 1990, 2001 y 2010 mediante los métodos de proyección lineal (ecuación 3.3), geométrico (ecuación 3.4) y logarítmico (ecuación 3.5) expuestos en [19], optando por el que menor error relativo presente. También se emplean los datos del Departamento de Agua Potable y Alcantarillado del GADIC Cañar, como el número de medidores de agua potable, para determinar con mayor precisión el número de habitantes a los que sirve la red en estudio.

$$P_f = P_a + K(T_f - T_a) \quad (3.3)$$

$$P_f = P_a(1 + r)^{T_f - T_a} \quad (3.4)$$

$$\ln(P_f) = \ln(P_a) + K(T_f - T_a) \quad (3.5)$$

En donde, P_f y P_a son la población futura y actual respectivamente, K y r las tasas de crecimiento y T_f y T_a tiempo futuro y actual.

3.5.2. Dotación

Se estima aplicando el siguiente proceso:

- Luego del análisis estadístico de los volúmenes de los medidores, se estima un consumo diario promedio en cada vivienda, que resulta del producto de la resta del volumen final e inicial entre el número de días (ecuación 3.6), al considerar 3.7 habitantes por vivienda según SENAGUA [2] y se obtiene el consumo de un habitante por día.
- Posteriormente se emplea el análisis estadístico a las dotaciones de cada vivienda, de manera similar al de los datos de volumen de los medidores (ecuación 3.2), para eliminar dotaciones que se encuentren fuera de rango.
- Con las dotaciones resultantes del análisis estadístico se procede a calcular la dotación promedio para la zona.

$$C_m = \frac{V_f - V_i}{d} \quad (3.6)$$

En donde, V_f es el volumen al final del monitoreo en m^3 , V_i es el volumen al inicio del monitoreo en m^3 y d es el número de días transcurridos entre la toma de los consumos.

3.5.3. Caudales

Aplicando el proceso expuesto por la SENAGUA [2] y con base en los datos estimados como densidad poblacional, dotación, área de porte a cada nodo de la red que se estimaron de acuerdo con las zonas que actualmente cuentan con el servicio como se muestra en la Figura 3.7 , se estima el

caudal medio diario (ecuación 3.7), máximo diario (ecuación 3.8) y máximo horario (ecuación 3.9).

$$Q_m = \frac{Dd_pA}{86400} \quad (3.7)$$

$$Q_{MD} = Q_m K_{MD} \quad (3.8)$$

$$Q_{MH} = Q_m K_{MH} \quad (3.9)$$

En donde, D es la dotación en $L/hab/d$, d_p es la densidad poblacional en hab/Ha , A es el área de aporte en Ha , K_{MD} es el coeficiente de variación del consumo máximo diario que varía de 1.3 a 1.5 [2], K_{MH} es el coeficiente de variación del consumo máximo horario que varía de 2 a 2.3 [2], Q_m es el caudal medio anual diario en L/s , Q_{MD} el caudal máximo diario en L/s y Q_{MH} el caudal máximo horario en L/s .

3.6. Pérdida de Energía

La pérdida de carga en las tuberías se estima mediante la ecuación 3.10 de Hazen-Williams recomendada por [11], considerando un coeficiente Hazen-Williams CHW de 140 de acuerdo con los resultados obtenidos por Alegret y Martínez [3] en una investigación que considera la rugosidad relativa y el número de Reynolds.

$$hf = 10,672 \frac{L}{D^{4,871}} \left(\frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1,852} \quad (3.10)$$

En donde, hf es la pérdida de carga en un conducto circular en m , L es la longitud del conducto circular en m , D es el diámetro interior del conducto circular en m , Q es el caudal en m^3/s y C_{HW} es el coeficiente de pérdidas de Hazen-Williams.

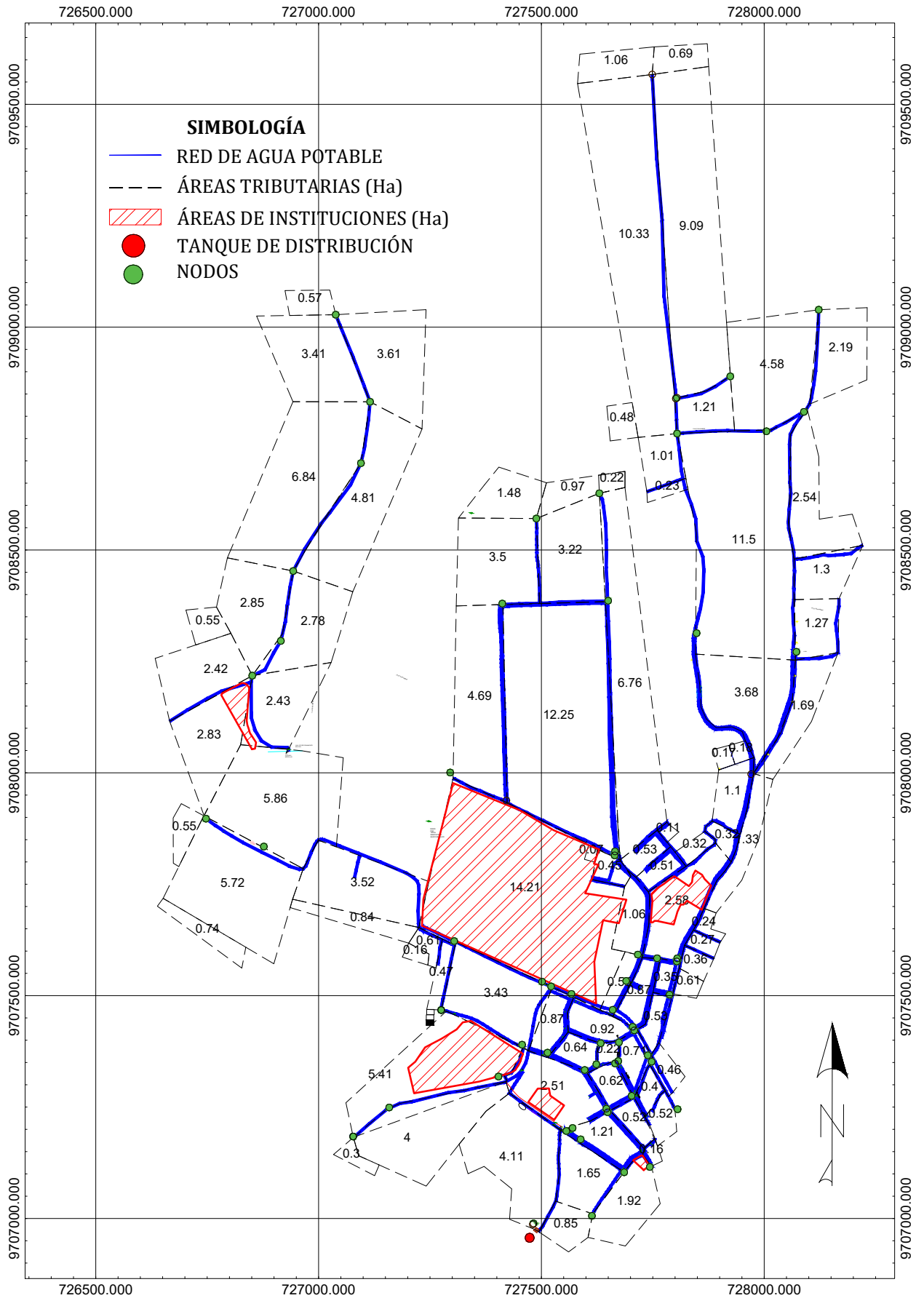


Figura 3.7: Áreas tributarias.

3.7. Evaluación Hidráulica

En el presente estudio, para la modelización de la red se emplearon: programas de topografía, sistemas de información geográfica (SIG) y de simulación hidráulica EPANET.

El primer paso fue conocer el trazado y la topografía de la red de distribución, según la información recibida del GADIC Cañar del catastro de agua potable; luego con softwares SIG se determinó la delimitación de las áreas aportantes con la ayuda de la ortofoto del cantón como se puede observar en las Figuras 1.1 y 3.7; posteriormente, el trazado con los datos e información de la red de distribución como diámetros, longitudes, alturas, caudales y válvulas se exportó a un software de simulación y evaluación hidráulica de flujos a presión. En la Figura 3.8 se muestra la configuración del modelo para la simulación hidráulica, en dónde se indican los diámetros nominales de las tuberías de 63mm, 110mm y 160mm, el rango de altura de los nodos, de igual manera, la altura del tanque de abastecimiento de 3136.41 m.s.n.m y 2.78m de altura de rebose con una altura total de 3139.19m.

3.7.1. Mapas de Presiones

Son mapas que representan las presiones diferenciadas por un rango de colores, que permiten identificar el comportamiento de los sectores que conforman la red [20]. Los mapas de presiones de la red de distribución en estudio se desarrollaron tomando en cuenta y comparando las presiones obtenidas del modelo y simulación en EPANET y el respectivo registro y análisis estadístico de las presiones medidas en campo. La elaboración de los mapas se realizó en el Software ArcGis mediante la herramienta IDW de interpolación ubicada dentro de Spatial Analyst Tools de la ventana ArcTool-Box, .

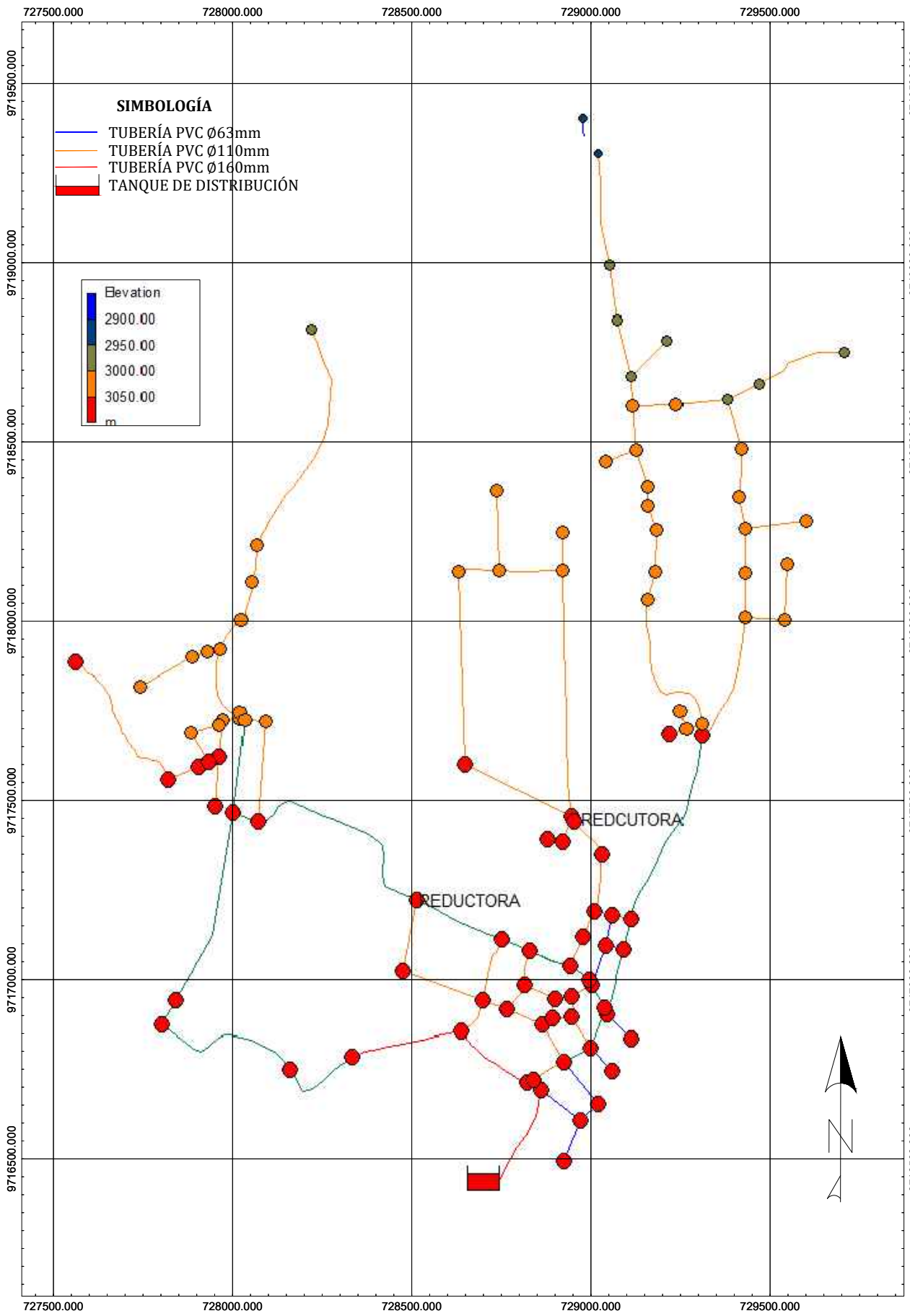


Figura 3.8: Red en EPANET.

Capítulo 4

Descripción de Resultados

En la evaluación hidráulica de redes de distribución de agua potable los parámetros más importantes a analizar son los caudales, presiones y velocidades que incluyen las pérdidas existentes en el sistema como se indico en la sección 2.1.3. Los resultados de la investigación se presentan a continuación

4.1. Población

La población del cantón Cañar estimada para el año 2021, con base en los datos censales de los años 1990, 2001 y 2010, de acuerdo con los métodos geométrico y logarítmico que presentan el menor error relativo de 9.04 %, resulta de aproximadamente 51200 habitantes, de esta manera, al considerar el área del cantón de 180390 hectáreas [10], la densidad poblacional es de 0.27 y 0.29 habitantes por hectárea respectivamente que se puede observar en la Tabla 4.1.

De acuerdo con el número de usuarios y área servida de la zona en estudio, al considerar 3.7 habitantes [2] para cada uno de los 914 medidores de agua potable de la base de datos del GAD Municipal y el área obtenida de 203.88 hectáreas, da como resultado una población de 3382 habitantes y una densidad poblacional de 3.7 habitantes por hectárea.

Tabla 4.1: *Poblaciones y densidades poblacionales estimadas.*

Método	Error (%)	Población 2021 (hab)	Densidad Poblacional (hab/ha)
Lineal	9.53	50224	0.28
Geométrico	9.04	51203	0.27
Logarítmico	9.04	51196	0.28

4.2. Dotación

Los volúmenes de consumo registrados en los medidores de agua potable durante las dos etapas como se indica en la sección 3.3, se muestran en las Tablas 7.2 y 7.4, luego del análisis estadístico de datos (ver Tablas 4.2 y 4.3), existe un consumo máximo diario de agua potable de $1,82m^3/día$ y $2,9m^3/día$ en el registro de la primera y segunda etapa de muestreo respectivamente, mientras que, los consumos mínimos son menores a $1m^3$, es decir, viviendas que consumen menos de 1000 litros de agua potable al día, razón por la cual el medidor con unidades en $1m^3$ refleja igual medida en la lectura del día siguiente.

Las dotaciones máximas y mínimas en cada periodo de muestreo se indican en las Tablas 4.2 y 4.3, en las cuales los valores corresponden a $7,83L/hab/día$ y $27,03L/hab/día$. En las Tablas 7.3 y 7.5 se exponen las dotaciones resultantes luego del análisis y rechazo de datos en donde, para la primera etapa se tienen 35 viviendas con dotaciones que varían entre 30 a 470 L/hab/día, mientras que, para la segunda etapa se tienen 57 viviendas con dotaciones entre 27 y 783 L/hab/día.

La dotación promedio resultante entre las 2 etapas de monitoreo de 4 y 3 semanas como se indica en la sección 3.3.2 es de 205 L/hab/día y la dotación promedio considerando todos los datos de las Tablas 7.3 y 7.5, es decir, considerando un total de 92 viviendas resulta de 202 L/hab/día. En la Tabla 4.4 se indican las dotaciones correspondientes a las instituciones existentes en la zona de estudio, teniendo dotaciones que varían desde los 81 L/hab/día hasta los 1054 L/hab/día.

En la Figura 4.1, se muestra el resumen de las dotaciones de las viviendas en análisis, en el bigote inferior se encuentra el valor mínimo del conjunto de datos y en el superior representa el valor máximo, en la caja se indica el primer y tercer cuartil, la línea que se genera en el espacio intercuartil es la mediana y la x representa el promedio del conjunto de datos, los puntos que se encuentran sobre el bigote superior se denominan valores atípicos, que son datos que se sobresalen de un rango de datos similar debido a que presentan valores extremadamente pequeños o grandes y pueden tener un efecto desproporcionado en los resultados estadísticos, lo que puede conducir a interpretaciones engañosas.

Tabla 4.2: *Consumo de agua potable primera etapa*

Vivienda	Consumo ($m^3/día$)	Dotación (L/hab/día)	Ubicación
27	1.82	470.47	San Jose de Calasanz
26	0.116	30.03	Calle San Bruno

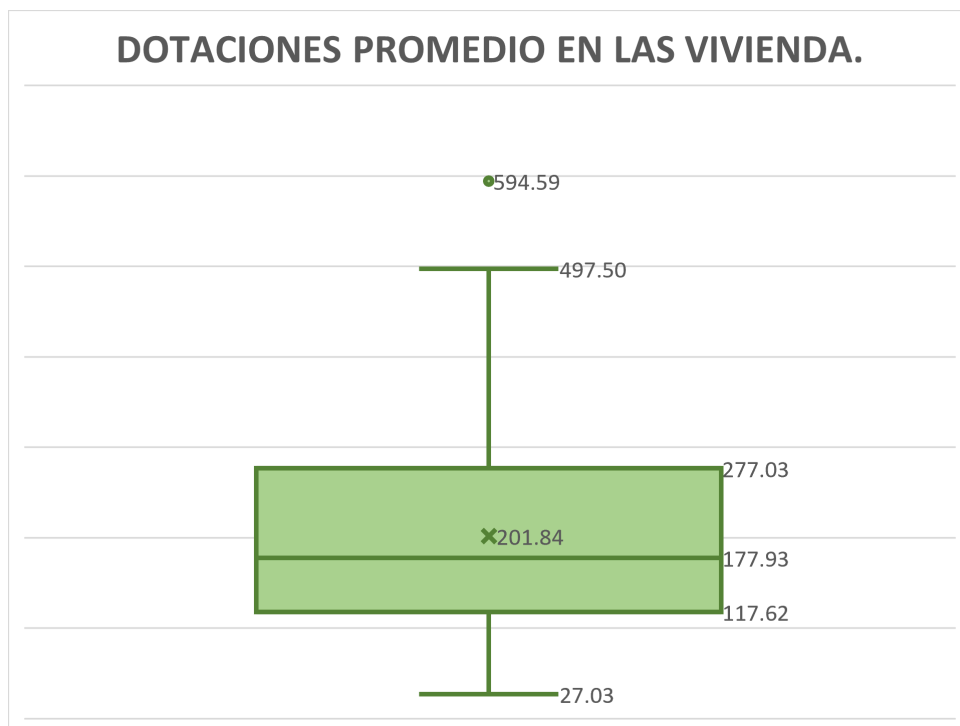


Figura 4.1: Dotaciones en las viviendas.

Tabla 4.3: Consumo de agua potable segunda etapa

Vivienda	Consumo (m3/día)	Dotación (L/hab/día)	Ubicación
14	2.9	783.78	Sector estadio
7	0.1	27.03	Vía Guantug

4.3. Demanda en los Nodos

Las demandas estimadas siguiendo el proceso descrito anteriormente se indican en las Tablas 7.10 y 7.11, considerando una densidad poblacional de 17 habitantes/hectárea, dotación de 200 l/hab/día (dato considerado de acuerdo con los resultados obtenidos en la sección 4.2 y el establecido en la norma vigente [2]) y las respectivas áreas tributarias y dotaciones de las edificaciones de uso especial, que se indican en la sexta columna. Con estos datos el Q_{MH} que ingresa a la red es de 20.52 L/s. La zona con menor área de aportación de 0.09 hectáreas corresponde a los nodos 57,58 y 59 que se ubica en la parte norte de la Universidad Católica de Cuenca, mientras que la zona mayor área de aportación con un valor de 11.03 hectáreas corresponde al nodo 82 que se encuentra en la parte Norte del estadio 26 de Enero. De acuerdo con lo expuesto en la Tabla 4.5, el mayor caudal de 1.56 L/s calculado de acuerdo con el procedimiento del EX IEOS y la NTC, se registra en el nodo 19 junto a la Escuela Santa Rosa de Lima, mientras que, el menor caudal 0.009 l/s se presenta en los nodos 57, 58

Tabla 4.4: *Consumos y dotaciones de instituciones*

Descripción	Consumo (m3/día)	Dotación (l/hab/día)
IESS	95.5	497.5
Escuela Rigoberto Navas	1.45	391
Empresa eléctrica	1.70	85
UTPL	1.45	391
Registro Civil	0.30	81
Fiscalía	3.30	132
Funpra	6.55	218
Calasancias	0.60	162
Colegio Calasanz	0.50	135
Papilandia	0.80	216
Food Good	3.90	1054

y 59 que se describieron anteriormente con las menores áreas tributarias. En la Figura 4.3 se muestran los caudales en los nodos y tuberías en la red de EPANET, considerando los caudales expuestos en la Tablas 7.10 y 7.11.

Tabla 4.5: *Caudal mínimo y máximo*

Nodo	QMH (L/s)	Ubicación
57, 58, 59	0.009	Norte UCACUE ext Cañar
19	1.56	Escuela Santa Rosa de Lima

4.4. Velocidades

Las velocidades resultantes de la simulación de la red en el modelo de EPANET, registran valores cercanos próximos a 0.003 m/s en las tuberías conectadas a los nodos 56, 57, 58 y 59 cuyas demandas de 0.0093 l/s corresponden a un área aportante de 900m², por otra parte, la velocidad máxima registrada es de 1.82 m/s en la tubería entre los nodos 4 y 5 (ver Figuras 7.12 y 7.13).

4.5. Presiones

4.5.1. Registro y Análisis de Datos

Las presiones promedio del registro tomado en campo a las 7:00 am, 12:00 pm y 7:00 pm durante la primera semana de monitoreo como se indicó en la sección 3.3.2, se muestran en las Tablas 7.6,7.7

y 7.8, en donde las menores presiones se presentan a las 12:00 pm en más del 90 % de las viviendas analizadas.

En la Tabla 4.6 se indican las zonas y las presiones mínimas y máximas existentes en las viviendas de acuerdo con el registro tomado en campo, en las viviendas 5 y 6 se registran presiones de 11 m.c.a, mientras que la vivienda 32 presenta una presión de 76.92 m.c.a. Las zonas con menor presión se registran en la ciudadela Byron Serpa, a diferencia de la máxima presión que se chequea en la zona baja vía a la Posta.

Tabla 4.6: *Presiones mínimas y máximas en viviendas.*

Vivienda	Hora	Presión	Zona
5	12:00pm	11 m.c.a	Cdla. Byron Serpa
6	12:00pm	11 m.c.a	Cdla. Byron Serpa
32	12:00pm	76.92 m.c.a	Vía a la Posta

Las presiones promedio existentes en las viviendas se indican en la Figura 4.4, en donde el bigote superior indica el valor máximo de la serie de datos y el bigote inferior representa el valor mínimo, la caja del gráfico está determinada por la distancia del rango intercuartílico (primer cuartil inferior y el tercer cuartil superior), la mediana representada por la línea situada a una distancia entre los extremos de la caja y el promedio de los datos recopilados se representa con la x dentro de la caja. De acuerdo con los datos del monitoreo realizado y el respectivo análisis estadístico de datos, considerando un muestreo 38 viviendas con una desviación estándar promedio de 3.32 m.c.a la menor presión existe en la vivienda 5 con 16.59 m.c.a, mientras que la mayor presión se presenta en la vivienda 33 con 76.92 m.c.a.

4.5.2. Modelización Hidráulica

En las Tablas 7.14 y 7.15 se indican los resultados de la simulación ejecutada en el programa EPANET, la cual se realizó de manera correcta sin ningún error, de acuerdo con los caudales de las Tablas 7.10 y 7.11, la configuración de la red mostrada en la Figura 3.8 y las longitudes correspondientes de las tuberías que se pueden observar en las Tablas 7.13 y 7.13.

Las presiones estimadas mediante el modelo en EPANET registran valores que fluctúan entre los 10.58 m.c.a luego del tanque de almacenamiento y 117.45 m.c.a en el nodo 42 que se sitúa en la parte Norte final de la red de distribución, dirección vía a la Posta.

4.6. Mapa de Presiones

Los mapas de presiones elaborados mediante el proceso descrito en la sección 3.7.1 y considerando los valores de las presiones de las Tablas 7.6, 7.7 y 7.8 se presentan en las Figuras con sus respectivos intervalos de presión.

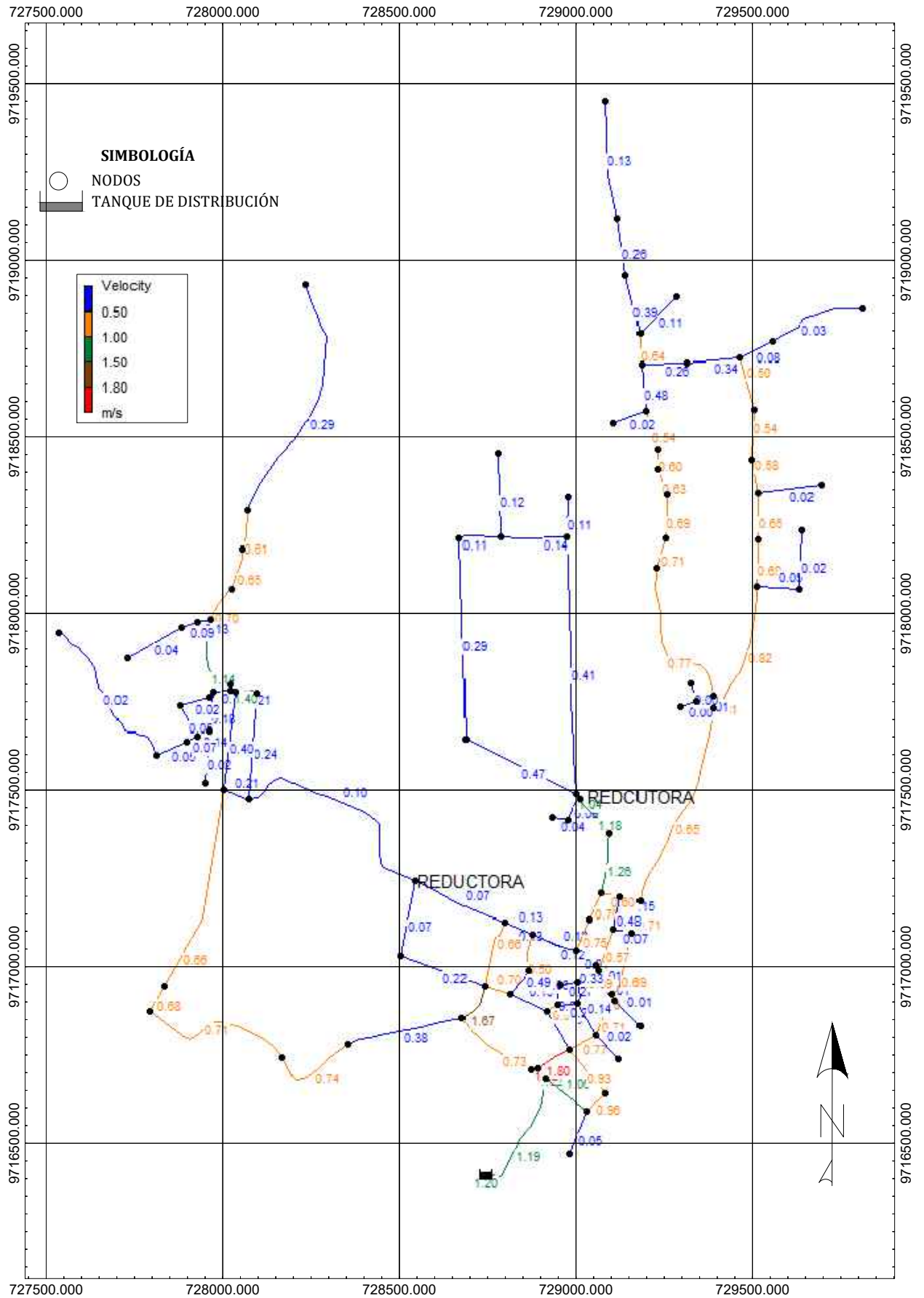


Figura 4.3: Velocidades en las tuberías de la red en m/s.

PRESIONES PROMEDIO EN LAS VIVIENDAS.

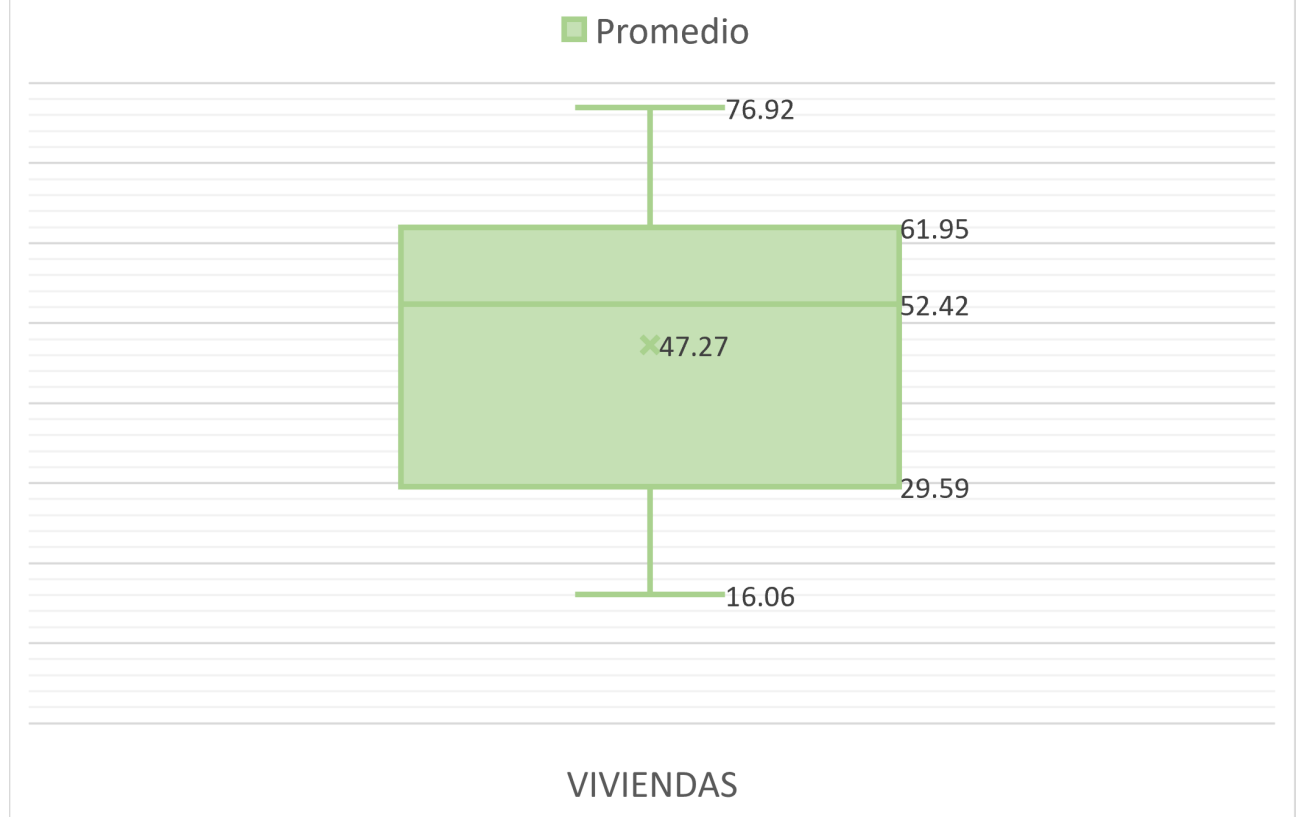
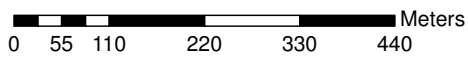
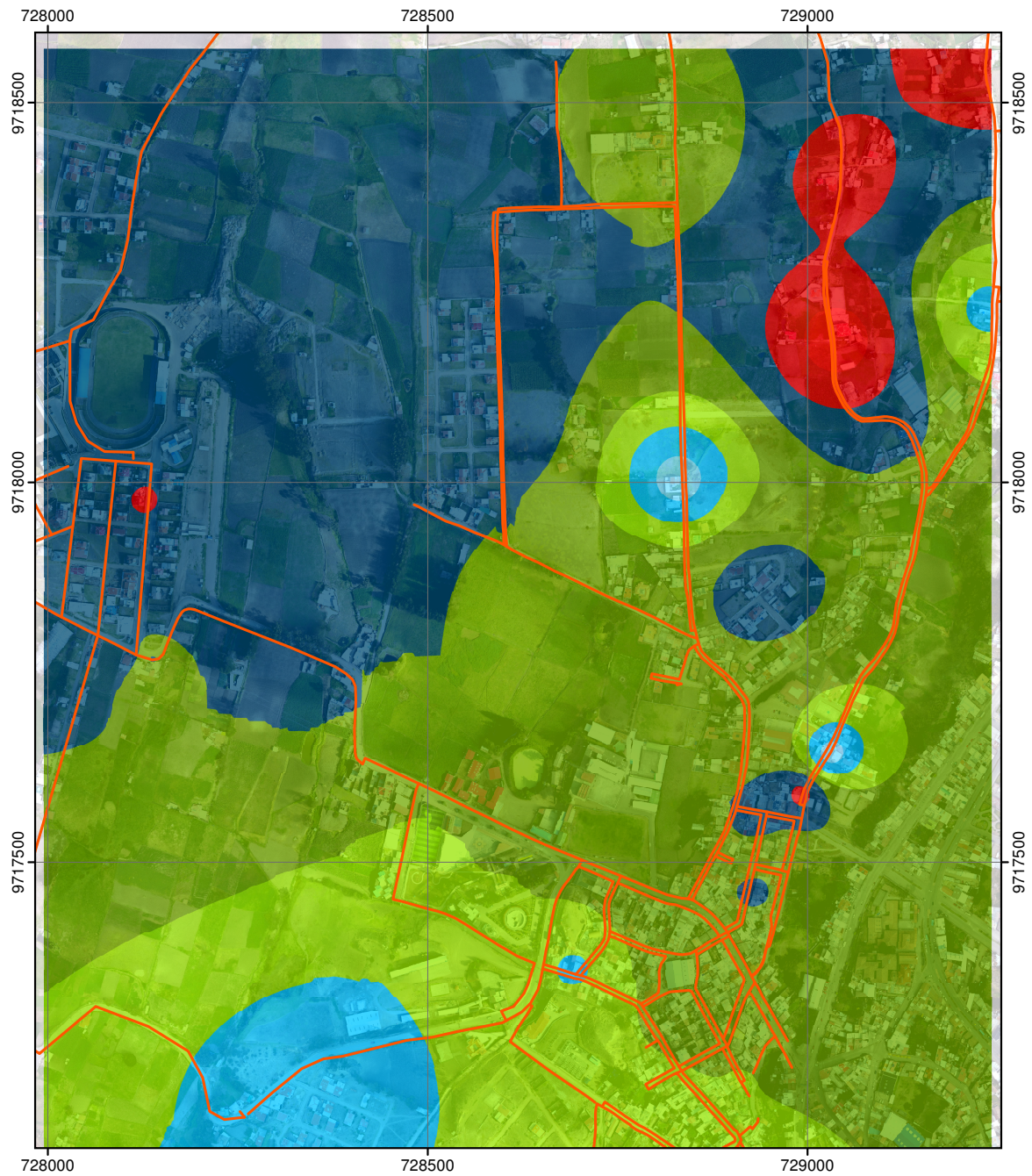


Figura 4.4: *Presiones en las viviendas.*

MAPA DE PRESIONES 7AM NARRIO 2

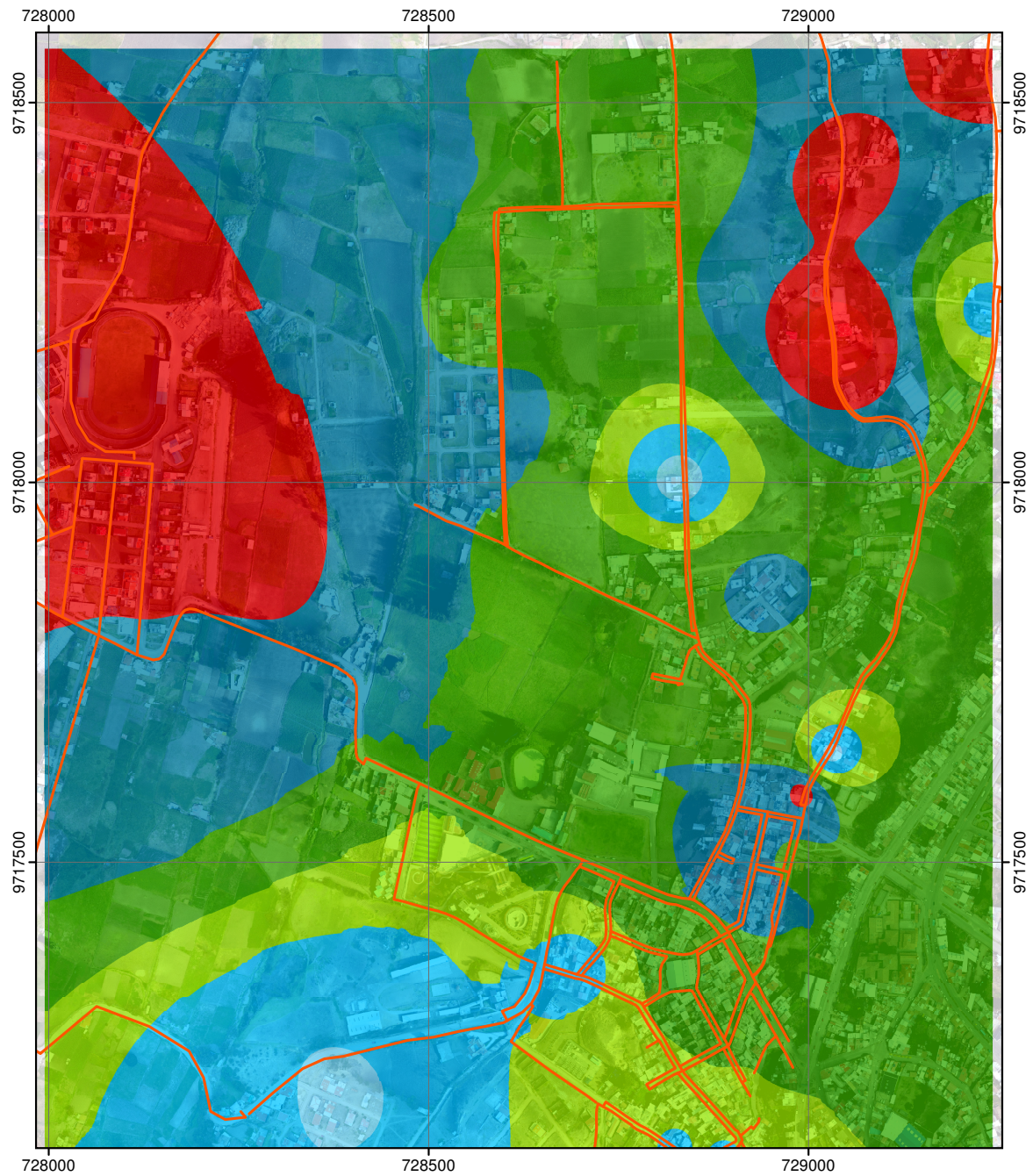


Presión (m.c.a)	
	0-15
	15-20
	20-30
	30-40
	40-50
	50-60
	60-70
	70-80

Evaluación del funcionamiento de la red de agua potable Nariño 2 del cantón Cañar	
	Autora: María Molina
	SRC: WGS 84/UTM zone 17S
	Carrera: Ingeniería Civil
	Fecha: Abril del 2021
	Escala: 1:5000

Figura 4.5: Mapa de presiones 7AM.

MAPA DE PRESIONES 12PM NARRIO 2



0 55 110 220 330 440 Meters

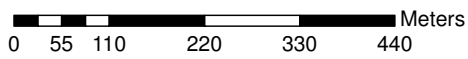
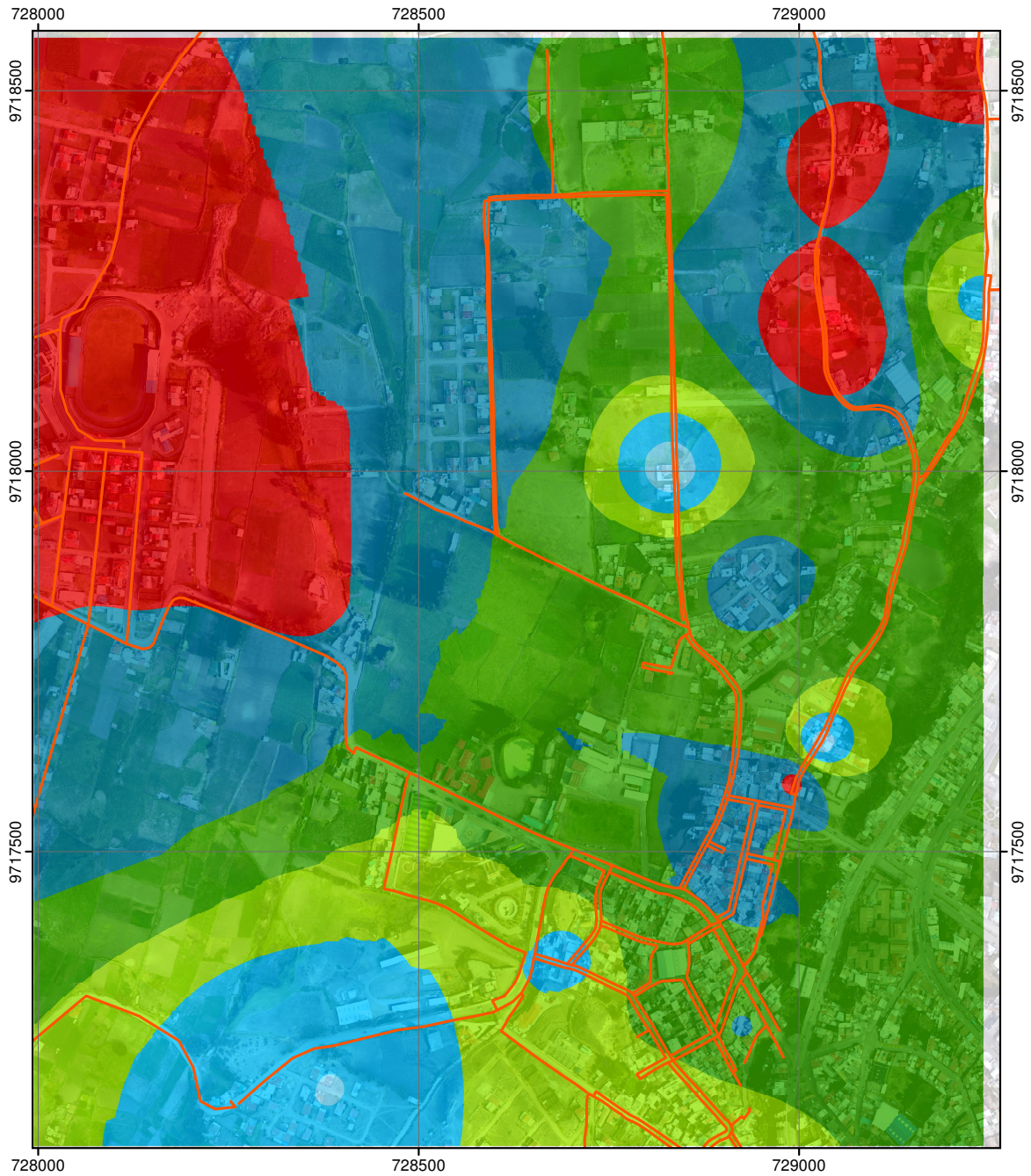


Presión (m.c.a)	
	0-15
	16 - 20
	20 - 30
	30 - 40
	40 - 50
	50 - 60
	60 - 70
	70 - 80

Evaluación del funcionamiento de la red de agua potable Narrio 2 del cantón Cañar	
	Autora: María Molina
	SRC: WGS 84/UTM zone 17S
	Carrera: Ingeniería Civil
	Fecha: Abril del 2021
	Escala: 1:5000

Figura 4.6: Mapa de presiones 12PM.

MAPA DE PRESIONES 7PM NARRIO 2



Presión (m.c.a)	
0 - 15	20 - 30
15 - 20	30 - 40
50 - 60	60 - 70
70 - 80	

Evaluación del funcionamiento de la red de agua potable Nbarrio 2 del cantón Cañar	
	Autora: María Molina
	SRC: WGS 84/UTM zone 17S
	Carrera: Ingeniería Civil
	Fecha: Abril del 2021
	Escala: 1:5000

Figura 4.7: Mapa de presiones 7PM.

Capítulo 5

Análisis de Resultados

Los resultados de esta investigación se han analizado y comparado respecto a otros estudios desarrollados a nivel nacional e internacional que presentan relación con proyectos de agua potable, saneamiento en general y sus parámetros de diseño de acuerdo con las condiciones que presenta la zona en estudio.

5.1. Población

La densidad poblacional a emplear en un proyecto de saneamiento para una zona o sector con gran extensión de área y concentraciones humanas en sectores específicos o que no cuentan con un catastro, no se consideran tomando en cuenta la población y área total porque se obtendrían densidades muy bajas inferiores a 1 habitante por unidad de área, por el contrario, se estiman con base en el área específica a servir y con el número de usuarios registrados, es por ello, que para estimar la densidad poblacional en el cantón Cañar no se pueden aplicar los métodos de proyección con base en censos poblacionales de todo el cantón, por consiguiente cómo se indica en la Tabla 5.1 se ha considerado únicamente el área servida de 203.88 ha y el número de medidores de agua potable registrados en el GAD Municipal pertenecientes a la zona teniendo una densidad de 17 habitantes por hectárea, de manera similar a la realizada en diferentes investigaciones autores como Cumbal [12] en su estudio de alcantarillado, Newling [22] Wu y Murray [32] que para determinar densidades poblacionales urbanas consideran las áreas concentradas.

Tabla 5.1: *Densidades poblacionales.*

Método	Densidad Poblacional (hab/ha)
Lineal, Geométrico y Logarítmico	0.28
Área y Usuarios Servidos	17

5.2. Dotación

Las dotaciones resultantes de las viviendas monitoreadas durante la investigación han presentado valores que oscilan desde los 7.83 L/hab/día hasta los 783 L/hab/día representan la ausencia de habitantes en una vivienda y por otra parte, la existencia de fugas y un mal control del agua en los hogares, viviendas o negocios, en zonas frías, según Rico [4] en su investigación, para zonas frías indica dotaciones que llegan a los 600 L/hab/día, Arellano [5] en Cumbole dotaciones de 52.40 L/hab/día. Los altos consumos también se deben a los diferentes usos a los que se destina el agua, Keshavarzi [16] señala que en zonas rurales el consumo de agua del grifo está asociado al riego de jardines e invernaderos, por otra parte, en un estudio realizado en Brazil por García [14] indica que los factores que más perjudica el consumo de agua en una vivienda son el número de habitantes, nivel educativo, tipo de electrodomésticos que utilizan agua, tipo y antigüedad de la construcción.

La dotación de 200 L/hab/día empleada en el estudio, se consideró con base en los resultados obtenidos y las referencias expuestas en la Tabla 5.2, que indica los valores encontrados en diferentes investigaciones en otras ciudades y países, así como de las normativas hidrosanitarias de diferentes países.

Por ejemplo, ciudades como Cuenca que al igual que Cañar se encuentra en la zona austral del Ecuador, Guaranda y Guamote ubicadas en la región Sierra, con actividades socio económicas, clima y alturas similares, presentan consumos similares a los 200 l/hab/día.

Tabla 5.2: *Dotaciones de agua potable para climas fríos.*

Región	Dotación (L/hab/día)	Fuente)
Ecuador	180 a 200	SENAGUA [2]
Colombia	200 a 250	ICNTC [23]
Perú	180	MVCS [21]
Cuenca	200	Ortiz et al., [24]
Guaranda	209	Arellano et al., [5]
Guamote	205	Arellano et al., [5]
San Vicente del Raspeig, España	180	Rico [4]

5.3. Caudales

El QMH estimado que sale del tanque de almacenamiento de 20.52 L/s al considerar las áreas aportantes de la Figura 3.7, presenta un error del 7 % acorde al estimado por el GAD Municipal de 19.04 L/s según los registros históricos del año 2020 (ver Tabla 7.16).

La diferencia de caudales se puede atribuir al error que presentan los medidores de agua potable instalados en la zona, que son B-Meter de chorro múltiple, fabricados en cuerpo de bronce, con carátula de policarbonato, con un diseño resistente que garantiza su durabilidad y que tienen un error del $\pm 2\%$, *de acuerdo con la ficha técnica del medidor.*

5.4. Velocidades

Las velocidades de 0.003 m/s resultantes de la simulación hidráulica, se deben a que las tuberías de 63mm son muy grandes para la zona que abastecen, la cual demanda un caudal pequeño, lo que puede perjudicar la calidad de agua; es decir, actualmente, el diámetro empleado en el sector debería ser más pequeño para que la velocidad aumente. Vreeburg en su investigación [30] encontró problemas similares en una evaluación realizada en Países Bajos, en donde para evitar la resuspensión de partículas por velocidades bajas, recomendó reducir los diámetros de las tuberías en un 55 % obteniendo una reducción de costos hasta del 20 % en nuevas redes, por otra parte, Gibson [15] en su estudio realizado en América del Norte, también indica existen que existen beneficios al utilizar tuberías de pequeño diámetro en zonas de baja densidad y diámetros mayores para la protección contra incendios, teniendo una reducción del capital hasta del 30 %.

Tanto las velocidades mínimas como las inferiores a 0.60 m/s que fueron encontradas en las tuberías de la red, no son las adecuadas debido a que se encuentran por debajo de lo que la SENAGUA recomienda (0.60 m/s). Por otra parte, la velocidad máxima encontrada de la red de 1.82 m/s se presenta en una tubería de 160 mm de diámetro, ubicada cerca del tanque de almacenamiento en donde existe mayor demanda de caudal de 4.84 l/s, la cual se encuentra dentro del rango establecido por la SENAGUA.

5.5. Presiones

Los puntos de monitoreo de presiones establecidos en el presente estudio, tienen relación con los 40 puntos considerados en la investigación realizada por Xu [33]. Las presiones más bajas en la mayor parte de las viviendas analizadas se registraron a las 12:00pm, [13] en la investigación realizada en Marruecos que también obtuvo menores presiones a las 12 pm y mayores presiones en la noche, debido a la reducción de consumo en horas de la noche.

Como se indicó en el capítulo anterior, existen presiones bajas de 11 m.c.a que de acuerdo con la normativa vigente [2] cumplen la mínima recomendada de 10 m.c.a. Es importante recalcar que otros autores recomiendan una presión mínima mayor a 15 m.c.a, por ejemplo, Xu [33] en su investigación al encontrar presiones de 30 m.c.a, las consideró como insuficientes y vio la necesidad de implementar en la red un tanque adicional de gran altura que se abasteciera durante las noches cuando la presión aumenta y la demanda disminuye, para abastecer al siguiente día a las zonas críticas. Lee [17] y Wedgworth [31] indican que la falta de presión en las redes de agua potable, lo cual se produce cuando existe escasez de agua en un municipio o al final de las redes de distribución, genera la contaminación del agua suministrada, produciendo en varios casos enfermedades en la población.

La vivienda 26 presenta una presión de 16 m.c.a, sin embargo aguas arriba y aguas abajo existen mayores presiones, cabe recalcar que de acuerdo con la topografía es un tramo con una pendiente continua, lo que significa que la presión en esta vivienda debería ser mayor a las viviendas que se encuentran antes en zonas más altas como la vivienda 25 con una presión de 45 m.c.a, este resultado se puede atribuir a la existencia de fugas de agua en la vivienda lo cual coincide con los resultados obtenidos por Babel [7] quien atribuye las pérdidas de carga a las fugas existentes en las tuberías en la ciudad de Bangkok.

Referente a las presiones altas encontradas en la red de 76.92 m.c.a de acuerdo con el registro y análisis estadístico realizado, las tuberías de PVC de 1 Mpa soportan adecuadamente las presiones existentes en la red, siendo un material utilizado en países como Reino Unido [8] en donde se han remplazado las tuberías de PE por PVC debido a que soportan presiones más altas; sin embargo, se encuentra por encima de la máxima recomendada por el Senagua de 50 m.c.a. Por otra parte, los resultados obtenidos en EPANET que muestran una presión de 117 m.c.a al noreste de la red, la misma que excede la capacidad de soporte de la tubería de 1 MPa.

Las presiones altas encontradas en la red durante el monitoreo realizado y la simulación hidráulica realizada corresponden a los puntos que respecto al tanque de almacenamiento y demás tramos de la red se encuentran en una cota inferior, lo cuál se puede corroborar con los resultados en un estudio piloto realizado en Alemania por Parra [25] y Elmaki [13] en Marruecos, que la presión tiende aumentar con el desnivel de altura existente que es superior a las pérdidas de carga estimadas según Hazen - Williams y la ecuación de energía.

De manera similar los resultados del monitoreo y simulación hidráulica reflejan presiones bajas en la ciudadela Byron Serpa en las viviendas 5 y 6, en donde las tuberías finalizan la red de abastecimiento y se encuentran con una pendiente ascendente con un nivel superior a la vía principal de aproximadamente 10m de altura como se indica en la Figura 5.1.

Los mapas de las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7, representan las presiones en la zona de estudio, en dónde se pueden observar que las presiones a las 7am disminuyen a las 12pm, para luego aumentar a las 7pm, esto se debe a que a las 12pm existe mayor demanda de agua en la zona, por las diferentes actividades que se desarrollan.

En las demás viviendas de acuerdo con los mapas de presiones de las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7 las presiones que se encuentran dentro los parámetros establecido por la norma [2], son las de color celeste y verde en la mayoría de la zona con presiones de 20 m.c.a 50 m.c.a aptas para mantener el servicio y la calidad de agua brindada [17][31]. Por otra parte, las zonas de color celeste más bajo y rojo son aquellas que presentan presiones por debajo y por encima respectivamente del rango establecido en la norma [2].

La zona del estadio 26 de Enero e IESS, ubicada al noreste de los mapas de presiones, a las 7am presenta presiones inferiores que a las 12pm y 7pm, esto se atribuye a que, en las viviendas en dónde se realizó el monitoreo, en las horas indicadas existe ausencia de los usuarios, por ende, un menor consumo en la zona.

5.6. Estado de la Red

Luego del análisis realizado sobre los resultados del presente estudio, se puede deducir que: El caudal suministrado a la red, según los reportes del GAD Municipal es el adecuado para que los usuarios realicen sus actividades diarias, debido a su similitud con el estimado en el presente estu-



Figura 5.1: *Entrada ciudadela Byron Serpa.*

dio, al considerar las dotaciones analizadas estadísticamente que se indican en la Figura 4.1 y Tabla 4.2, la dotación empleada en el presente estudio presenta relación con las consideradas por diferentes autores para ciudades con condiciones similares [24]. Varias zonas de la red no están funcionando correctamente, debido a las velocidades encontradas inferiores a 0.60 m/s que pueden ocasionar contaminación en el agua dotada, como las zonas ubicadas al noreste y noroeste de la red, en donde actualmente las áreas servidas requieren diámetros menores para el caudal suministrado, estos resultados son coherentes a los de las investigaciones realizadas en Países Bajos y en América del Norte. Referente a las presiones registradas y simuladas de la red, se puede deducir que la mayor parte de la red está funcionando bien, a excepción de las zonas celestes de los mapas de presiones, en donde las presiones se aproximan a la mínima de 10 m.c.a que de acuerdo a la normativa vigente es la presión necesaria para que la calidad del servicio brindado sea la idónea, es decir, esto garantiza el buen funcionamiento de los aparatos sanitarios de una vivienda de 2 plantas, que es la más común dentro de la zona, sin embargo otros autores como Xu [33] señalan que incluso una presión de 30 m.c.a no es la adecuada para un buen funcionamiento y debe ser mejorada.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

En la presente investigación se alcanzó el objetivo general planteado, al evaluar la red de distribución Narrio 2, mediante el registro y análisis de los consumos y presiones existentes en las viviendas del sector en estudio, datos tomados con manómetro diferencial y analizados estadísticamente para obtener resultados con un alto grado de confianza y luego ser empleados en la simulación hidráulica para evaluar el funcionamiento hidráulico de la red.

El consumo del sector se determinó mediante el registro de volúmenes de los medidores de agua potable durante 7 semanas, estimando de esta manera la dotación existente en la zona comparándola con los registros históricos del Departamento de Agua Potable del GAD Municipal, obteniendo un consumo de 200 l/hab/día que de acuerdo al análisis realizado en el capítulo 5, coincide con dotaciones de otras zonas del mismo clima y región.

Las demandas para el sector se pudieron estimar de acuerdo con la dotación promedio obtenida, las áreas tributarias identificadas y el número de usuarios conectados a la red, lo que a futuro sirve para conocer el caudal de 20 l/s que demanda el sector para que el servicio brindado no sea intermitente e ineficaz.

La evaluación hidráulica de la red se desarrolló con éxito, mediante las presiones registradas en campo y analizadas estadísticamente, en comparación con las obtenidas de la modelización hidráulica, por consiguiente, en el estudio se pudo verificar las zonas críticas que carecen de la presión necesaria para el correcto funcionamiento de los aparatos sanitarios de las viviendas, específicamente las edifi-

caciones de la ciudadela Byron Serpa, por otra parte, presiones altas en las viviendas ubicadas en la vía a la Posta en dónde se debería tener un adecuado control para mejorar el servicio que se brinda.

6.2. Recomendaciones

Realizar una investigación posterior de pérdidas de agua en la red de abastecimiento, que permita determinar pérdidas, fugas y fallos en el sistema; en donde se puedan evaluar el estado los accesorios y componentes de la red como tanques, válvulas y medidores de agua potable.

Analizar las demandas de todos los sectores del cantón Cañar, para estimar el caudal necesario que debe ser repartido a los diferentes tanques de almacenamiento, según la demanda requerida por cada zona considerando la presencia de instituciones entre las que se pueden encontrar centros educativos, centros de atención médica, restaurantes.

Evaluar la calidad de agua transportada por las tuberías que presentan velocidades bajas, con el fin de garantizar un servicio de calidad a la ciudadanía, mediante ensayos basados en estándares nacionales e internacionales.

Evaluar la necesidad de implementar un tanque elevado para las zonas críticas que presentan problemas de presión baja como se explico en el capitulo anterior, mientras que, para la zonas con presiones altas, tanques rompe presiones, todo esto con un estudio adecuado que verifique su factibilidad y que se encuentre al alcance de la entidad encargada.

Realizar programas de monitoreo constantes, para conocer a tiempo las fallas existentes en las redes de distribución del cantón y así brindar una solución óptima en el tiempo adecuado.

Capítulo 7

Anexos

Tabla 7.2: Volumenes de medidores primera etapa

V#	DIA																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	M (m ³)	
1	2890	2890	2891	2892	2893	2894	2895	2896	2898	2899	2900	2901	2903	2904	2906	2907	2908	2910	2911	2912	2913	2915	2916	2917	2919	2919	2921	2923	
2	1621	1621	1621	1622	1623	1623	1623	1624	1624	1625	1626	1626	1627	1627	1627	1628	1628	1628	1629	1629	1629	1629	1629	1629	1629	1629	1629	1629	1629
3	2239	2239	2239	2239	2240	2241	2242	2242	2242	2242	2242	2243	2243	2243	2244	2244	2244	2244	2244	2244	2244	2244	2244	2244	2244	2244	2244	2244	2244
4	2516	2516	2517	2518	2518	2519	2519	2522	2522	2522	2522	2523	2524	2524	2525	2526	2527	2527	2527	2528	2529	2530	2531	2531	2532	2532	2533	2534	
5	3457	3460	3467	3471	3477	3481	3485	3493	3500	3505	3510	3511	3511	3515	3520	3528	3531	3542	3550	3555	3558	3560	3575	3578	3586	3588	3589	3595	
6	1008	1009	1011	1011	1012	1013	1013	1015	1016	1017	1018	1018	1019	1019	1020	1021	1021	1022	1023	1024	1024	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	
7	21	22	22	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
8	3712	3713	3714	3715	3717	3719	3721	3721	3723	3725	3726	3727	3728	3730	3732	3732	3733	3735	3736	3738	3740	3741	3743	3744	3745	3746	3749	3751	
9	1613	1613	1613	1614	1614	1614	1614	1614	1614	1614	1614	1614	1615	1615	1615	1616	1616	1617	1617	1618	1618	1619	1619	1619	1619	1620	1620	1621	
10	2318	2319	2321	2322	2323	2323	2324	2325	2328	2329	2330	2331	2331	2333	2333	2334	2334	2336	2337	2339	2339	2340	2340	2341	2342	2343	2344	2345	
11	1233	1234	1234	1234	1234	1235	1235	1236	1236	1237	1237	1237	1238	1238	1238	1239	1239	1239	1240	1240	1240	1240	1240	1241	1241	1242	1242	1242	
12	9380	9382	9390	9395	9400	9406	9413	9420	9427	9433	9444	9445	9451	9458	9464	9471	9477	9487	9495	9498	9503	9511	9520	9529	9537	9543	9551	9556	
13	1601	1601	1602	1602	1602	1602	1603	1604	1605	1606	1606	1607	1607	1608	1608	1609	1609	1610	1610	1610	1611	1612	1613	1613	1613	1614	1614	1615	
14	3472	3474	3476	3480	3481	3483	3486	3490	3491	3492	3495	3497	3502	3504	3505	3509	3511	3512	3516	3519	3520	3521	3524	3538	3543	3550	3559	3562	
15	2517	2519	2520	2520	2520	2522	2523	2524	2524	2524	2525	2525	2526	2527	2527	2528	2528	2529	2530	2530	2531	2531	2531	2532	2533	2533	2533	2533	
16	17204	17204	17205	17206	17207	17208	17210	17211	17212	17213	17217	17218	17220	17225	17227	17229	17230	17234	17235	17236	17237	17239	17240	17241	17242	17243	17250	17250	
17	2180	2180	2181	2182	2183	2185	2186	2188	2188	2189	2190	2191	2192	2192	2193	2194	2195	2195	2196	2197	2198	2198	2199	2199	2200	2202	2203	2203	
18	1319	1319	1320	1321	1322	1322	1323	1324	1326	1327	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1332	1333	1334	1335	1336	1336	1337	1337	1338	1339	1339	1339	
19	1560	1560	1561	1561	1563	1563	1564	1565	1566	1566	1567	1567	1568	1568	1569	1570	1571	1571	1572	1572	1573	1573	1573	1574	1574	1575	1575	1575	
20	2564	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2573	2573	2574	2575	2576	2576	2576	2578	2578	2579	2580	2580	2582	2582	2583	2584	2584	2585	2586	2587	2587	
21	1103	1103	1103	1103	1104	1104	1104	1105	1105	1107	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1108	1109	1109	1109	1110	1110	1110	1111	1111	1111	1111	
22	1102	1102	1102	1103	1103	1103	1104	1104	1105	1106	1106	1106	1107	1107	1107	1113	1113	1113	1114	1114	1114	1114	1114	1114	1114	1114	1114	1114	
23	2270	2271	2271	2273	2276	2276	2276	2276	2276	2277	2280	2282	2282	2282	2283	2286	2286	2286	2287	2287	2287	2288	2288	2289	2289	2289	2290	2290	
24	2422	2423	2423	2425	2426	2427	2427	2427	2427	2427	2428	2428	2429	2430	2432	2434	2435	2435	2436	2436	2437	2437	2437	2438	2438	2439	2439	2439	
25	3053	3055	3055	3057	3059	3060	3061	3061	3063	3064	3066	3067	3069	3069	3069	3070	3070	3070	3070	3071	3071	3071	3071	3071	3071	3071	3071	3072	
26	1448	1448	1448	1448	1449	1449	1449	1449	1449	1449	1449	1449	1449	1449	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1451	
27	3876	3879	3880	3882	3885	3888	3889	3893	3894	3895	3897	3898	3901	3902	3904	3906	3908	3909	3910	3911	3912	3916	3917	3918	3920	3921	3922	3923	
28	2219	2220	2220	2222	2222	2223	2224	2225	2225	2227	2228	2229	2230	2232	2233	2234	2235	2236	2236	2237	2238	2239	2239	2239	2240	2242	2242	2242	
29	3350	3350	3350	3350	3352	3353	3354	3355	3355	3357	3358	3360	3361	3362	3363	3364	3364	3364	3367	3368	3368	3370	3370	3371	3372	3373	3375	3376	
30	1811	1812	1812	1812	1812	1813	1814	1814	1815	1815	1815	1816	1816	1817	1818	1818	1818	1819	1819	1819	1821	1821	1821	1821	1821	1822	1822	1823	
31	2583	2584	2585	2585	2585	2586	2586	2587	2587	2587	2587	2587	2587	2587	2587	2588	2588	2588	2588	2588	2589	2589	2589	2589	2589	2589	2590	2590	
32	1670	1670	1670	1670	1670	1671	1671	1671	1671	1671	1671	1671	1671	1671	1671	1672	1672	1672	1672	1672	1673	1673	1673	1674	1674	1674	1674	1674	
33	1817	1817	1817	1817	1817	1818	1818	1818	1818	1818	1818	1818	1818	1818	1819	1819	1819	1819	1819	1820	1820	1820	1820	1820	1821	1821	1821	1821	
34	14903	14904	14907	14908	14909	14911	14913	14915	14916	14917	14918	14919	14919	14919	14921	14922	14924	14924	14926	14928	14930	14931	14933	14935	14937	14938	14940	14942	
35	97	97	97	97	97	97	99	99	99	100	100	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	102	
36	1238	1239	1240	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1245	1246	1247	1248	1249	1249	1249	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1251	1251	1252	
37	795	798	798	798	800	803	806	808	811	812	814	815	816	818	818	819	820	821	822	822	828	829	830	832	830	832	835	836	
38	119	121	121	122	122	122	123	125	126	127	127	127	128	128	128	129	130	131	131	131	131	131	132	133	137	138	139	140	

Tabla 7.3: Dotaciones primera etapa

D#	Vivienda	D (L/hab/día)
1	1	330.33
2	2	110.11
3	3	70.07
4	4	180.18
5	6	220.22
6	7	50.05
7	8	390.39
8	9	80.08
9	10	270.27
10	11	90.09
11	13	140.14
12	15	160.16
13	16	460.46
14	17	230.23
15	18	200.20
16	19	150.15
17	20	230.23
18	21	80.08
19	22	120.12
20	23	200.20
21	24	170.17
22	25	190.19
23	26	30.03
24	28	230.23
25	29	260.26
26	30	120.12
27	31	70.07
28	32	40.04
29	33	40.04
30	34	390.39
31	35	50.05
32	36	140.14
33	37	410.41
34	38	210.21
35	39	470.47

Tabla 7.4: Volúmenes de medidores segunda etapa

V#	DÍA																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	5801	5813	5829	5844	5855	5867	5879	5886	5896	5899	5912	5916	5923	5928	5948	5960	5968	5976	5984	5994	6000
2	13260	13261	13261	13263	13263	13263	13263	13263	13264	13264	13265	13265	13265	13265	13265	13265	13265	13265	13266	13267	13267
3	1837	1837	1838	1838	1839	1839	1839	1840	1841	1841	1842	1844	1845	1846	1846	1847	1848	1848	1849	1850	1850
4	3303	3304	3305	3305	3306	3307	3308	3308	3309	3309	3311	3312	3313	3314	3315	3316	3316	3317	3318	3319	3319
5	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
6	6564	6570	6576	6582	6596	6608	6614	6616	6625	6626	6637	6639	6643	6648	6651	6654	6659	6669	6675	6691	6695
7	2207	2207	2208	2209	2209	2210	2211	2211	2212	2212	2213	2214	2215	2216	2216	2217	2218	2218	2219	2220	2221
8	12457	12460	12461	12463	12464	12464	12466	12467	12468	12468	12469	12470	12470	12472	12472	12473	12474	12474	12475	12475	12475
9	6425	6426	6427	6427	6427	6428	6428	6428	6430	6430	6439	6440	6441	6442	6445	6447	6448	6449	6455	6455	6457
10	17258	17260	17261	17263	17264	17265	17266	17267	17273	17274	17278	17278	17279	17280	17281	17282	17283	17284	17285	17285	17286
11	6844	6847	6859	6866	6871	6898	6899	6901	6917	6917	6945	6951	6952	6955	6956	6958	6963	6970	6971	6985	6988
12	3121	3121	3121	3121	3121	3122	3122	3122	3124	3124	3124	3124	3124	3124	3124	3124	3124	3124	3124	3124	3128
13	4838	4838	4838	4838	4842	4842	4842	4842	4843	4843	4859	4860	4860	4860	4860	4860	4860	4860	4860	4860	4860
14	1345	1345	1346	1346	1348	1349	1349	1349	1351	1352	1352	1353	1353	1354	1355	1356	1357	1357	1358	1359	1359
15	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708	3708
16	2352	2356	2356	2357	2357	2358	2358	2359	2360	2360	2362	2362	2363	2364	2365	2365	2366	2367	2368	2370	2370
17	1582	1583	1583	1584	1585	1586	1586	1587	1588	1588	1588	1589	1590	1590	1590	1591	1591	1591	1594	1595	1596
18	5604	5604	5605	5606	5608	5609	5610	5610	5611	5612	5613	5615	5618	5618	5621	5621	5622	5623	5623	5626	5626
19	2309	2355	2356	2357	2357	2358	2358	2358	2361	2361	2362	2363	2363	2364	2364	2365	2365	2366	2366	2368	2368
20	1614	1619	1619	1620	1620	1621	1621	1621	1623	1623	1624	1625	1625	1626	1626	1627	1627	1628	1628	1629	1629
21	9611	9618	9625	9630	9636	9642	9647	9649	9655	9656	9662	9663	9666	9671	9676	9681	9683	9692	9698	9704	9704
22	5567	5567	5567	5567	5567	5579	5579	5579	5579	5579	5579	5579	5579	5579	5586	5586	5586	5592	5592	5592	5592
23	2537	2537	2539	2539	2540	2540	2541	2541	2542	2543	2543	2548	2549	2549	2550	2550	2550	2551	2552	2552	2552
24	4103	4105	4108	4110	4112	4118	4121	4122	4125	4127	4135	4139	4140	4146	4146	4148	4148	4153	4154	4161	4161
25	4133	4134	4135	4136	4139	4141	4142	4144	4145	4146	4147	4148	4150	4152	4153	4155	4158	4158	4159	4161	4162
26	1137	1137	1140	1140	1141	1141	1142	1142	1143	1144	1144	1145	1145	1145	1145	1145	1146	1146	1147	1147	1147
27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29
28	1042	1042	1043	1043	1043	1043	1043	1046	1047	1047	1048	1048	1049	1049	1049	1050	1050	1050	1051	1052	1052
29	3701	3719	3723	3725	3736	3740	3740	3740	3750	3753	3760	3799	3803	3803	3805	3813	3816	3822	3825	3828	3828
30	7706	7713	7717	7722	7730	7733	7736	7745	7761	7767	7776	7800	7820	7823	7826	7830	7832	7844	7849	7866	7883
31	12764	12764	12764	12734	12764	12764	12764	12765	12765	12765	12766	12766	12766	12766	12766	12766	12766	12766	12766	12766	12766
32	16731	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16732	16733	16733	16733	16733
33	7622	7624	7629	7632	7634	7637	7639	7643	7644	7646	7652	7655	7660	7664	7669	7672	7676	7681	7683	7690	7692
34	1722	1723	1724	1724	1725	1725	1725	1725	1725	1725	1725	1726	1727	1727	1728	1729	1729	1730	1730	1731	1731
35	679	679	679	679	679	680	680	680	680	680	680	680	680	680	681	681	681	681	681	681	681
36	6100	6104	6107	6114	6116	6119	6123	6124	6130	6130	6135	6137	6141	6143	6144	6146	6146	6152	6154	6156	6156
37	6383	6389	6393	6404	6413	6422	6425	6427	6433	6434	6444	6450	6458	6465	6476	6485	6493	6506	6510	6514	6518
38	7325	7328	7332	7341	7349	7353	7355	7365	7366	7369	7371	7382	7391	7402	7408	7409	7415	7421	7423	7424	7424
39	3623	3628	3635	3641	3647	3652	3656	3670	3687	3687	3696	3702	3702	3702	3708	3712	3714	3721	3727	3733	3733
40	1036	1036	1037	1037	1037	1038	1038	1039	1040	1040	1041	1042	1042	1043	1043	1044	1044	1045	1046	1047	1047
41	5772	5774	5774	5775	5776	5776	5776	5776	5781	5783	5784	5784	5784	5784	5784	5784	5787	5791	5804	5806	5806
42	1708	1708	1709	1709	1709	1718	1727	1732	1733	1733	1734	1734	1734	1734	1734	1735	1735	1736	1737	1737	1737
43	1939	1940	1940	1941	1946	1946	1947	1947	1949	1950	1953	1955	1956	1957	1957	1959	1962	1967	1970	1970	1970
44	2935	2936	2938	2939	2940	2941	2942	2943	2945	2946	2947	2947	2948	2950	2951	2952	2953	2955	2955	2958	2959
45	1899	1900	1900	1901	1901	1901	1902	1902	1903	1903	1904	1904	1905	1905	1905	1906	1907	1907	1908	1909	1909
46	3746	3748	3749	3749	3751	3752	3754	3755	3757	3759	3760	3761	3764	3765	3767	3768	3769	3770	3775	3776	3776
47	1638	1638	1638	1639	1640	1640	1640	1641	1642	1642	1643	1643	1644	1644	1645	1645	1646	1647	1647	1648	1648
48	1419	1419	1420	1420	1421	1422	1422	1424	1424	1424	1426	1426	1427	1428	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1433
49	1807	1808	1808	1808	1809	1809	1809	1810	1810	1810	1811	1811	1812	1812	1813	1814	1814	1815	1815	1816	1816
50	2247	2248	2248	2248	2248	2248	2248	2249	2249	2249	2251	2251	2251	2252	2252	2252	2252	2252	2252	2253	2253
51	8761	8763	8763	8764	8765	8766	8766	8766	8766	8766	8770	8770	8770	8771	8773	8775	8776	8779	8780	8782	8783
52	1186	1186	1187	1187	1188	1188	1188	1188	1189	1189	1189	1189	1189	1189	1190	1190	1191	1192	1192	1192	1193
53	7890	7891	7892	7901	7907	7908	7908	7909	7910	7910	7911	7919	7919	7919	7922	7932	7935	7945	7953	7956	7956
54	3509	3511	3512	3512	3513	3515	3515	3516	3517	3518	3520	3522	3523	3524	3524	3525	3525	3526	3530	3531	3531
55	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2543	2544	2545	2546	2546	2548	2548	2549	2550	2551	2551	2552	2552	2554	2554
56	2348	2350	2351	2351	2352	2353	2353	2353	2353	2353	2354	2354	2355	2355	2355	2355	2355	2355	2356	2356	2357
57	2235	2235	2236	2236	2236	2236	2237	2237	2239	2239	2240	2240	2240	2241	2241	2241	2242	2242	2242	2244	2244
58	1579	1580	1580	1581	1581	1582	1583	1583	1584	1584	1585	1585	1585	1585	1586	1586	1586	1586	1586	1586	1586
59	27696	27706	27713	27718	27726	27732	27737	27740	27747	27749	27755	27759	27764	27791	27794	27800	27814	27818	27824	27827	27827
60	1377	1378	1378	13																	

Tabla 7.5: Dotaciones segunda etapa

D #	Vivienda	D (L/hab/dia)
1	1	497.50
2	2	94.59
3	3	175.68
4	4	216.22
5	7	189.19
6	8	243.24
7	9	432.43
8	10	378.38
9	12	40.54
10	13	297.30
11	14	189.19
12	16	243.24
13	17	189.19
14	18	297.30
15	19	175.68
16	20	202.70
17	22	337.84
18	23	202.70
19	24	783.78
20	25	391.89
21	26	135.14
22	27	27.03
23	28	135.14
24	31	27.03
25	32	27.03
26	34	121.62
27	35	27.03
28	36	756.76
29	40	148.65
30	41	85.00
31	42	391.89
32	43	418.92
33	44	324.32
34	45	135.14
35	46	405.41
36	47	135.14
37	48	189.19
38	49	121.62
39	50	81.08
40	51	297.30
41	52	94.59
42	53	132.00
43	54	297.30
44	55	216.22
45	56	121.62
46	57	121.62
47	58	94.59
48	60	135.14
49	61	418.92
50	62	94.59
51	63	162.16
52	64	121.62
53	65	135.14
54	66	202.70
55	67	391.89
56	68	594.59
57	69	216.22

Tabla 7.6: Presiones registradas 7:00 am

FECHA	DÍA						
	1	2	3	4	5	6	7
V#	M (m3)	M (m3)	M (m3)	M (m3)	M (m3)	M (m3)	M (m3)
1	28	30	34	32	28	24	66
2	26	24	25	28	26	25	66
3	31	25	34	32	17	25	69
4	30	34	38	32	37	32	70
5	17	18	18	18	17	15	55
6	18	20	20	25	18	28	58
7	24	23	25	25	24	23	56
8	41	44	43	44	42	46	63
9	50	50	50	50	53	50	44
10	59	63	61	53	57	63	46
11	54	51	62	51	51	66	25
12	58	56	55	49	54	56	50
13	47	68	61	49	59	59	18
14	49	61	59	58	55	58	23
15	13	56	48	51	53	55	15
16	64	56	68	56	60	69	25
17	50	49	63	49	51	66	24
18	70	68	66	58	66	70	32
19	23	26	24	26	24	18	59
20	53	54	56	54	56	53	49
21	43	46	46	43	46	43	45
22	43	56	57	42	56	44	50
23	48	46	46	46	46	49	46
24	56	56	54	56	56	57	44
25	44	43	44	46	44	46	49
26	16	16	17	14	18	18	15
27	56	57	56	57	56	60	55
28	47	48	48	48	49	50	50
29	51	49	49	50	50	51	51
30	28	29	29	28	28	29	29
31	69	68	67	65	64	66	68
32	77	75	76	77	78	72	71
33	64	64	64	63	66	64	64
34	63	63	63	63	64	63	63
35	18	18	15	16	16	16	15
36	44	48	44	40	40	41	42
37	67	67	67	68	47	48	48
38	58	58	56	56	50	57	56

Tabla 7.8: Presiones registradas 7:00 pm

FECHA	DÍA						
	1	2	3	4	5	6	7
V#	M (m3)	M (m3)	M (m3)	M (m3)	M (m3)	M (m3)	M (m3)
1	32	36	37	24	31	31	24
2	38	36	37	39	40	42	35
3	31	24	38	32	25	27	34
4	30	46	44	39	41	39	42
5	17	21	24	18	17	20	18
6	18	26	25	19	21	22	20
7	33	31	32	24	24	24	28
8	41	46	48	44	55	55	47
9	50	50	53	51	53	50	50
10	59	71	76	69	64	59	55
11	54	64	66	65	65	73	69
12	43	45	65	63	59	65	65
13	47	69	70	66	66	72	70
14	49	45	63	68	64	61	59
15	13	45	68	52	61	50	53
16	64	75	70	76	73	75	77
17	50	68	66	68	60	60	60
18	75	76	77	76	63	77	79
19	23	26	30	25	32	25	25
20	53	54	53	54	56	54	53
21	43	57	56	56	56	46	43
22	43	51	57	51	51	56	43
23	59	56	53	57	56	46	56
24	56	55	58	56	55	56	56
25	44	46	44	44	46	43	44
26	16	16	17	16	15	15	18
27	56	56	56	55	55	60	56
28	47	49	48	50	48	50	49
29	51	49	49	48	48	50	50
30	28	28	29	27	28	28	29
31	70	70	72	69	68	72	70
32	74	79	76	76	72	74	72
33	64	64	64	64	64	64	64
34	63	63	63	64	63	63	63
35	18	15	15	15	15	15	14
36	42	41	42	40	41	41	42
37	67	67	67	46	46	49	48
38	58	55	56	55	56	56	56

Tabla 7.9: *Presiones promedio en Viviendas*

Vivienda	Promedio
1	29.05
2	29.74
3	29.14
4	38.09
5	16.59
6	19.26
7	23.02
8	45.89
9	49.98
10	64.01
11	62.71
12	57.70
13	62.47
14	55.54
15	55.43
16	68.94
17	61.77
18	70.05
19	24.09
20	53.55
21	52.37
22	52.46
23	53.51
24	53.38
25	45.19
26	16.77
27	54.42
28	47.53
29	47.87
30	27.48
31	65.57
32	76.92
33	64.68
34	63.54
35	16.06
36	39.83
37	47.21
38	54.44

Tabla 7.10: Caudales red de distribución Nاريو 2

Nodo	Área (Ha)	D (Hab/Ha)	Población	D (L/hab/d)	Q med (L/s) por Instituciones	Q med (L/s)	Q.M.D (L/s)	Q.M.H (L/s)
1	1.45	17	25	200		0.06	0.08	0.12
2	1.82	17	31	200		0.07	0.09	0.14
3	1.78	17	31	200		0.07	0.09	0.14
4	1.59	17	27	200		0.06	0.08	0.13
5	0.56	17	10	200		0.02	0.03	0.05
6	0.81	17	14	200		0.03	0.04	0.06
7	0.47	17	9	200		0.02	0.03	0.04
8	0.45	17	8	200		0.02	0.02	0.04
9	0.49	17	9	200		0.02	0.03	0.04
10	0.56	17	10	200		0.02	0.03	0.05
11	0.31	17	6	200		0.01	0.02	0.03
12	0.49	17	9	200		0.02	0.03	0.04
13	1.49	17	26	200	0.69	0.75	0.98	1.51
14	2.22	17	38	200		0.09	0.11	0.18
15	2.74	17	47	200		0.11	0.14	0.22
16	0.66	17	12	200		0.03	0.04	0.06
17	0.61	17	11	200		0.03	0.03	0.05
18	0.00	17	0	200		0.00	0.00	0.00
19	4.74	17	81	200	0.59	0.78	1.02	1.56
20	6.05	17	103	200		0.24	0.31	0.48
21	2.70	17	46	200		0.11	0.14	0.21
22	3.00	17	51	200		0.12	0.15	0.24
23	2.70	17	46	200		0.11	0.14	0.21
24	3.99	17	68	200		0.16	0.20	0.31
25	5.75	17	98	200		0.23	0.29	0.45
26	0.53	17	10	200		0.02	0.03	0.05
27	1.91	17	33	200		0.08	0.10	0.15
28	0.91	17	16	200		0.04	0.05	0.07
29	1.27	17	22	200		0.05	0.07	0.10
30	1.54	17	27	200		0.06	0.08	0.13
31	4.23	17	72	200	0.29	0.46	0.59	0.91
32	1.74	17	30	200		0.07	0.09	0.14
33	0.82	17	14	200		0.03	0.04	0.06
34	2.01	17	35	200		0.08	0.11	0.16
35	0.82	17	14	200		0.03	0.04	0.06
36	2.01	17	35	200		0.08	0.11	0.16
37	1.44	17	25	200		0.06	0.08	0.12
38	3.50	17	60	200		0.14	0.18	0.28
39	4.63	17	79	200		0.18	0.24	0.37
40	4.33	17	74	200		0.17	0.22	0.34
41	4.33	17	74	200		0.17	0.22	0.34
42	4.33	17	74	200		0.17	0.22	0.34
43	3.79	17	65	200		0.15	0.20	0.30
44	2.65	17	46	200		0.11	0.14	0.21
45	2.78	17	48	200		0.11	0.14	0.22
46	1.53	17	26	200		0.06	0.08	0.12
47	1.10	17	19	200		0.04	0.06	0.09
48	1.25	17	22	200		0.05	0.07	0.10
49	1.25	17	22	200		0.05	0.07	0.10
50	1.58	17	27	200		0.06	0.08	0.13
51	0.76	17	13	200		0.03	0.04	0.06
52	1.46	17	25	200		0.06	0.08	0.12

Tabla 7.11: Caudales red de distribución Nاريو 2

Nodo	Área (Ha)	D (Hab/Ha)	Población	D (L/hab/d)	Q med (L/s) por Instituciones	Q med (L/s)	Q.M.D (L/s)	Q.M.H (L/s)
53	2.62	17	45	200		0.10	0.14	0.21
54	0.88	17	15	200		0.03	0.05	0.07
55	0.64	17	11	200		0.03	0.03	0.05
56	1.01	17	18	200		0.04	0.05	0.08
57	0.09	17	2	200		0.00	0.01	0.01
58	0.09	17	2	200		0.00	0.01	0.01
59	0.09	17	2	200		0.00	0.01	0.01
60	0.62	17	11	200		0.03	0.03	0.05
61	5.29	17	90	200		0.21	0.27	0.42
62	5.51	17	94	200		0.22	0.28	0.44
63	4.42	17	76	200		0.18	0.23	0.35
64	5.96	17	102	200		0.24	0.31	0.47
65	5.98	17	102	200		0.24	0.31	0.47
66	3.94	17	67	200		0.16	0.20	0.31
67	3.76	17	64	200		0.15	0.19	0.30
68	2.03	17	35	200		0.08	0.11	0.16
69	1.54	17	27	200		0.06	0.08	0.13
70	1.27	17	22	200		0.05	0.07	0.10
71	3.44	17	59	200		0.14	0.18	0.27
72	1.22	17	21	200		0.05	0.06	0.10
73	1.22	17	21	200		0.05	0.06	0.10
74	0.49	17	9	200		0.02	0.03	0.04
75	9.62	17	164	200		0.38	0.49	0.76
76	1.41	17	24	200		0.06	0.07	0.11
77	3.34	17	57	200	0.29	0.42	0.55	0.84
78	1.45	17	25	200		0.06	0.08	0.12
79	1.45	17	25	200		0.06	0.08	0.12
80	1.45	17	25	200		0.06	0.08	0.12
81	1.41	17	24	200		0.06	0.07	0.11
82	11.03	17	188	200		0.44	0.57	0.87
83	0.73	17	13	200		0.03	0.04	0.06
84	0.73	17	13	200		0.03	0.04	0.06
85	0.73	17	13	200		0.03	0.04	0.06
86	1.22	17	21	200		0.05	0.06	0.10
87	0.71	17	13	200		0.03	0.04	0.06
88	0.71	17	13	200		0.03	0.04	0.06
89	0.71	17	13	200		0.03	0.04	0.06
90	0.71	17	13	200		0.03	0.04	0.06
91	0.71	17	13	200		0.03	0.04	0.06
92	0.71	17	13	200		0.03	0.04	0.06
93	2.68	17	46	200		0.11	0.14	0.21
94	0.31	17	6	200		0.01	0.02	0.03
95	0.31	17	6	200		0.01	0.02	0.03
96	0.43	17	8	200		0.02	0.02	0.04
97	0.30	17	6	200		0.01	0.02	0.03
98	0.30	17	6	200		0.01	0.02	0.03
99	1.13	17	20	200		0.05	0.06	0.09
100	1.62	17	28	200		0.06	0.08	0.13
101	0.49	17	9	200		0.02	0.03	0.04
102	0.36	17	7	200		0.02	0.02	0.03
103	0.40	17	7	200		0.02	0.02	0.03
104	5.15	17	88	200		0.20	0.26	0.41

Tabla 7.12: Resultados tuberías EPANET parte 1

Link ID	Lenght	Diameter	Roughness	Flow	Velocity
	m	mm		LPS	m/s
Pipe P-2	266.07	147.6	140	20.4	1.19
Pipe P-3	38.45	147.6	140	17.44	1.02
Pipe P-4	15.33	58.2	140	4.84	1.82
Pipe P-5	83.72	58.2	140	4.79	1.8
Pipe P-6	68.49	101.6	140	6.25	0.77
Pipe P-7	88.83	101.6	140	5.8	0.71
Pipe P-8	14.96	101.6	140	5.73	0.71
Pipe P-9	60.08	101.6	140	0.06	0.01
Pipe P-10	13.13	101.6	140	0.09	0.01
Pipe P-11	55.97	101.6	140	0.06	0.01
Pipe P-12	101.55	101.6	140	-0.99	0.12
Pipe P-13	69.98	101.6	140	-1.07	0.13
Pipe P-14	152.19	58.2	140	-1.76	0.66
Pipe P-15	60.55	58.2	140	1.86	0.7
Pipe P-16	91.43	58.2	140	0.51	0.19
Pipe P-17	97.35	58.2	140	-0.93	0.35
Pipe P-20	196.28	147.6	140	12.47	0.73
Pipe P-21	91.65	58.2	140	4.44	1.67
Pipe P-22	259.48	147.6	140	6.47	0.38
Pipe P-23	203.34	101.6	140	5.99	0.74
Pipe P-24	353.53	101.6	140	5.78	0.71
Pipe P-25	63.40	101.6	140	5.54	0.68
Pipe P-26	464.41	101.6	140	5.33	0.66
Pipe P-28	218.18	101.6	140	0.56	0.07
Pipe P-29	69.98	101.6	140	1.07	0.13
Pipe P-30	101.50	101.6	140	0.99	0.12
Pipe P-31	146.94	101.6	140	5.63	0.69
Pipe P-32	74.15	101.6	140	5.78	0.71
Pipe P-33	44.56	58.2	140	0.39	0.15
Pipe P-34	41.80	58.2	140	1.6	0.6
Pipe P-35	65.19	58.2	140	-1.86	0.7
Pipe P-36	74.51	58.2	140	-1.99	0.75
Pipe P-37	461.60	101.6	140	5.23	0.65
Pipe P-39	67.09	58.2	140	1.9	0.71
Pipe P-40	97.97	58.2	140	1.84	0.69
Pipe P-41	58.82	58.2	140	1.67	0.63
Pipe P-42	43.38	58.2	140	1.61	0.6
Pipe P-43	89.90	58.2	140	1.45	0.54
Pipe P-44	103.64	58.2	140	1.28	0.48
Pipe P-45	68.10	58.2	140	1.69	0.64
Pipe P-46	134.38	58.2	140	1.03	0.39
Pipe P-47	126.93	58.2	140	0.69	0.26
Pipe P-48	264.47	58.2	140	0.34	0.13
Pipe P-49	116.97	58.2	140	0.3	0.11
Pipe P-50	102.23	58.2	140	-0.69	0.26
Pipe P-51	119.03	58.2	140	-0.91	0.34
Pipe P-52	80.82	58.2	140	0.21	0.08
Pipe P-53	220.41	58.2	140	0.09	0.03
Pipe P-54	118.89	58.2	140	-1.34	0.5
Pipe P-55	112.23	58.2	140	-1.44	0.54
Pipe P-56	74.55	58.2	140	-1.54	0.58
Pipe P-57	140.13	58.2	140	0.06	0.02
Pipe P-58	104.28	58.2	140	-1.72	0.65
Pipe P-59	103.39	58.2	140	-1.84	0.69
Pipe P-60	92.25	58.2	140	0.12	0.05
Pipe P-61	129.38	58.2	140	0.05	0.02
Pipe P-62	299.63	58.2	140	-2.17	0.82
Pipe P-38(1)	29.30	58.2	140	2.15	0.81
Pipe P-38(2)	363.48	58.2	140	2.04	0.77
Pipe P-63	39.42	58.2	140	0.03	0.01
Pipe P-64	39.19	58.2	140	0.01	0.003

Tabla 7.13: Resultados tuberías EPANET parte 2

Link ID	Lenght	Diameter	Roughness	Flow	Velocity
	m	mm		LPS	m/s
Pipe P-65	44.30	58.2	140	0.01	0.003
Pipe P-66	76.56	58.2	140	0.05	0.02
Pipe P-68	570.56	58.2	140	1.09	0.41
Pipe P-69	147.84	58.2	140	0.36	0.14
Pipe P-70	93.70	58.2	140	0.3	0.11
Pipe P-71	447.62	58.2	140	0.77	0.29
Pipe P-72	273.94	58.2	140	1.24	0.47
Pipe P-73	184.10	58.2	140	0.31	0.12
Pipe P-74	87.65	58.2	140	0.3	0.11
Pipe P-75	54.91	58.2	140	0.23	0.09
Pipe P-76	35.72	58.2	140	0.1	0.04
Pipe P-77	14.15	58.2	140	2.75	1.04
Pipe P-27(1)	58.30	101.6	140	1.74	0.21
Pipe P-27(2)	509.69	101.6	140	0.82	0.1
Pipe P-79	232.26	58.2	140	0.65	0.24
Pipe P-81	14.98	58.2	140	3.08	1.16
Pipe P-82(1)(1)	176.72	58.2	140	3.04	1.14
Pipe P-82(1)(2)	82.76	58.2	140	1.85	0.7
Pipe P-83	30.19	58.2	140	0.35	0.13
Pipe P-84	37.95	58.2	140	0.23	0.09
Pipe P-85	137.20	58.2	140	0.12	0.04
Pipe P-82(2)(1)	93.39	58.2	140	1.74	0.65
Pipe P-82(2)(2)(1)	86.64	58.2	140	1.63	0.61
Pipe P-82(2)(2)(2)	560.70	58.2	140	0.76	0.29
Pipe P-86	37.52	58.2	140	0.54	0.2
Pipe P-87	88.54	58.2	140	0.48	0.18
Pipe P-88	114.15	58.2	140	0.06	0.02
Pipe P-80(1)	46.71	58.2	140	0.55	0.21
Pipe P-80(2)	12.72	58.2	140	3.72	1.4
Pipe P-89	217.55	101.6	140	3.27	0.4
Pipe P-91	75.72	58.2	140	0.12	0.05
Pipe P-92	368.59	58.2	140	0.06	0.02
Pipe P-90(1)	27.84	58.2	140	0.36	0.14
Pipe P-90(2)	26.13	58.2	140	0.18	0.07
Pipe P-93	79.92	58.2	140	0.12	0.05
Pipe P-94	66.32	58.2	140	0.06	0.02
Pipe P-67(1)	133.21	58.2	140	3.36	1.26
Pipe P-67(2)	116.32	58.2	140	3.14	1.18
Pipe P-95	26.29	58.2	140	1.39	0.52
Pipe P-96	47.44	58.2	140	0.83	0.31
Pipe P-97	79.23	58.2	140	0.08	0.03
Pipe P-98	67.74	58.2	140	-1.29	0.49
Pipe P-99	81.37	58.2	140	1.33	0.5
Pipe P-100	36.91	58.2	140	0.72	0.27
Pipe P-101	53.89	58.2	140	1.58	0.59
Pipe P-102	48.25	58.2	140	-0.89	0.33
Pipe P-103	45.93	58.2	140	-0.54	0.2
Pipe P-104	81.40	58.2	140	-0.37	0.14
Pipe P1	2.00	147.6	140	20.52	1.2
Pipe P2	132.56	58.1	140	2.82	1.06
Pipe P3	65.00	58.1	140	2.55	0.96
Pipe P4	114.00	58.1	140	2.46	0.93
Pipe P5	121.90	58.1	140	-0.13	0.05
Pipe P6	56.00	58.1	140	0.04	0.02
Pipe P7	83.70	58.1	140	0.03	0.01
Pipe P8	44.40	58.1	140	-0.19	0.07
Pipe P9	110.40	58.1	140	1.5	0.57
Pipe P10	86.00	58.1	140	1.28	0.48
Pipe P11	1000.00	58.2	140	0.6	0.22
Pipe P12	1000.00	58.2	140	0.19	0.07

Tabla 7.14: Resultados nodos EPANET parte 1

NODE ID	Head	Pressure
	m	m
Junc J-1	3139,17	10,58
Junc J-3	3136,69	34,35
Junc J-4	3136,42	35,72
Junc J-5	3135,49	36,27
Junc J-6	3130,52	37,89
Junc J-7	3130,08	42,13
Junc J-8	3129,58	55,18
Junc J-9	3129,5	54,48
Junc J-10	3129,5	38,2
Junc J-11	3129,5	37,62
Junc J-12	3129,5	35,42
Junc J-13	3129,52	42,43
Junc J-14	3129,53	42,41
Junc J-15	3130,95	24,83
Junc J-16	3130,33	30,15
Junc J-17	3130,24	42,95
Junc J-19	3135,68	33,83
Junc J-20	3135,39	32,79
Junc J-21	3134,18	33,8
Junc J-22	3132,21	35,04
Junc J-23	3131,89	42,03
Junc J-24	3129,66	70,92
Junc J-25	3129,55	62,39
Junc J-26	3128,72	52,5
Junc J-27	3128,3	55,62
Junc J-28	3128,28	46,15
Junc J-29	3127,95	42,1
Junc J-30	3128,63	38,56
Junc J-31	3126,17	75,7
Junc J-32	3121,33	92,12
Junc J-33	3120,62	93,76
Junc J-34	3119,63	94,84
Junc J-35	3119,13	94,77
Junc J-36	3118,79	96,6
Junc J-37	3118,21	103,43
Junc J-38	3117,68	111,28
Junc J-39	3117,09	100,18
Junc J-40	3116,63	97,48
Junc J-41	3116,42	114,1
Junc J-42	3116,3	117,45
Junc J-43	3117,05	100
Junc J-44	3117,85	112
Junc J-45	3118,17	100,15
Junc J-46	3118,15	95,64
Junc J-47	3118,15	110,48
Junc J-48	3118,83	114,26
Junc J-49	3119,55	105,49
Junc J-50	3120,09	100,1
Junc J-51	3120,09	101,77
Junc J-52	3121,02	90,37
Junc J-53	3122,07	89,94
Junc J-54	3122,06	103,07

Tabla 7.15: Resultados nodos EPANET parte 2

NODE ID	Head	Pressure
	m	m
Junc J-55	3122,06	94,29
Junc J-56	3125,77	78,81
Junc J-57	3125,77	75,99
Junc J-58	3125,77	73,99
Junc J-59	3125,77	78,99
Junc J-60	3118,21	100,01
Junc J-61	3120,4	40,83
Junc J-62	3118,2	85,73
Junc J-63	3118,12	91,23
Junc J-64	3118,16	91,54
Junc J-65	3119,06	66,75
Junc J-66	3118,05	99,59
Junc J-67	3118,17	96,42
Junc J-68	3120,7	40,66
Junc J-69	3120,69	37,31
Junc J-70	3120,68	39,83
Junc J-71	3129,63	70,44
Junc J-72	3129,29	83,82
Junc J-73	3128,77	86,85
Junc J-74	3128,37	89,66
Junc J-75	3120,36	100,45
Junc J-76	3123,01	93,44
Junc J-77	3123,85	87,52
Junc J-78	3123,84	88,17
Junc J-79	3123,83	86,54
Junc J-80	3123,82	74,33
Junc J-81	3122,15	99,33
Junc J-82	3121,46	104,07
Junc J-83	3128,73	87,91
Junc J-84	3128,65	78,11
Junc J-85	3128,65	70,72
Junc J-86	3129,24	85,33
Junc J-87	3128,64	74,07
Junc J-88	3128,63	67,95
Junc J-89	3128,62	56,64
Junc J-90	3128,64	76,51
Junc J-91	3128,63	79,7
Junc J-92	3128,63	83,93
Junc J-93	3123,86	44,67
Junc J-94	3130,08	43,47
Junc J-95	3129,97	40,68
Junc J-96	3129,97	35,6
Junc J-97	3129,91	41,6
Junc J-98	3130,03	39,95
Junc J2	3133,71	31,84
Junc J99	3132,5	30,69
Junc J100	3133,7	29,76
Junc J101	3130,07	42,24
Junc J102	3129,58	55,19
Junc J103	3128,72	50,64
Junc J18	3129,7	51,45

Tabla 7.16: *Registros GAD Municipal.*

SECTOR	CAUDAL M3/MES	# DE MEDIDORES	QMH
PUCUHUAYCO	15646	1058	22,042
QUILLIGANES	26463	1517	31,604
NARRIO CHICO	14548	914	19,042
NARRIO GRANDE	18477	1021	21,271
TOTAL CAUDAL	75134	4510	93,958

Bibliografía

- [1] Comisión Nacional del Agua. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*. Primera Edición. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, 2007.
- [2] Secretaria Nacional del Agua. *Normas para estudio y diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas residuales, para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. 2016. URL: http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf.
- [3] Evio Alegret Breña y Yaset Martínez Valdés. «Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa». En: *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* 3 (2019).
- [4] Antonio Manuel Rico Amorós. «Tipologías de consumo de agua en abastecimientos urbano-turisticos de la Comunidad Valenciana». En: *Investigaciones Geográficas* 42 (abr. de 2007), pág. 5. DOI: 10.14198/ingeo2007.42.01. URL: <https://doi.org/10.14198/ingeo2007.42.01>.
- [5] Alfonso Arellano y col. «Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150 000 habitantes». En: *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA* 1.1 (jun. de 2018), págs. 23-32. DOI: 10.37135/unach.ns.001.01.03. URL: <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.03>.
- [6] Simon Arocha Ravelo. *Abastecimientos de Agua*. Segunda Edición. Universidad Central de Venezuela, 1979.

- [7] Mukand S. Babel, Md. S. Islam y A. Das Gupta. «Leakage management in a low-pressure water distribution network of Bangkok». En: *Water Supply* 9.2 (jun. de 2009), págs. 141-147. DOI: 10.2166/ws.2009.088. URL: <https://doi.org/10.2166/ws.2009.088>.
- [8] Neal Andrew Barton y col. «Improving pipe failure predictions: Factors affecting pipe failure in drinking water networks». En: *Water Research* 164 (nov. de 2019), pág. 114926. DOI: 10.1016/j.watres.2019.114926. URL: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114926>.
- [9] Adriana Lorena Beltrán Niño y Jamer Johan Abril Galindo. «Análisis de la demanda y la red de distribución de agua en el municipio de Aracataca, Colombia». Tesis doct. Universidad Católica de Colombia, 2014.
- [10] GAD Intercultural del Cantón Cañar. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cañar*. Cañar, 2018.
- [11] Nomra Ecuatoriana de la Cconstrucción. *Norma Hidrosanitaria NHE Agua*. 2016. URL: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-16-norma-hidrosanitaria-nhe-agua-021412.pdf>.
- [12] Ronmer Leonel Cumbal Sánchez. «Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la Parroquia de Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo.» Tesis doct. Universidad Internacional del Ecuador, 2013.
- [13] Abdeslam Ait Elmaki, Mohamed Karim Benhachmi y Jamal Alibou. «Diagnostic approach of the drinking water network based on a hydraulic simulation model: Case study of the pressure stage 85 of the Greater Casablanca (Morocco)». En: *AMT2020: THE 6TH INTERNATIONAL CONGRESS ON THERMAL SCIENCES*. AIP Publishing, 2021. DOI: 10.1063/5.0049562. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0049562>.
- [14] Janine Garcia y col. «Identifying the Drivers of Water Consumption in Single-Family Households in Joinville, Southern Brazil». En: *Water* 11.10 (sep. de 2019), pág. 1990. DOI: 10.3390/w11101990. URL: <https://doi.org/10.3390/w11101990>.

- [15] John Gibson, Bryan Karney y Yiping Guo. «Effects of Relaxed Minimum Pipe Diameters on Fire Flow, Cost, and Water Quality Indicators in Drinking Water Distribution Networks». En: *Journal of Water Resources Planning and Management* 146.8 (ago. de 2020), pág. 04020059. DOI: 10.1061/(asce)wr.1943-5452.0001251. URL: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0001251](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0001251).
- [16] A.R. Keshavarzi y col. «Rural domestic water consumption behavior: A case study in Ramjerd area, Fars province, I.R. Iran». En: *Water Research* 40.6 (mar. de 2006), págs. 1173-1178. DOI: 10.1016/j.watres.2006.01.021. URL: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.01.021>.
- [17] Ellen J. Lee y Kellogg J. Schwab. «Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries». En: *Journal of Water and Health* 3.2 (jun. de 2005), págs. 109-127. DOI: 10.2166/wh.2005.0012. URL: <https://doi.org/10.2166/wh.2005.0012>.
- [18] Rossman Lewis. *EPANET 2 Manual de Usuario*. Primera Edición. United States Environmental Protection Agency, 2012.
- [19] Ricardo Alfredo López Cualla. *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Segunda Edición. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003.
- [20] Fernando Andrés Martínez Ulloa y Chester Efrén Peralta Pérez. «Análisis y Elaboración del Mapa de Presiones de la Red de Distribución de Agua Potable de la Ciudad de Cuenca». Tesis doct. Universidad del Azuay, 2020.
- [21] Construcción y Saneamiento Ministerio de Vivienda. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. 2006. URL: https://ww3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf.
- [22] Bruce E. Newling. «The Spatial Variation of Urban Population Densities». En: *Geographical Review* 59.2 (abr. de 1969), pág. 242. DOI: 10.2307/213456. URL: <https://doi.org/10.2307/213456>.
- [23] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. *Código Colombiano de Fontanería*. 2004. URL: https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/mantenimiento1/NTC/%201500.pdf.

- [24] Jessica Mariela Ortiz y col. «Consumo sustentable de agua en viviendas de la ciudad de Cuenca». En: *Ingenius* 20 (jun. de 2018), págs. 28-38. DOI: 10.17163/ings.n20.2018.03. URL: <https://doi.org/10.17163/ings.n20.2018.03>.
- [25] S. Parra y S. Krause. «Pressure management by combining pressure reducing valves and pumps as turbines for water loss reduction and energy recovery». En: *International Journal of Sustainable Development and Planning* 12.01 (ene. de 2017), págs. 89-97. DOI: 10.2495/sdp-v12-n1-89-97. URL: <https://doi.org/10.2495/sdp-v12-n1-89-97>.
- [26] Pedro Rodríguez Ruiz. *Abastecimiento de Agua*. Primera Edición. Instituto Tecnológico de Oaxaca, 2001.
- [27] Jairo Alberto Romero Rojas. *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño*. Tercera Edición. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005.
- [28] Juan Saldarriaga. *Hidráulica de Tuberías*. Primera Edición. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2001.
- [29] Velitchko Tzatchkov y Víctor Alcocer-Yamanaka. *Modelación de la variación del Consumo de Agua Potable con Métodos Estocásticos*. Vol 7. Tecnología y Ciencias del Agua, 2016.
- [30] J. H. G. Vreeburg y col. «Velocity-based self-cleaning residential drinking water distribution systems». En: *Water Supply* 9.6 (dic. de 2009), págs. 635-641. DOI: 10.2166/ws.2009.689. URL: <https://doi.org/10.2166/ws.2009.689>.
- [31] Jessica Wedgworth y col. «Associations between Perceptions of Drinking Water Service Delivery and Measured Drinking Water Quality in Rural Alabama». En: *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11.7 (jul. de 2014), págs. 7376-7392. DOI: 10.3390/ijerph110707376. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph110707376>.
- [32] Changshan Wu y Alan T. Murray. «A cokriging method for estimating population density in urban areas». En: *Computers, Environment and Urban Systems* 29.5 (sep. de 2005), págs. 558-579. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2005.01.006. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2005.01.006>.

- [33] Yue Xu y Xiao-yu Zhang. «Research on pressure optimization effect of high level water tank by drinking water network hydraulic model». En: *Procedia Engineering* 31 (2012), págs. 958-966. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.01.1127. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.1127>.
- [34] Javier Gustavo Yambombo Guanutaxi. «Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Ensayos de Pérdidas de Carga en Tuberías y Accesorios». Tesis doct. Universidad Central del Ecuador, 2012.
- [35] Diego Zhindón. *Plan Maestro de Agua Potable de la Ciudad de Cañar*. Cañar: Ilustre Municipalidad del Cantón Cañar, 2011.

Abstract

MOLINA ANDRADE MARIA DEL CARMEN

This research focuses on the hydraulic evaluation of the Narrio 2 potable water distribution network in Cañar canton, which supplies part of the urban and rural areas of the canton, where there are family homes, educational and public institutions, and restaurants.

The potable water matrix in the Cañar canton comprises low-density polyethylene pipes from 1" to 4" and PVC pipes of 63mm, 110mm, and 160mm in diameter. The topography of the area under study has critical zones where the pressure in the potable water matrix is of great importance for its correct operation.

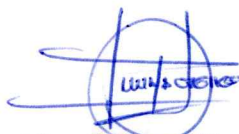
The evaluation of the network was conducted by recording consumption and pressures in homes in the area under study, conducting statistical analysis of data, and modeling in a software. The results show that in the Byron Serpa neighborhood, there is not enough pressure for the correct operation of the sanitary devices inside the homes, while in other places of the network, there are pressures that are within and above the limits recommended by current regulations, data that can be seen in mapping pressure performed.

This research contains these pressure maps of the area under study and establishes possible recommendations to improve the operation of the distribution network, mitigating the existing problems due to low pressures, to improve the service provided to users, with future complementary studies on the subject.

Keywords: safe water, hydraulic modeling, monitoring, dynamic pressure, pipeline.

Azogues, 28 de abril de 2022

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.



Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.
COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES

UCACUE-CAVU-UT-2022-003-AP
Azogues, 06 de abril de 2022

Ingeniero
Ricardo Romero González
DIRECTOR DE CARRERA

Ingeniero
Goethe Palomeque Larriva
DOCENTE TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES
Ciudad

ASUNTO: Índice de similitud del trabajo de titulación de la estudiante
MOLINA ANDRADE MARÍA DEL CARMEN.

REFERENCIA: Oficio Nro. UCACUE-GP-G-21-22-025

Reciban un cordial y atento saludo; en atención a la solicitud en referencia, adjunto el presente informe de similitud *Turnitin* del trabajo de titulación: "*Evaluación de la red de distribución de agua potable del sector 2 de Narrío del cantón Cañar*", elaborado por la estudiante **Molina Andrade María del Carmen**. El resultado presenta un índice de similitud del **SIETE POR CIENTO (07%)**, siendo menor al límite establecido en el *Reglamento de la Unidad de Titulación*, y en consecuencia **APTO** para continuar con el proceso de titulación. Adjunto el documento completo revisado por el sistema *Turnitin*.

MolinaAndrade - E1

INFORME DE ORIGINALIDAD

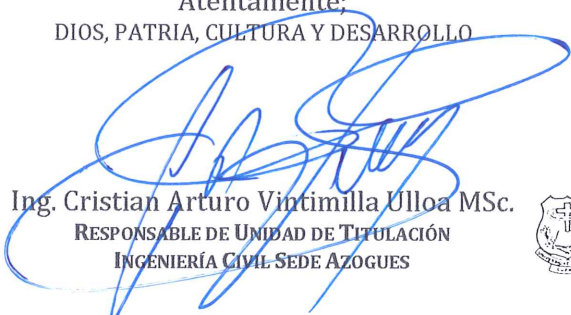
7 %	7 %	1 %	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.uazuay.edu.ec Fuente de Internet	1 %
2	pt.scribd.com Fuente de Internet	1 %

Particular que pongo a su conocimiento para fines pertinentes.

Atentamente:
DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO


Ing. Cristian Arturo Vintimilla Ulloa MSc.
RESPONSABLE DE UNIDAD DE TITULACIÓN
INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES



RECIBIDO
HORA: **10:00** FIRMA: 



El Bibliotecario del Campus Universitario Azogues

CERTIFICA:

Que, **María del Carmen Molina Andrade** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302745856** de la Carrera de **Ingeniería Civil**, Sede Azogues, Modalidad de estudios presencial no adeuda libros, a esta fecha.

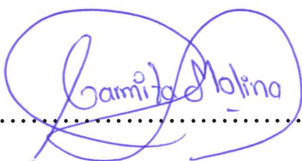
Azogues, **03 de mayo del 2022**

Byron Alonso Torres Romo
Bibliotecario



Maria del Carmen Molina Andrade portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302745856**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Evaluación de la red de distribución de agua potable del sector dos de Narrio del cantón Cañar”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **03 de mayo del 2022**

F: 

Maria del Carmen Molina Andrade

C.I. 0302745856