



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación del sistema de agua potable de San José, San
Antonio Chiquintad**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO
ACADÉMICO DE:
INGENIERA CIVIL**

Autora:

ANA BELEN LARA ORTIZ

Director:

ING. CARLOS JAVIER FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA WEBSTER

CUENCA, ECUADOR

2026

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo, con todo mi gratitud y amor a mis padres, María de Lourdes y Fernando, por ser el faro que ilumina mi camino y la brújula que siempre me guía y me impulsa a seguir adelante. Este logro les pertenece pues es el resultado de todo el esfuerzo, valores y el amor que han sembrado en mí a lo largo de todos estos años. Gracias por demostrarme y enseñarme a siempre estar de pie, firme y dejando huellas.

A mi hermano Martín, gracias por acompañarme en cada paso que doy. Este logro también es tuyo, porque me has enseñado que los sueños se alcanzan con disciplina, constancia y valentía. Eres el compañero incondicional y mi mejor amigo que me motiva a dar mi mejor versión.

A mis abuelos: Severo O., Zoila M., Bolívar L. y Marcia C., gracias por su apoyo incondicional, por sus sabios consejos y por ayudarme siempre a sacar la mejor versión de mí. Sin su guía y su amor, este camino no habría sido el mismo.

A Pedro Fermín M., gracias por confiar en mí y por brindarme tu apoyo en los momentos en que más lo necesitaba. Me siento profundamente agradecida de poder compartir este logro contigo, porque fuiste una parte fundamental durante todo este proceso. Y a pesar de presentarse retos difíciles me recordabas que, aunque la montaña sea muy alta, siempre había un camino hacia la cima.

Agradecimientos

Quiero agradecer infinitamente a Dios y a la Virgen, por guiar cada uno de mis pasos y permitirme alcanzar un objetivo más en mi vida. Su presencia ha sido mi fortaleza en los momentos más desafiantes y mi motivación constante para seguir adelante.

Agradezco a la comunidad universitaria por brindarme no solo las herramientas necesarias para formarme como profesional, sino también por contribuir a mi crecimiento personal, inculcándome valores y enseñanzas que llevaré siempre conmigo.

De manera especial, extiendo mi gratitud al Ing. Javier Fernández de Córdova, por su apoyo constante, su confianza y por convertirse en un verdadero amigo a lo largo de este camino. Asimismo, al Ing. Josué Larriva, por ser una guía fundamental y ser el impulso decisivo en el desarrollo de este trabajo de titulación.

A mis amigos: Miguel B., Martín C., Julián M., Ronald L. y Juan A., gracias por ser mi apoyo incondicional durante toda esta aventura. Más que compañeros, fueron amigos que nunca permitieron que me rinda; incluso en los momentos más difíciles, siempre supieron cómo sacarme una sonrisa. Este camino no hubiera sido el mismo sin ustedes, cada risa y anécdota vivida la recordaré siempre en mi corazón.

Resumen

Este estudio evalúa el sistema de agua potable de San José y San Antonio de Chiquintad y propone una optimización del mismo. Para llevar a cabo la evaluación, se utilizó información de un levantamiento del sistema debido a la falta de registros actuales. Además, se proyectó la población a 5, 10, 15, 20 y 25 años para verificar el funcionamiento del sistema. Se realizó una modelación y evaluación hidráulica de la red actual y futura utilizando el software EPANET, para establecer alternativas de mejoras y como mejorarán a largo plazo.

Palabras clave: Sistema, Chiquintad, Agua Potable, Evaluación, Abastecimiento.

Abstract

This study evaluates the drinking water system in San José and San Antonio de Chiquintad and proposes improvements to it. To conduct the evaluation, data from a system survey was used due to the lack of current records. In addition, population projections were made for 5, 10, 15, 20, and 25 years to assess the system's performance. Hydraulic modeling and evaluation of the current and future network were performed using EPANET software to identify improvement alternatives and assess their long-term effectiveness.

Keywords: System, Chiquintad, Drinking Water, Evaluation, Supply.



Tabla de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	iv
Tabla de Figuras.....	vii
Indice de Tablas.....	viii
Tabla de Ecuaciones.....	i
INTRODUCCIÓN.....	1
GENERALIDADES.....	2
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Alcances.....	3
CAPÍTULO 1: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO.....	4
1.1 Descripción del área de estudio y condiciones del sistema actual.....	4
1.1.1 Características del lugar.....	5
1.1.2 Accesibilidad.....	5
1.1.3 Clima.....	5
1.1.4 Topografía.....	7
1.1.5 Información demográfica.....	7
1.1.6 Usos del suelo.....	8
1.1.6 Precipitaciones.....	9
1.2 Levantamiento y recopilación de información técnica.....	10
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA.....	21
2.1 Modelación hidráulica del sistema de distribución.....	21
2.1.1 Consideraciones iniciales previo a la modelación hidráulica.....	21
2.1.2 Diámetros del sistema.....	22
2.1.3 Materiales de la tuberías y accesorios del sistema.....	22
2.1.4 Generalidades del sistema de agua potable.....	23
2.1.4.1 Dotación y nivel de servicio.....	24
2.1.4.2 Caudales de diseño.....	26
2.1.4.3 Caudal medio diario (Qm).....	26
2.1.4.4 Caudal máximo diario (QMD).....	27
2.1.4.5 Caudal máximo horario.....	28
2.1.4.6 Cálculo del caudal de diseño del sistema de San José y San Antonio.....	28
2.1.4.6 Perdidas de carga.....	31
2.1.5 Proyección futura del sistema.....	33

2.2 Diagnóstico técnico y verificación del cumplimiento normativo	44
2.2.1 Caudal de diseño.....	44
2.2.2. Diámetros de las tuberías	44
2.2.3. Velocidades del sistema	45
2.2.4. Presiones en el sistema	46
2.2.5. Pérdidas de carga en la red de distribución	47
2.2.6. Accesorios del sistema.....	48
2.2.7. Análisis del sistema de agua potable futuro.....	49
CAPITULO 3: PROPUESTA TÉCNICA DE MEJORAMIENTO.....	50
3.1 Alternativas de optimización del sistema.....	50
3.1.1 Problemas que presenta el sistema actual	50
3.1.2 Alternativas de mejoramiento para el sistema actual	50
3.1.3 Alternativas de mejoramiento para el sistema futuro	53
3.2. Evaluación y recomendaciones finales	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
Bibliografía	59
Anexos.....	60

Índice de Figuras

Figura 1.1	Extensión de San José y San Antonio	5
Figura 1.2	Clima e intervalos de temperatura de la parroquia Chiquintad	7
Figura 1.3	Mapa de usos de suelo generales de Chiquintad	10
Figura 1.4	Mapa de distribución de las redes levantadas de San José y San Antonio	11
Figura 2.1	Modelado de la tubería existente de San José y San Antonio Chiquintad	24
Figura 2.2	Distribución de áreas de estudio del sistema	30
Figura 2.3	Modelo del sistema actualmente	33
Figura 2.4	Modelo del sistema a los 5 años	36
Figura 2.5	Modelo del sistema a los 10 años	38
Figura 2.6	Modelación del sistema a los 15 años	40
Figura 2.7	Modelo para la población de 20 años	42
Figura 2.8	Modelo para la población de 25 años	44
Figura 2.9	Casas inhabitadas que cuentan con medidor	46
Figura 2.10	Modelo de las velocidades del sistema	47
Figura 2.11	Modelo de las pérdidas de carga del sistema	49
Figura 2.12	Válvulas Existentes	50
Figura 3.1	Modelo del sistema con las alternativas de mejoramiento	52
Figura 3.2	Identificación de tuberías con cambios de diámetro	53
Figura 3.3	Válvulas reductoras en el sistema	54
Figura 3.4	Modelo del sistema con alternativas de mejoramiento a 25 años	54
Figura 3.5	Pérdidas unitarias del modelo a 25 años	55
Figura 3.6	Velocidades del modelo a 25 años	55

Índice de Tablas

Tabla 1.1	Clasificación y subclasificación del suelo según los PITS	9
Tabla 1.2	Coordenadas de los usuarios	18
Tabla 1.3	Coordenadas de los accesorios de la red	21
Tabla 2.1	Diámetros y longitudes de la tubería del sistema de agua potable de la parroquia de Chiquintad	23
Tabla 2.2	Niveles de servicio para sistema de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos	26
Tabla 2.3	Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio	27
Tabla 2.4	Porcentaje de fugas en el diseño de sistema de abastecimiento de agua potable	28
Tabla 2.5	Cálculo de caudales para el sistema actual	30
Tabla 2.6	Tabla resumen de los resultados del cálculo de los caudales	31
Tabla 2.7	Cálculo de los caudales del sistema completo	31
Tabla 2.8	Coefficientes de Chow para la fórmula de Hazen–Williams	32
Tabla 2.9	Población a 5 años	35
Tabla 2.10	Proyección de la población a 10 años	37
Tabla 2.11	Proyección de la población a 15 años	39
Tabla 2.12	Proyección de la población para 20 años	41
Tabla 2.13	Proyección de la población para 25 años	43

Índice de Ecuaciones

Ecuación 2.1 Caudal medio diario (Q_m)	28
Ecuación 2.2 Caudal máximo diario (QMD)	28
Ecuación 2.3 Caudal máximo horario	29
Ecuación 2.4 Ecuación de pérdidas de Hazen–Williams	32
Ecuación 2.5 Proyección poblacional (método geométrico)	35

INTRODUCCIÓN

El suministro de agua potable es indispensable para los seres vivos, debido a que es un recurso esencial para el correcto funcionamiento del cuerpo (Bravo, 2025). Es así como nace la motivación por llevar a cabo este proyecto que es garantizar el funcionamiento de las redes de agua potable pertenecientes a San José y San Antonio de la parroquia de Chiquintad.

El propósito principal de este proyecto es evaluar el sistema de agua potable y proponer alternativa para la optimización del sistema, así como también identificar fallas o limitaciones existentes para así establecer criterios que permitan garantizar un servicio adecuado y seguro. Con el fin de proteger la salud de la comunidad y asegurar que la funcionalidad del mismo sea eficiente frente al crecimiento poblacional de la zona.

Este estudio se centrará en aspectos hidráulicos y operativos, así como el cumplimiento de estándares y normativas vigentes. Debido a la falta de documentación histórica, el proyecto se fundamentará en levantamientos de campo, inspecciones directas y recopilación de datos en sitio para comprender el funcionamiento real del sistema.

GENERALIDADES

San José y San Antonio son comunidades rurales pertenecientes a la parroquia Chiquintad, en el cantón Cuenca. Cuentan con población en crecimiento y con actividades económicas centradas en la agricultura y ganadería de pequeña escala. La distribución de las viviendas es dispersa, lo que dificulta el abasto eficiente de servicios básicos, especialmente de agua potable.

Ambas comunidades dependen de un sistema de agua que fue construido hace varios años y que no ha sido evaluado desde entonces. No existen planos, memorias técnicas ni registros de mantenimiento, lo que limita el conocimiento sobre la capacidad y estado actual. Por el tiempo de operación existen zonas donde el sistema ya se encuentra desgastado y necesita una intervención.

La zona cuenta con fuentes de agua cercanas, pero la captación, conducción y distribución deben ser revisadas para determinar si responden a las necesidades actuales de los habitantes. Las comunidades han reportado variaciones en el caudal disponible, por lo que se vuelve imprescindible analizar el sistema existente y verificar su funcionamiento real.

Antecedentes

Con el crecimiento de la población y el desgaste propio del tiempo, el sistema ha comenzado a mostrar deficiencias como disminución de caudales y variación en la presión. La falta de evaluaciones previas ha impedido determinar la eficiencia hidráulica de las tuberías y la capacidad de respuesta del sistema frente a la demanda actual.

Las comunidades de San José y San Antonio de Chiquintad cuentan con un sistema de agua potable construido hace varias décadas para atender a una población mucho menor a la actual. Desde su implementación no se han encontrado registros técnicos, planos, memorias operativas ni informes de mantenimiento que permitan conocer el diseño original o las condiciones de funcionamiento del sistema. Esto ha generado un desconocimiento general sobre la capacidad real de las estructuras del sistema.

Objetivo general

Evaluar el sistema de agua para la comunidad de San José, San Antonio Chiquintad.

Objetivos específicos

- Recopilar información actual de las redes de distribución de la zona de estudio.
- Evaluar el sistema existente verificando el cumplimiento de la normativa
- Proponer mejoras al sistema en base al análisis realizado.

Alcances

El alcance de este estudio comprende la evaluación técnica de la red de distribución del sistema de agua potable que abastece a las comunidades de San José y San Antonio de Chiquintad. Para ello, se consideran las siguientes actividades:

- Levantamiento de información en campo, debido a la ausencia de documentos técnicos previos.
- Cálculo de caudales, pérdidas y recorridos de tuberías para determinar el funcionamiento hidráulico actual.
- Comparación con normativas vigentes relacionadas con el suministro de agua potable.
- Determinación de la capacidad del sistema para cubrir la demanda actual y futura.
- Identificación de necesidades de rehabilitación, ampliación o rediseño del sistema existente.

Este estudio se limita a la evaluación de la red de distribución del sistema actual y no incluye el diseño de nuevas infraestructuras, aunque sus resultados servirán como base para futuras intervenciones.

CAPÍTULO 1: CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

1.1 Descripción del área de estudio y condiciones del sistema actual

San José es una comunidad que forma parte de la parroquia rural de Chiquintad, la cual pertenece al cantón Cuenca, provincia del Azuay caracterizada por su entorno natural, su clima templado y una población que mantiene vivas las tradiciones andinas. Su economía se sustenta principalmente en la agricultura y la ganadería, actividades que han definido el modo de vida de sus habitantes a lo largo del tiempo. Tiene una extensión aproximada de 2 a 3 km² aproximadamente y alberga alrededor de 400 habitantes, distribuidos en viviendas dispersas.

Por otro lado, San Antonio también es una comunidad parte de la parroquia rural de Chiquintad, la cual pertenece al cantón Cuenca, provincia del Azuay. Se distingue por su crecimiento poblacional y su cercanía a zonas urbanas. La comunidad combina actividades agrícolas tradicionales con nuevas dinámicas económicas y sociales, reflejando un proceso de transición entre lo rural y lo urbano. San Antonio mantiene una fuerte vida comunitaria, con celebraciones religiosas y espacios de encuentro que cumplen un rol importante en la organización social y el desarrollo local. Cuenta con una extensión territorial aproximada de 3 a 4 km² y una población estimada de 700 habitantes.

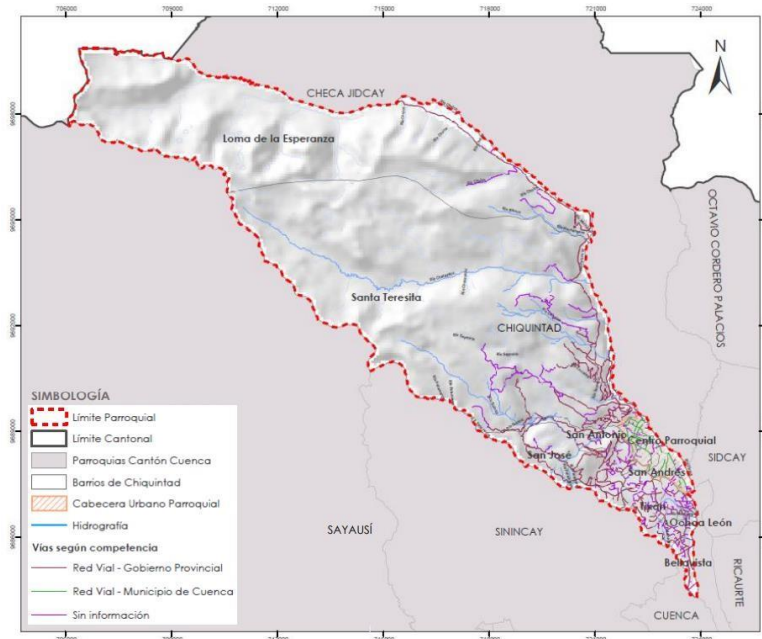


Figura 1.1 Extensión de San José y San Antonio

Fuente: (GAD Parroquial de Chiquintad, 2025)

1.1.1 Características del lugar

Para conocer las comunidades de San José y San Antonio es necesario realizar un análisis previo de los diferentes contextos donde se realizará el estudio respectivo. Para ello, se ha obtenido información importante por medio de documentación técnica, cartografía del sector y datos generales para un correcto estudio. La información recopilada permite presentar una perspectiva más completa de las características socioeconómicas, demográficas, geográficas e hidrológicas del sector, aportando insumos relevantes para el análisis del área de estudio.

1.1.2 Accesibilidad

Las comunidades de San José y San Antonio se encuentran ubicadas dentro de la parroquia rural Chiquintad, al noreste del cantón Cuenca, teniendo como acceso principal vías de segundo orden que conectan con la cabecera parroquial de Chiquintad y se derivan caminos vecinales que conducen a ambas comunidades. La distancia aproximada desde el centro urbano de Cuenca hasta el sector es de 12 km, con un tiempo de recorrido estimado entre 30 y 40 minutos, dependiendo de las condiciones climáticas y del estado de la vía. (GAD Parroquial de Chiquintad, 2025)

1.1.3 Clima

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Chiquintad establece que dentro de la parroquia de Chiquintad la variedad de climas obedecen al Ecuatorial Mesotérmico Semihúmedo y Ecuatorial de Alta Montaña, según lo especifica el Atlas Geográfico del Ecuador (2013), donde:

- **Ecuatorial Mesotérmico Semihumedo:** corresponde a climas que predominan en la zona de la región andina, donde se distingue por tener temperaturas variables y alcanzan su punto máximo en marzo y septiembre. Mientras que en los meses de junio y julio se registran temperaturas más bajas. En cuanto al clima mesotérmico seco, las temperaturas varían entre 18 y 22 °C con poca diferencia entre el verano y el invierno.

Ya que existen dos estaciones lluviosas al año que acumulan menos de 500 mm de precipitación anualmente.

- **Ecuatorial de Alta Montaña:** se encuentra a una altitud de más de 3000 metros permanentemente. Su temperatura media varía en base de la altitud, sin embargo, se mantiene alrededor de los 8°C. Las precipitaciones varían oscilando entre 1000 y 2000 mm, dependiendo de la altitud.

En la figura 1.2 se muestra los intervalos de temperatura que presenta la parroquia de Chiquintad.

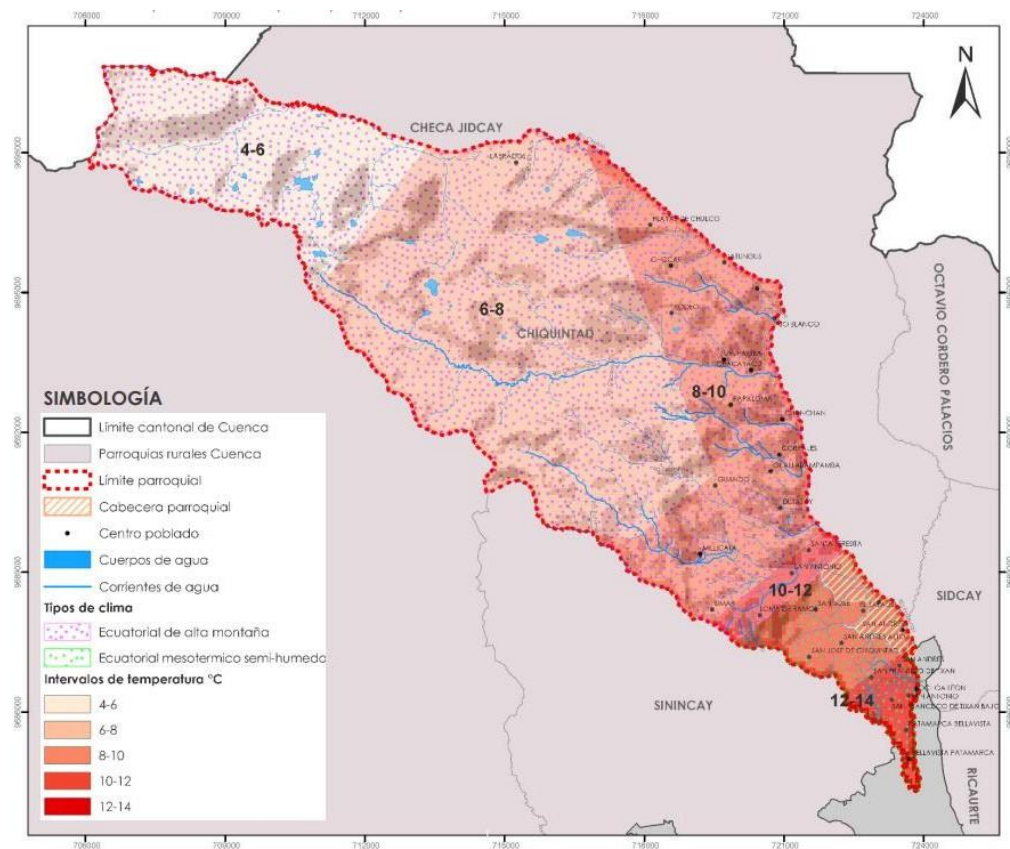


Figura 1.2 Clima e intervalos de temperatura de la parroquia Chiquintad

Fuente: INAMHI, 2015

1.1.4 Topografía

Dentro del sector de donde se ubican las comunidades de San Jose y San Antonio es irregular y montañosa, con pendientes variables que van desde moderadas a pronunciadas. El relieve de la zona está conformado por colinas, quebradas naturales y zonas de páramo, propias de la región andina, lo cual condiciona el trazado de caminos, la ubicación de viviendas y la implementación de infraestructura básica.

Así mismo, su topografía expone a sus habitantes a diversas amenazas, definidas como eventos naturales o causados por humanos que pueden ocasionar daño.

Los riesgos y amenazas son originados por los siguientes factores:

- Hidrológicos: Inundaciones
- Geológicos: Inestabilidad y movimientos de masa
- Meteorológicos: Heladas y sequías
- Eventos peligrosos.

Para este proyecto se realizó un levantamiento de la red de agua potable existente mediante el registro de coordenadas geográficas de los principales componentes del sistema, tales como tanques, válvulas y conexiones domiciliarias, mediante el uso de equipos GPS y una aplicación denominada SW Maps. Y así poder obtener nuestros puntos según la topografía de la zona.

1.1.5 Información demográfica

En base a los datos del censo 2022, muestra que en la parroquia de Chiquintad residen aproximadamente 5738 personas de las cuales de las cuales 2.683 son hombres y 3.055 mujeres.

Según los datos de población del censo 2022, en la parroquia Chiquintad residen 5.738 personas, de las cuales 2.683 son hombres y 3.055 mujeres. Dentro de las comunidades de

estudio como es San José y San Antonio presentan 753 y 145 habitantes respectivamente. La densidad poblacional bruta a nivel parroquial es de 0,61 hab/ha y de San José y San Antonio 1.60 hab/ha y 1.34 hab/ha respectivamente. Y el asentamiento que presenta una mayor densidad poblacional corresponde al Centro Parroquial de Chiquintad, que muestra 12,35 hab/ha; San Antonio con 1,34 hab/ha y San José con 1,60 hab/ha.

1.1.6 Usos del suelo

Según los Polígonos de Intervención Territoriales (PITS) en la propuesta del PDOT-PUGS del Cantón Cuenca (2022), el suelo de la parroquia Chiquintad se clasifica en urbano y rural. A su vez, el suelo urbano se subclasifica en suelo urbano no consolidado y el suelo rural en; suelo de protección, producción y suelo rural de expansión urbana.

El suelo rural de producción ocupa el 10,68% con 998,28 ha en los barrios de Bellavista, Ochoa León, Tixán, San José, San Antonio y una pequeña parte de Santa Teresita.

En la siguiente tabla se puede evidenciar la clasificación y subclasificación del suelo

Clasificación del suelo	Subclasificación del suelo	Superficie (HA)	Porcentaje (%)	Total (HA)
Urbano	Suelo urbano no consolidado	213.73	2.29	213.73
Rural	Protección	8.072,21	86,39	9.130,76
	Producción	998,28	10,68	
	Suelo rural de expansión urbana	60,27	0,64	

Tabla 1.1 Clasificación y subclasificación del suelo según los PITS

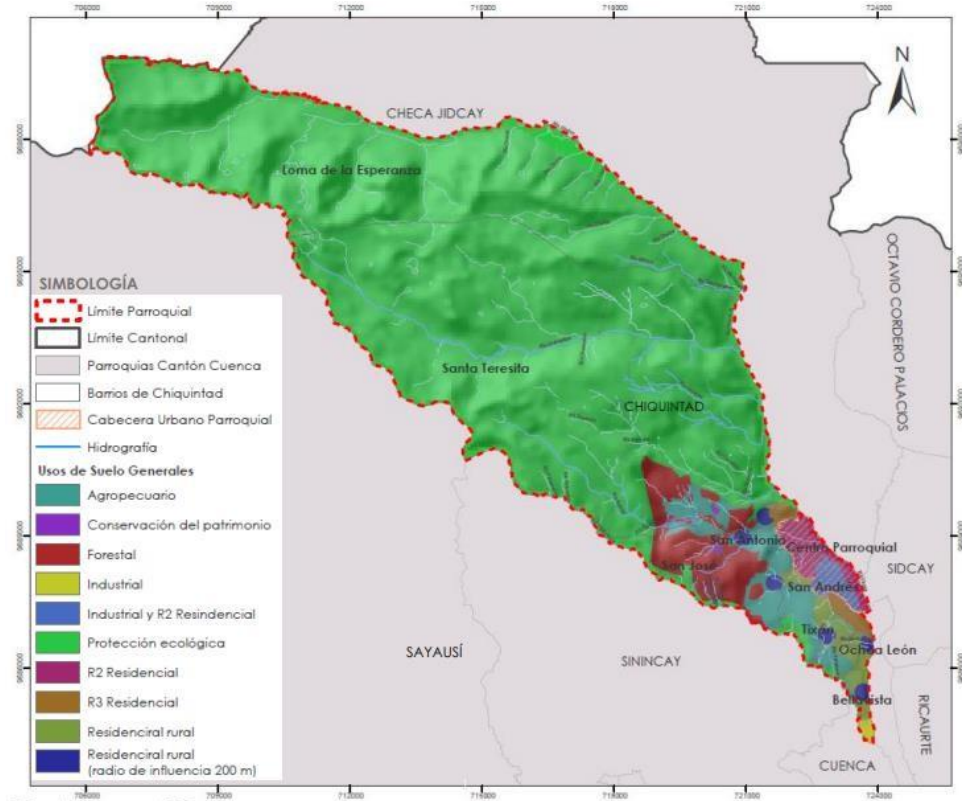


Figura 1.3 Mapa de Usos de Suelo Generales de Chiquintad.

Fuente: (GAD Parroquial de Chiquintad, 2025)

1.1.6 Precipitaciones

Para entender el contexto de las precipitaciones dentro de Chiquintad, hay que tener en cuenta en que consiste el hidrometeoro. Y es las distintas formas de precipitación que caen desde las nubes hasta la superficie terrestre de un sector específico, estas formas pueden ser lluvia, nieve, llovizna, granizo entre otros. Este fenómeno está ligeramente enlazado a la altitud de Chiquintad, ya que en áreas donde tienen una mayor altitud como por ejemplo Loma de la Esperanza ubicada al noroeste tienen precipitaciones más elevadas con rangos anuales entre los 1250 y 1500mm. Sin embargo, en sectores de menor elevación que se ubican al suroeste como por ejemplo Bellavista, sus valores promedio anuales de precipitación varían entre 750 y 1000 mm. (GAD Parroquial de Chiquintad, 2025)

Se debe tener en cuenta que los factores climáticos muestran variaciones conforme pasa los meses del año. Donde existen temporadas donde las fluctuaciones son más pronunciadas que el promedio histórico de las estaciones.

1.2 Levantamiento y recopilación de información técnica

Previo a la elaboración del trazado de redes de distribución de agua potable, se realizó un levantamiento de las mismas para identificar las tuberías existentes, beneficiarios y además georreferenciar cada una de las conexiones domiciliarias que se encuentran activas dentro del área de estudio. Como resultado se obtuvo una base de datos que recopila puntos correspondientes a viviendas, terrenos que disponen del servicio de agua potable y accesorios clave de las redes como válvulas, tapones y T. En la siguiente figura se muestra la distribución de la red levantada y se identifica la ubicación de los usuarios abastecidos por el servicio, así como también accesorios de las redes.



Figura 1.4 Mapa de distribución de las redes levantadas de San José y San Antonio

Fuente: Autoría propia

Las coordenadas de los puntos levantados se registraron en el sistema UTM, datum WGS84, zona 17 Sur, expresadas en metros para las componentes Este (X), Norte (Y) y elevación (Z).

Descripción	ID Epanet	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z
Inicio de planta de distribución		721331.57	9688461.32	2912.30
Usuario	N1	721256.363	9688199.272	2850.090
Usuario	N2	721250.957	9688184.865	2849.733
Usuario	N3	721240.694	9688126.789	2839.634
Usuario	N4	721194.773	9688057.101	2847.11
Usuario	N5	721160.725	9688010.247	2848.675
Usuario	N6	721095.069	9687917.596	2856.759
Usuario	N7	721078.353	9687893.856	2859.574
Usuario	N8	721051.208	9687823.768	2857.966
Usuario	N9	720912.154	9687448.556	2857.503
Usuario	N10	720910.937	9687447.329	2858.854
Usuario	N11	721073.384	9687461.726	2849.928
Usuario	N12	721085.990	9687453.494	2849.335
Usuario	N13	721142.507	9687403.386	2846.466
Usuario	N14	721164.772	9687367.570	2841.209
Usuario	N15	721187.372	9687330.194	2836.929
Usuario	N16	721192.211	9687329.294	2835.295
Usuario	N17	721236.377	9687303.308	2834.978
Usuario	N18	721239.489	9687298.491	2835.274
Usuario	N19	721278.247	9687292.457	2833.515
Usuario	N20	721298.710	9687287.647	2832.340
Usuario	N21	721341.254	9687278.540	2833.716
Usuario	N22	721353.080	9687275.903	2832.922

Usuario	N23	721364.541	9687272.956	2832.454
Usuario	N24	721374.440	9687274.623	2833.140
Usuario	N25	721417.641	9687249.515	2830.239
Usuario	N26	721448.420	9687224.714	2829.638
Usuario	N27	721463.960	9687215.444	2829.815
Usuario	N28	721478.862	9687208.874	2830.742
Usuario	N29	721508.977	9687193.439	2829.314
Usuario	N30	721545.789	9687182.901	2824.769
Usuario	N31	721672.543	9687146.319	2812.482
Usuario	N32	721755.520	9687130.225	2801.098
Usuario	N33	721769.618	9687126.659	2799.159
Usuario	N34	721792.810	9687028.902	2785.856
Usuario	N35	721811.684	9687000.120	2779.385
Usuario	N36	721829.174	9686949.261	2777.483
Usuario	N37	721668.928	9687314.206	2801.800
Usuario	N38	721570.597	9687368.059	2810.006
Usuario	N39	721545.440	9687404.074	2807.029
Usuario	N40	721549.472	9687429.691	2805.944
Usuario	N41	721549.020	9687462.096	2805.048
Usuario	N42	721549.047	9687495.952	2803.272
Usuario	N43	721548.924	9687497.533	2803.915
Usuario	N44	721547.185	9687506.397	2803.668
Usuario	N45	721546.146	9687523.779	2804.349
Usuario	N46	721542.893	9687543.494	2804.704
Usuario	N47	721275.665	9688924.475	2800.011
Usuario	N48	721278.243	9688955.778	2799.199
Usuario	N47	721302.019	9688963.069	2797.699
Usuario	N48	721312.300	9688964.726	2798.367
Usuario	N49	721323.010	9688963.950	2797.794
Usuario	N50	721400.379	9688913.667	2804.088

Usuario	N51	721410.874	9688905.276	2805.176
Usuario	N52	721452.433	9688893.659	2807.297
Usuario	N53	721467.207	9688898.929	2806.645
Usuario	N54	721503.421	9688906.674	2801.971
Usuario	N55	721507.873	9688908.411	2801.860
Usuario	N56	721573.343	9688917.217	2797.137
Usuario	N57	721634.088	9688857.946	2788.400
Usuario	N58	721798.391	9688754.661	2746.189
Usuario	N59	721807.289	9688736.833	2745.920
Usuario	N60	721809.332	9688729.619	2745.381
Usuario	N61	721816.925	9688732.077	2742.851
Usuario	N62	721842.082	9688732.953	2741.415
Usuario	N63	721567.449	9688957.894	2793.363
Usuario	N64	721559.563	9688966.946	2793.479
Usuario	N65	721544.029	9688974.269	2795.325
Usuario	N66	721532.654	9688977.117	2794.821
Tanque rompe presiones		721377.867	9688274.239	2846.515
Usuario	N67	721498.865	9688341.634	2818.769
Usuario	N68	721503.328	9688346.999	2818.252
Usuario	N69	721513.635	9688363.526	2817.809
Usuario	N70	721517.465	9688374.236	2818.342
Usuario	N71	721528.516	9688399.387	2817.136
Usuario	N72	721549.348	9688487.530	2808.084
Usuario	N73	721554.496	9688500.118	2806.207
Usuario	N74	721562.295	9688528.521	2802.815
Usuario	N75	721568.502	9688548.642	2799.903
Usuario	N76	721581.647	9688582.382	2798.091
Usuario	N77	721645.084	9688406.051	2815.493
Usuario	N78	721661.427	9688363.353	2806.217

Usuario	N79	721698.587	9688324.627	2795.108
Usuario	N80	721673.973	9688258.401	2786.149
Usuario	N81	721724.137	9688210.163	2782.237
Usuario	N82	721732.565	9688214.475	2781.767
Usuario	N83	721806.217	9688155.851	2777.802
Usuario	N84	721815.480	9688152.039	2778.745
Usuario	N85	721820.959	9688146.591	2777.089
Usuario	N86	721845.936	9688136.202	2777.583
Usuario	N87	721858.209	9688131.264	2776.534
Usuario	N88	721861.153	9688124.030	2774.035
Usuario	N89	721881.545	9688126.562	2772.962
Usuario	N90	721913.285	9688112.632	2771.572
Usuario	N91	721913.217	9688113.937	2772.009
Usuario	N92	721933.021	9688101.938	2767.014
Usuario	N93	721935.463	9688103.548	2767.780
Usuario	N94	721902.248	9687998.375	2764.674
Usuario	N95	721873.463	9687970.558	2764.235
Usuario	N96	721868.776	9687963.456	2763.288
Usuario	N97	721851.030	9687950.888	2763.865
Usuario	N98	721868.421	9687927.190	2760.135
Usuario	N99	721836.196	9687944.592	2791.530
Usuario	N100	721823.454	9687920.581	2761.715
Usuario	N101	721816.595	9687908.654	2760.596
Usuario	N102	721811.194	9687902.668	2759.806
Usuario	N103	721790.884	9687877.491	2761.219
Usuario	N104	721743.774	9687805.150	2761.125
Usuario	N105	721789.480	9687729.517	2763.129
Usuario	N106	721809.664	9687704.195	2766.577
Usuario	N107	721848.085	9687629.632	2777.318
Usuario	N108	721852.655	9687629.265	2775.792

Usuario	N109	721403.536	9688185.566	2822.945
Usuario	N110	721998.910	9688200.716	2758.921
Usuario	N111	722019.217	9688247.833	2758.614
Usuario	N112	722128.279	9688256.704	2736.531
Usuario	N113	722133.452	9688275.940	2728.672
Usuario	N114	721889.792	9688006.684	2764.919
Usuario	N115	721883.544	9688011.085	2766.586
Usuario	N116	721879.581	9688013.311	2766.331
Usuario	N117	721873.680	9688017.831	2768.551
Usuario	N118	721866.728	9687998.423	2768.123
Usuario	N119	721832.734	9688020.562	2770.459
Usuario	N120	721800.757	9687917.298	2761.950
Usuario	N121	721772.271	9687941.761	2677.545
Usuario	N122	721773.816	9687944.281	2766.639
Usuario	N123	721766.157	9687951.154	2766.557
Usuario	N124	721762.135	9687952.237	2767.362
Usuario	N125	721748.607	9687958.381	2768.255
Usuario	N126	721736.496	9687963.122	2769.281
Usuario	N127	721701.723	9687967.228	2771.472
Usuario	N128	721608.058	9687866.130	2776.556
Usuario	N129	721603.050	9687865.399	2776.265
Usuario	N130	721572.484	9687876.930	2775.074
Usuario	N131	721526.391	9687906.068	2781.551
Inicio San Jose		722217.198	9688149.739	2736.691
Usuario	N132	722218.253	9688147.049	2737.148
Usuario	N133	722222.290	9688143.924	2736.119
Usuario	N134	722193.391	9688149.334	2742.693
Usuario	N135	722180.265	9688142.819	2746.249
Usuario	N136	722535.585	9688083.003	2735.352
Usuario	N137	722434.712	9688033.264	2732.607

Usuario	N138	722429.460	9688028.573	2732.440
Usuario	N139	722398.567	9688017.103	2733.812
Usuario	N140	722420.581	9687994.843	2735.905
Usuario	N141	722384.585	9687981.293	2737.322
Usuario	N142	722371.637	9687990.330	2736.240
Usuario	N143	722358.505	9687998.385	2736.075
Usuario	N144	722171.596	9688042.722	2757.680
Usuario	N145	722173.064	9688054.193	2759.961
Usuario	N146	722154.133	9688065.614	2759.242
Usuario	N147	722094.850	9688061.480	2761.699
Usuario	N148	722083.209	9688058.490	2762.332
Usuario	N149	722032.106	9688063.546	2759.462
Usuario	N150	721999.808	9688027.136	2760.885
Usuario	N151	722002.966	9688029.183	2758.939
Usuario	N152	722014.606	9688022.609	2758.604
Usuario	N153	722025.116	9688015.933	2756.970
Usuario	N154	722033.284	9688020.435	2757.136
Usuario	N155	722035.891	9688015.478	2756.699
Usuario	N156	722062.106	9688014.269	2755.517
Usuario	N157	722067.247	9688011.261	2755.250
Usuario	N158	722072.846	9688011.977	2757.132
Usuario	N159	722083.260	9688009.333	2758.026
Usuario	N160	722088.314	9688009.969	2759.243
Usuario	N161	722013.816	9687996.631	2753.624
Usuario	N162	722031.872	9687950.039	2752.602
Usuario	N163	722037.671	9687947.105	2752.647
Usuario	N164	722002.702	9687962.660	2753.382
Usuario	N165	721980.562	9687941.981	2753.563
Usuario	N166	721748.219	9688424.852	2813.921
Usuario	N167	722075.023	9688059.726	2762.267

Usuario	N168	721087.122	9688734.619	2833.929
Usuario	N169	721081.939	9688734.699	2835.130
Usuario	N170	720986.943	9688910.967	2835.460
Usuario	N171	720986.649	9688913.047	2835.348
Usuario	N172	721011.218	9688959.465	2832.547
Usuario	N173	721010.409	9688961.270	2832.508
Usuario	N174	721034.375	9688958.005	2831.771
Usuario	N175	721046.701	9688959.377	2830.516
Usuario (fin de San Antonio)	N176	7221150.792	9688099.931	2750.737

Tabla 1.2 Coordenadas de los de los usuarios

Fuente: Autoría Propia

Descripción	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z
Valvula 63mm	721345.885	9688304.239	2866.462
Collarin 63mm por 1”	721239.897	9688128.037	2841.288
Valvula 32mm por 63mm	721037.718	9687479.270	2848.536
Valvula 63mm	721557.892	9687181.203	2823.444
Desfogue de la tubería 63mm	721685.864	9687227.440	2809.397
T de división 32mm por 32mm	721668.296	9687144.116	2813.552
Desfogue 32mm	721665.257	9687134.419	2814.297
Codo 32mm	721796.124	9687123.285	2793.678
Llave de desfogue 32mm	721829.797	9686952.827	2776.492
T de división 63mm por 50mm	721670.669	9687232.113	2814.988
Llave de paso 50mm	721667.694	9687235.487	2813.707
Diametro reductor de 50mm a 32mm	721549.793	9687513.645	2804.089

Unión desde la planta para San Antonio	721184.174	9688684.463	2853.309
T de división 32mm por 32mm	721119.919	9688744.316	2831.452
Llave de paso 63mm	721117.341	9688711.263	2832.807
Llave de paso 63mm	721527.350	9688907.138	2802.008
T de división 63mm por 32mm	721567.315	9688918.338	2800.347
Reductor de diámetro de 63mm a 50mm	721653.992	9688835.992	2784.016
Llave de paso 50mm	721699.998	9688830.949	2776.089
Reductor de diámetro de 50mm a 32mm	721783.897	9688790.387	2746.094
Llave de desfogue 32mm	721857.349	9688735.714	2738.276
Tapón 32mm	721844.534	9688772.350	2738.789
Llave de desfogue 32mm	721530.508	9688986.992	2794.185
Llave de desfogue 32mm	721522.972	9688973.853	2794.729
Llave de paso del tanque rompe presiones	721389.814	9688274.889	2848.000
Desfogue de la tubería que conecta el tanque de presiones	721385.780	9688266.669	2846.090
Desfogue del tanque de presiones	721384.454	9688264.477	2847.679
T de 32mm por 63mm	721432.664	9688258.142	2822.387
T de 63mm por 63mm	721536.721	9688445.320	2810.839
Llave de paso de 63mm	721541.936	9688469.349	2812.545
Desfogue de tubería 63mm	721597.676	9688592.824	2792.923
Valvula 63mm	721545.068	9688447.260	2806.867
Llave de paso 63mm	721646.497	9688398.402	2813.720

T de reducción a 32mm	721660.346	9688363.738	2804.429
Tapón de 32mm	721697.947	9688325.955	2794.094
T de 32mm	721771.543	9688185.987	2777.659
Llave de paso 63mm	721774.021	9688182.132	2778.579
T de división	721951.189	9688090.496	2763.023
Desfogue 63mm	721960.389	9688091.631	2761.157
T de división 63mm	721937.221	9688042.271	2762.786
Válvula	721880.259	9687977.465	2763.406
T de 50mm por 63mm	721812.800	9687908.523	2759.950
Reductor de diámetro 63mm por 32mm	721742.833	9687749.651	2160.171
Tapón 32mm	721805.664	9687703.381	2767.322
Unión aguas arriba 63mm	721408.245	9688193.001	2823.309
Desfogue 32mm	721409.439	9688187.170	2816.807
Llave de paso 32mm	721433.102	9688251.495	2821.351
Unión aguas abajo 63mm	721401.183	9688217.948	2828.603
Llave de paso 32mm	721960.737	9688108.087	2763.370
Pozo till para la tubería 32mm	722101.638	9688276.610	2736.217
Reductor de diámetro 32mm por ¾	722115.258	9688251.084	2734.133
Llave de paso ¾	722115.490	9688251.370	2734.590
Llave de paso ¾	721892.996	9687994.031	2765.321
Valvula con llave de paso	721806.607	9687911.307	2760.890
Tapón 50mm	721692.875	9687971.771	2774.158
Unión aguas arriba 63mm	721432.177	9688162.497	2810.130
Unión aguas arriba 63mm	721469.383	9688061.333	2798.355
T de distribución	721473.109	9688064.427	2796.475
Tapón de corte 50mm	721550.235	9688155.680	2792.100
Unión aguas arriba 63	721617.687	9687885.167	2772.437

Reductor de diámetro de 32mm a 50mm	722175.527	9688125.309	2749.436
T de división 32mm	722400.659	9688028.222	2732.077
Tapón de corte 32mm	722340.874	9688043.684	2734.603
Llave de paso 32mm unión	722402.662	9688024.448	2732.521
Llave de paso 32mm	722356.906	9688000.827	2735.676
Unión 32mm	722155.897	9688014.357	2758.732
Unión 32mm	722333.990	9688005.002	2750.021
Válvula	722001.342	9688040.715	2750.695
Tapón de corte 63mm	722095.897	9688011.368	2757.588
T de 1" por 63mm	721973.461	9688029.707	2758.261
Unión 63mm	721967.119	9688030.241	2756.657
T de división de 1" por ¾	722020.371	9687993.144	2753.182
Desfogue 1"	722037.249	9687946.890	2752.998
Codos	722011.261	9687982.478	2753.504
Tapón ¾	721981.598	9687940.582	2753.206
Reductor de diámetro 63mm por 32mm	720983.289	9688827.505	2841.326
T de división	720933.701	9688955.178	2843.484
Llave de paso	720968.292	9688967.414	2837.279

Tabla 1.3 Coordenadas de los accesorios de la red

Fuente: Autoría Propia

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA

2.1 Modelación hidráulica del sistema de distribución

Durante el levantamiento de campo de la red de agua potable en los sectores de San José y San Antonio, pertenecientes a la parroquia Chiquintad, se observó que en el diseño existente predominan tuberías de diámetros nominales de 63 mm, 50 mm y 32 mm, equivalentes aproximadamente a 2", 1½", 1" y ¾", así como conexiones domiciliarias de ½". Así mismo, se corroboró que la red está construida principalmente con tubería de PVC, material ampliamente utilizado por su durabilidad y facilidad de instalación, sin embargo, en varios tramos se evidenció que la cobertura vegetal y el crecimiento natural del entorno han cubierto parcialmente tuberías, válvulas y llaves de paso, lo que dificulta su localización y podría complicar las labores de operación, mantenimiento o intervención ante posibles daños.

De igual manera, se identificó que los sectores de San José y San Antonio se encuentran en constante expansión urbana, donde con frecuencia se ejecutan extensiones de red que se conectan directamente a la tubería matriz sin contar con estudios técnicos previos, situación que podría afectar el funcionamiento hidráulico adecuado del sistema y comprometer la eficiencia del servicio de agua potable.

2.1.1 Consideraciones iniciales previo a la modelación hidráulica

Con base en la información recopilada, se determina que el sistema de agua potable fue originalmente diseñado para una vida útil de 20 años, período que a la fecha ya se ha cumplido. De acuerdo con el Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural (INEN, 1997), la vida útil se define como el “lapso de tiempo, luego del cual la obra o equipo debe ser reemplazado”. Asimismo, el mismo cuerpo normativo establece que las obras civiles de los sistemas de agua potable o disposición de residuos líquidos se diseñarán para un período de 20 años, y que los equipos se utilizarán conforme a su vida útil, pudiendo adoptarse un período de diseño diferente en casos debidamente justificados, siempre que la población futura no supere 1,35 veces la población presente.

No obstante, se evidenció que desde la construcción inicial del sistema no se dispone de un registro actualizado y completo de todas las modificaciones y extensiones de red ejecutadas

en los sectores de San José y San Antonio, pertenecientes a la parroquia Chiquintad. Esta ausencia de información consolidada podría estar generando dificultades en el funcionamiento hidráulico y en la gestión operativa del sistema, al no contar con un control técnico integral de su evolución.

2.1.2 Diámetros del sistema

Diámetro exterior	Diámetro interior	Longitud
63mm	57mm	3765.383m
50mm	45.2mm	1274.855m
32mm	26mm	1074.925m
1"	28.8mm	139.026m
3/4"	20.9mm	143.203m

Tabla 2.1 Diámetros y longitudes de la tubería del sistema de agua potable de la parroquia de Chiquintad

Fuente: Autoría propia

2.1.3 Materiales de la tuberías y accesorios del sistema

Las tuberías y accesorios del sistema de Chiquintad fueron elaboradas con Policloruro de Vinilo (PVC). Este material es ampliamente utilizado en los sistemas de abastecimiento de agua potable debido a sus favorables propiedades físicas, químicas y operativas. Este material termoplástico se caracteriza por su alta resistencia a la corrosión, baja rugosidad interna, ligereza y facilidad de instalación, lo que lo convierte en una alternativa eficiente y económica frente a materiales tradicionales.

Además, el PVC presenta buen comportamiento hidráulico al reducir las pérdidas por fricción y no se ve afectado por la mayoría de agentes químicos presentes en el suelo o en el agua. En condiciones adecuadas de diseño, instalación y operación, las tuberías de PVC pueden alcanzar una vida útil del orden de 50 años o más, lo que garantiza durabilidad, bajo mantenimiento y confiabilidad en la prestación del servicio de agua potable.

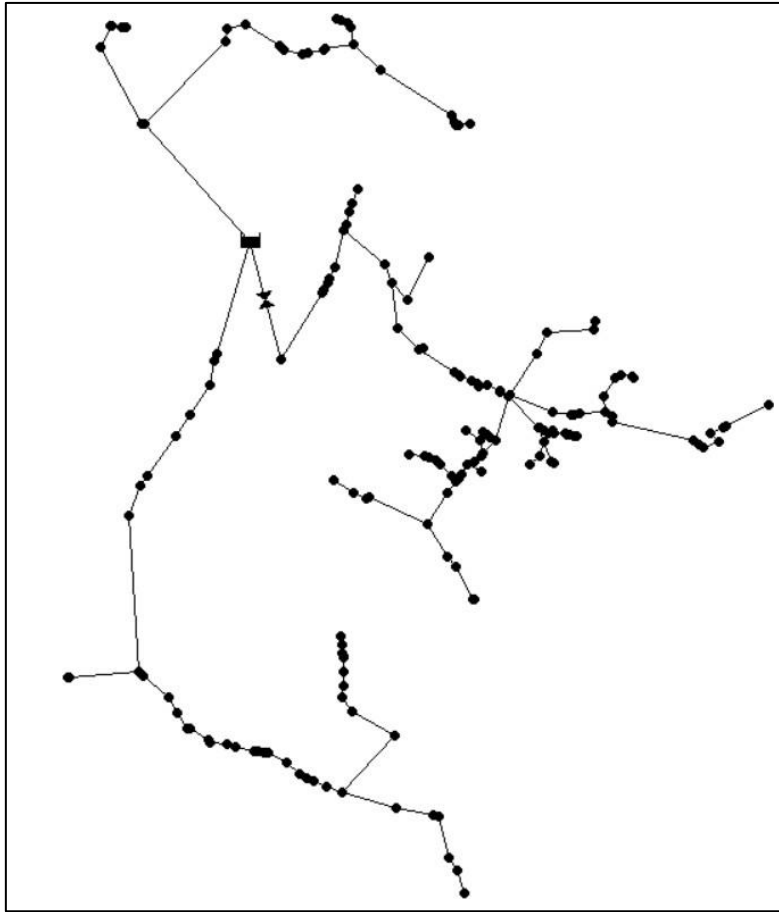


Figura 2.1 Modelado de la tubería existente de San José y San Antonio Chiquintad.

Fuente: Autoría propia

En la figura 2.1 se puede observar el trazado de las redes de distribución de agua potable para San José y San Antonio, donde la planta de agua potable que abastece a todo el sistema, se encuentra a la mitad donde distribuye a ambos sectores. Además, el sistema cuenta con un tanque rompe presiones que se ubica en conexión a la planta de agua potable. Los puntos negros son usuarios que se benefician de esta red y son alrededor de 176 predios aproximadamente.

2.1.4 Generalidades del sistema de agua potable

Para poder desarrollar una correcta evaluación del sistema, se debe entender según el Instituto Ecuatoriano De Normalización (1997) establece que un sistema de agua potable es un

conjunto de obras necesarias para captar, conducir, potabilizar, almacenar y distribuir agua apta para el consumo humano.

Un sistema de agua potable está conformado por varios componentes que deben funcionar de manera eficiente y coordinada. Entre los principales elementos se encuentran la fuente de abastecimiento que puede ser superficial o subterránea, las obras de captación, las líneas de conducción, la planta de tratamiento de agua potable, los tanques de almacenamiento y la red de distribución. El adecuado diseño, operación y mantenimiento de cada uno de estos componentes permite asegurar que el agua cumpla con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos por la normativa vigente.

Además, la planificación de los sistemas de agua potable debe considerar el crecimiento poblacional, la variabilidad de la demanda, la protección de la fuente hídrica y la sostenibilidad del servicio a largo plazo. Una evaluación integral del sistema no solo revisa el estado físico de las obras, sino también aspectos hidráulicos, operativos del agua, con el fin de identificar deficiencias y proponer mejoras que garanticen la continuidad, eficiencia y seguridad del abastecimiento para la población beneficiaria.

Para empezar con el cálculo correspondiente a los caudales que se obtiene por parte de los beneficiarios del sistema, se empezará a utilizar los datos proporcionados por la Junta de Chiquintad, la misma que se encuentra en la sección de Anexos.

Al tener como registro un aproximado de 226 Socios dentro del año 2025, se utilizará para sacar la dotación de la población.

2.1.4.1 Dotación y nivel de servicio.

Se entiende por dotación de agua potable a la cantidad promedio de agua consumida diariamente por cada uno de los habitantes. Esta cantidad es expresada en l/Hab*día y es suficiente para cubrir con todas las necesidades básicas de los usuarios. Asimismo, la dotación media actual se denomina como la cantidad de agua potable que es consumida diariamente en un periodo de tiempo (anual) por cada uno de los habitantes en el inicio del periodo de diseño. Y la dotación media futura se conoce como la cantidad de agua potable que es consumida diariamente por cada habitante en un plazo promedio anual. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 1997)

Como antecedente, se debe tener en cuenta que la dotación de agua será diferente en cada contexto de estudio, debido al nivel de servicio que tenga cada uno de los agentes de estudio. Estos niveles se podrán determinar en base al nivel de vida y las actividades cotidianas de cada uno de los sectores.

En la siguiente tabla se podrá observar el detalle de cada uno de los niveles de servicio que establece la norma.

Nivel	Sistema	Descripción
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario.
	DE	
Ia	AP	Grifos públicos.
	DE	Letrinas sin arrastre de agua.
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.
	DE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.
Ila	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa.
	DE	Letrinas con o sin arrastre de agua.
Iib	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa.
	DRL	Sistema al alcantarillo sanitario.

Tabla 2.2 Niveles de servicio para sistema de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

Fuente: (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 1997)

Simbología utilizada:

AP: agua potable

DE: disposiciones de excretas

DRL: disposición de residuos líquidos.

El sistema de Chiquintad necesita un nivel de servicio de Iib – AP en el que consiste de conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa.

En base a esta selección de nivel de servicio se escoge la dotación por habitante al día.

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (l/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Tabla 2.3 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

Fuente: (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 1997)

En la tabla 2.3 establece que para un nivel de servicio y climas fríos la dotación utilizada debe ser de $75 L / hab \cdot día$.

2.1.4.2 Caudales de diseño

Se entiende por la cantidad de agua que se necesita para que un sistema de agua potable funcione correctamente en condiciones de mayor consumo. Este valor es de suma importancia para el dimensionamiento de las diferentes partes del sistema, así como también garantizar el correcto suministro para toda la comunidad que se beneficia del sistema. Para calcularlo, se necesita conocer la población de diseño, dotación de agua por habitante, coeficientes de variación de consumo (máximo diario y máximo horario) y el periodo de diseño del sistema.

2.1.4.3 Caudal medio diario (Qm)

Este caudal es entendido por el promedio de agua que se consume una población específica durante un periodo de tiempo específico. Para obtener este parámetro se debe calcular en base a la siguiente fórmula:

$$Q_m = f \cdot \frac{P \cdot D}{86400}$$

Ecuación 2.1 Caudal medio diario (Qm)

Donde:

Qm: Caudal máximo diario (l/s)

f= Factor de fugas

P= Población en el final del periodo de diseño

D= Dotación media futura ($\frac{1}{\text{hab}\cdot\text{día}}$)

Para determinar el porcentaje de fugas que se usará para calcular el Qm, se debe verificar la tabla 2.4 que se encuentra a continuación.

Nivel de servicio	Porcentaje de fugas
Ia – Ib	10%
IIa – IIb	20%

Tabla 2.4 Porcentaje de fugas en el diseño de sistema de abastecimiento de agua potable

Fuente: (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 1997)

El sistema de Chiquintad al ser de tipo IIa, se utilizará un porcentaje de fugas del 20% para determinar los caudales medios diarios (Qm).

2.1.4.4 Caudal máximo diario (QMD)

Se entiende por la mayor cantidad de agua que una población puede consumir durante un día completo. Lo que significa que este caudal representará el día en el que el consumo de agua es más alto debido a diferentes factores como el clima, actividades domesticas o simplemente el incremento temporal del uso.

El caudal máximo se obtendrá en base a la siguiente ecuación:

$$QMD = KMD \cdot Q_m$$

Ecuación 2.2 Caudal máximo diario (QMD)

Donde:

QMD: Caudal máximo diario (l/s)

KMD: Factor de mayoración máxima diario

Para todos los niveles de servicio, se debe utilizar un factor de mayoración (KMD) de 1.25

2.1.4.5 Caudal máximo horario

Es la mayor cantidad de agua que se consume durante una hora del día de mayor consumo. Representando el momento del día en el que los usuarios utilizan el agua al mismo tipo, lo que puede ser en la mañana, tarde o en la noche según sean las actividades que se realice las actividades domésticas.

El caudal máximo horario se obtendrá en base a la siguiente ecuación:

$$QMD = KMH \cdot Q_m$$

Ecuación 2.3 Caudal máximo horario

Donde:

QMD: Caudal máximo horario (l/s)

KMH: Factor de mayoración máximo horario

Para todos los niveles se utilizará un valor de 3 para el factor de mayoración máximo horario (KMH).

2.1.4.6 Cálculo del caudal de diseño del sistema de San José y San Antonio

Para calcular este caudal se analizará en áreas de estudio donde se encontrarán consideradas todos los usuarios que se encuentran en cada una de las áreas asignadas. En la siguiente figura se identificará la distribución que se va a analizar.

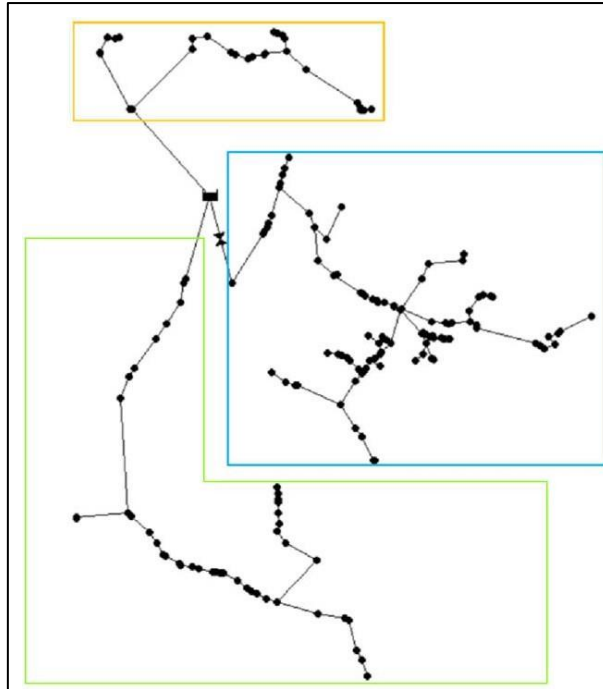


Figura 2.2 Distribución de áreas de estudio del sistema de San José y San Antonio

Fuente Autoría Propia

Las áreas de estudio serán 3 distribuidas en San Antonio (Recuadro Tomate) y San José S1 (Recuadro Verde) y San José S2 (Recuadro Azul).

DOTACION		75									
UBICACIÓN	USUARIOS	HAB/CASA	POBLACIÓ N	POBLACIO N (%)	FACTOR DE FUGAS	CAUDAL MEDIO (L/S)	KMD	CAUDAL MAXIMO DIARIO (QMD) (L/S)	KMH	CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH) (L/S)	
San Antonio	28	4	112	15.91%	1.2	0.117	1.25	0.146	3	0.350	
San Antonio Ramal 1	46	4	184	26.14%	1.2	0.192	1.25	0.240	3	0.575	
San Antonio Ramal 2	102	4	408	57.95%	1.2	0.425	1.25	0.531	3	1.275	
Total	176	4	704	100.00%		0.733		0.917		2.200	

Tabla 2.5 Cálculo de caudales para el sistema actual

Fuente: Autoría Propia

Usuarios	176
Caudal medio	0.467 l/s

Caudal máximo diario (QMD)	0.584	l/s
Caudal máximo horario (QMH)	1.401	l/s

Tabla 2.6 Tabla resumen de los resultados del cálculo de los caudales

Fuente: Autoría Propia

Además, se calculó los caudales para cada uno de los ramales el sistema para tener una precisión del sistema actual.

CALCULO DE CAUDALES DE DISEÑO										
Dotación 75 l/s										
UBICACIÓN	USUARIOS	HABICAS A	POBLACIÓN	POBLACION (%)	FACTOR DE FUGAS	CAUDAL MEDIO (L/S)	KMD	CAUDAL MAXIMO DIARIO (QMD) (L/S)	KMH	CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH) (L/S)
San Antonio	17	4	68	15.91%	1.2	0.071	1.25	0.089	3	0.213
San Antonio Ramal 1	7	4	28	15.91%	1.2	0.029	1.25	0.036	3	0.088
San Antonio Ramal 2	4	4	16	15.91%	1.2	0.017	1.25	0.021	3	0.050
San Jose S1	34	4	136	26.14%	1.2	0.142	1.25	0.177	3	0.425
San Jose S1 Ramal 1	2	4	8	26.14%	1.2	0.008	1.25	0.010	3	0.025
San Jose S1 Ramal 2	10	4	40	26.14%	1.2	0.042	1.25	0.052	3	0.125
San Jose S2	37	4	148	57.95%	1.2	0.154	1.25	0.193	3	0.463
San Jose S2 Ramal 1	4	4	16	57.95%	1.2	0.017	1.25	0.021	3	0.050
San Jose S2 Ramal 2	2	4	8	57.95%	1.2	0.008	1.25	0.010	3	0.025
San Jose S2 Ramal 3	4	4	16	57.95%	1.2	0.017	1.25	0.021	3	0.050
San Jose S2 Ramal 4	5	4	20	57.95%	1.2	0.021	1.25	0.026	3	0.063
San Jose S2 Ramal 5	1	4	4	57.95%	1.2	0.004	1.25	0.005	3	0.013
San Jose S2 Ramal 6	10	4	40	57.95%	1.2	0.042	1.25	0.052	3	0.125
San Jose S2 Ramal 7	4	4	16	57.95%	1.2	0.017	1.25	0.021	3	0.050
San Jose S2 Ramal 8	10	4	40	57.95%	1.2	0.042	1.25	0.003	3	0.125
San Jose S2 Ramal 9	2	4	8	57.95%	1.2	0.008	1.25	0.010	3	0.025
San Jose S2 Ramal 10	4	4	16	57.95%	1.2	0.017	1.25	0.021	3	0.050
San Jose S2 Ramal 11	2	4	8	57.95%	1.2	0.008	1.25	0.010	3	0.025
San Jose S2 Ramal 12	1	4	4	57.95%	1.2	0.004	1.25	0.005	3	0.013
San Jose S2 Ramal 13	8	4	32	57.95%	1.2	0.033	1.25	0.042	3	0.100
San Jose S2 Ramal 14	4	4	16	57.95%	1.2	0.017	1.25	0.021	3	0.050
San Jose S2 Ramal 15	4	4	16	57.95%	1.2	0.017	1.25	0.021	3	0.050
Total	176		704	100%						2.20

Tabla 2.7 Cálculo de los caudales del sistema completo

Nota: Autoría Propia

2.1.4.6 Pérdidas de carga

La ecuación de Hazen-Williams nos ayudó a determinar las pérdidas de carga que existía en la red donde, por concepto se basa en una relación entre la velocidad del flujo, coeficiente de rugosidad y el diámetro de las tuberías. Además, se pudo estimar las pérdidas de carga por fricción en las tuberías durante el transporte del agua. A partir de estas pérdidas se puede verificar si la red mantiene presiones adecuadas en todos los nodos, identificar tramos con posibles problemas hidráulicos y evaluar el desempeño real del sistema. Para que así las próximas generaciones que vienen puedan beneficiarse de un sistema de agua potable de calidad y que sea segura para su uso. Esta ecuación se detalla a continuación:

$$hf = 10 \cdot \frac{L}{D^{4.73}} \left(\frac{Q}{C_{Hw}} \right)^{1.852}$$

Ecuación 2.4 Ecuación de pérdidas de Hazen- Williams

Donde:

Hf: pérdidas de carga.

L: Longitud de la tubería (m)

D: Diámetro hidráulico de la conducción (m)

Q: Caudal de circulación (m³/s)

CHF: Coeficiente de pérdidas de Hazen-Williams.

Tipo de conducto	Coefficiente de Chow
Acero corrugado	60
Acero galvanizado	125
Asbesto – cemento	140
Cobre	130
PVC	140
Hormigón Liso	130
Hormigón ordinario	120
Hierro fundido nuevo	130
Hierro fundido viejo	90

Tabla 2.8 Coeficientes de Chow para la fórmula de Hazen – Williams

Fuente: (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN), 1992)

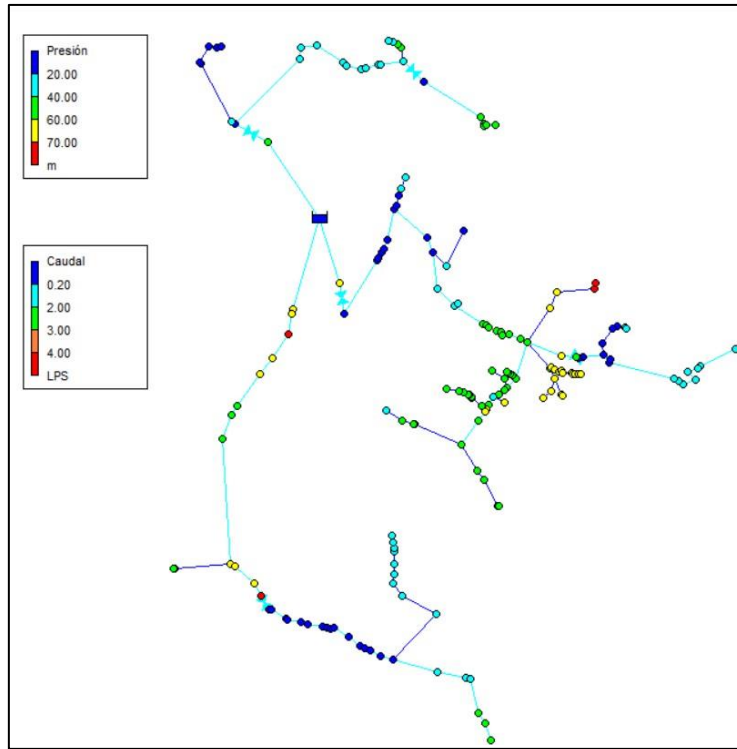


Figura 2.3 Modelo del sistema actualmente

Fuente: Autoría propia

Este modelo pertenece a un sistema de distribución de agua potable actual que abastece a 704 habitantes con una demanda aproximada de 2.20 L/s. Se puede notar comportamientos poco uniformes debido a la irregularidad de las presiones. Estos valores fueron obtenidos en base al software de EPANET y se encuentran dentro de un rango de 20- 70 m.c.a. Sin embargo, en zonas bajas el sistema presenta presiones muy elevadas generando esfuerzos importantes para las tuberías y accesorios.

Las velocidades del modelo se encuentran entre 0.04 m/s y 0.80 m/s teniendo valores más elevados en tuberías principales donde se transportan mayores caudales. En cambio, en ramales secundarios cuentan con presiones mucho más bajas siendo muy común en redes rurales dispersas con demandas pequeñas. Así mismo, el sistema presenta caudales bajos en los ramales ya que existe una relación con la población servida por cada sector debido a que

en algunos ramales existen terrenos baldíos que cuenta con un medidor y servicio pero no se le da el uso correspondiente.

2.1.5 Proyección futura del sistema

La parroquia de Chiquintad presenta una tasa de crecimiento poblacional del 1,88% anual, valor que refleja un incremento moderado de su población en el tiempo (Córdova, 2023). Este parámetro constituye la base para el desarrollo de los análisis demográficos necesarios en el presente estudio. A partir de esta tasa, se realizará la proyección de la población mediante el método geométrico, el cual permite estimar el crecimiento futuro considerando un incremento porcentual constante año a año. Con los valores poblacionales proyectados, se procederá a la estimación de los caudales de demanda, en función de las dotaciones establecidas, lo que permitirá dimensionar adecuadamente los componentes del sistema.

La ecuación para la proyección poblacional correspondiente al método geométrico se determina como:

$$Pd = Pa(1 + r)^t$$

Ecuación 2.5 Proyección poblacional del método geométrico

Donde:

Pd: Población de diseño (hab)

Pa: Población actual (hab)

r: Tasa de crecimiento anual

t: Periodo de diseño (años)

Para este análisis se calculará la población para 5, 10, 15, 20 y 25 años usando como dotación $75 L / hab \cdot día$ debido a que se sigue conservando el parámetro de poblaciones menores a 5000 habitantes y continuamos en clima frío.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN 5 AÑOS									
SECTOR	POBLACIÓN	AÑOS	POBLACION FUTURA	FACTOR DE FUGAS	CAUDAL MEDIO (L/S)	KMD	CAUDAL MAXIMO DIARIO (QMD) (L/S)	KMH	CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH) (L/S)
San Antonio	68	5	75	1.2	0.078	1.25	0.097	3	0.233
San Antonio Ramal 1	28	5	31	1.2	0.032	1.25	0.040	3	0.096
San Antonio Ramal 2	16	5	18	1.2	0.018	1.25	0.023	3	0.055
San Jose S1	136	5	149	1.2	0.155	1.25	0.194	3	0.466
San Jose S1 Ramal 1	8	5	9	1.2	0.009	1.25	0.011	3	0.027
San Jose S1 Ramal 2	40	5	44	1.2	0.046	1.25	0.057	3	0.137
San Jose S2	148	5	162	1.2	0.169	1.25	0.212	3	0.508
San Jose S2 Ramal 1	16	5	18	1.2	0.018	1.25	0.023	3	0.055
San Jose S2 Ramal 2	8	5	9	1.2	0.009	1.25	0.011	3	0.027
San Jose S2 Ramal 3	16	5	18	1.2	0.018	1.25	0.023	3	0.055
San Jose S2 Ramal 4	20	5	22	1.2	0.023	1.25	0.029	3	0.069
San Jose S2 Ramal 5	4	5	4	1.2	0.005	1.25	0.006	3	0.014
San Jose S2 Ramal 6	40	5	44	1.2	0.046	1.25	0.057	3	0.137
San Jose S2 Ramal 7	16	5	18	1.2	0.018	1.25	0.023	3	0.055
San Jose S2 Ramal 8	40	5	44	1.2	0.046	1.25	0.057	3	0.137
San Jose S2 Ramal 9	8	5	9	1.2	0.009	1.25	0.011	3	0.027
San Jose S2 Ramal 10	16	5	18	1.2	0.018	1.25	0.023	3	0.055
San Jose S2 Ramal 11	8	5	9	1.2	0.009	1.25	0.011	3	0.027
San Jose S2 Ramal 12	4	5	4	1.2	0.005	1.25	0.006	3	0.014
San Jose S2 Ramal 13	32	5	35	1.2	0.037	1.25	0.046	3	0.110
San Jose S2 Ramal 14	16	5	18	1.2	0.018	1.25	0.023	3	0.055
San Jose S2 Ramal 15	16	5	18	1.2	0.018	1.25	0.023	3	0.055
TOTAL			773						2.41

Tabla 4.9 Población a 5 años

Fuente: Autoría Propia

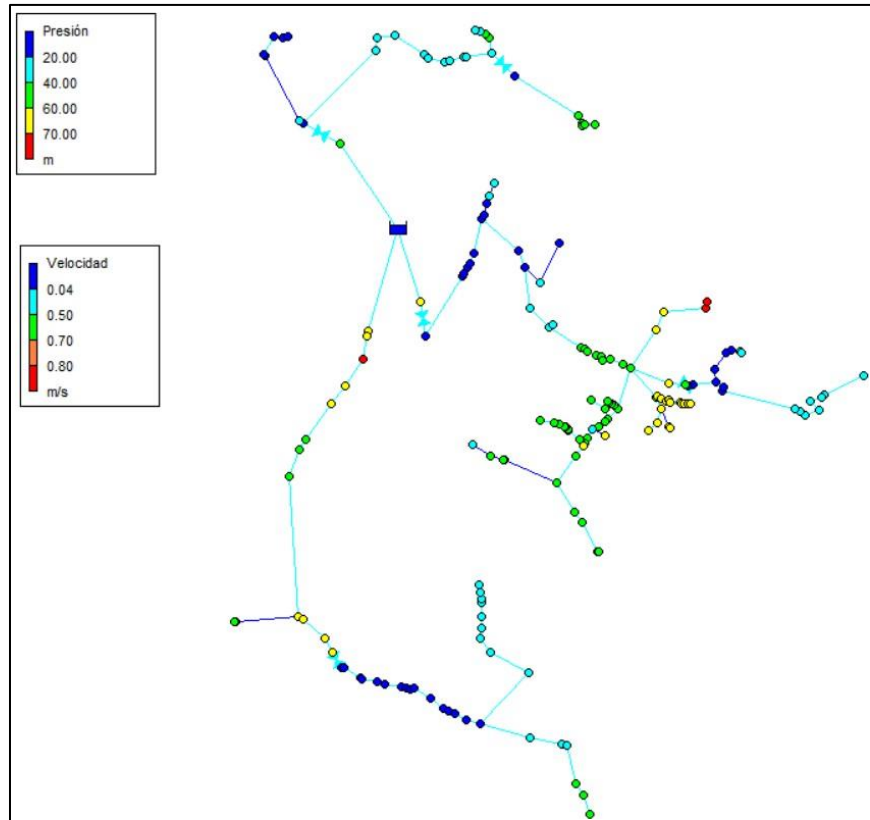


Figura 2.4 Modelo del sistema a los 5 años

Fuente: Autoría Propia

Para este modelo se consideró una alternativa a un escenario próximo que es a los 5 años, donde se considera una población futura total de 773 habitantes y un caudal máximo horario aproximado de 2.41L/s. Las presiones que se obtuvieron como resultado se encuentran en un rango de 20 a 70 m.c.a, significando que el sistema conserva una carga hidráulica suficiente para abastecer las necesidades de los nodos aún con el incremento poblacional, aunque en ciertas zonas pueda ocasionar molestias en la red debido a sus presiones muy elevadas.

En los ramales del sistema, las velocidades continúan siendo muy bajas, debido a que el caudal asignado a estos sectores es muy pequeño como para la longitud y diámetro de las tuberías. Las pérdidas unitarias se encuentran en valores bajos y medios en la mayoría de la red a pesar de existir tramos con pérdidas cercanas a 10m/km.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN 10 AÑOS									
SECTOR	POBLACIÓN	AÑOS	POBLACION FUTURA	FACTOR DE FUGAS	CAUDAL MEDIO (L/S)	KMD	CAUDAL MAXIMO DIARIO (QMD) (L/S)	KMH	CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH) (L/S)
San Antonio	68	10	82	1.2	0.085	1.25	0.107	3	0.256
San Antonio Ramal 1	28	10	34	1.2	0.035	1.25	0.044	3	0.105
San Antonio Ramal 2	16	10	19	1.2	0.020	1.25	0.025	3	0.060
San Jose S1	136	10	164	1.2	0.171	1.25	0.213	3	0.512
San Jose S1 Ramal 1	8	10	10	1.2	0.010	1.25	0.013	3	0.030
San Jose S1 Ramal 2	40	10	48	1.2	0.050	1.25	0.063	3	0.151
San Jose S2	148	10	178	1.2	0.186	1.25	0.232	3	0.557
San Jose S2 Ramal 1	16	10	19	1.2	0.020	1.25	0.025	3	0.060
San Jose S2 Ramal 2	8	10	10	1.2	0.010	1.25	0.013	3	0.030
San Jose S2 Ramal 3	16	10	19	1.2	0.020	1.25	0.025	3	0.060
San Jose S2 Ramal 4	20	10	24	1.2	0.025	1.25	0.031	3	0.075
San Jose S2 Ramal 5	4	10	5	1.2	0.005	1.25	0.006	3	0.015
San Jose S2 Ramal 6	40	10	48	1.2	0.050	1.25	0.063	3	0.151
San Jose S2 Ramal 7	16	10	19	1.2	0.020	1.25	0.025	3	0.060
San Jose S2 Ramal 8	40	10	48	1.2	0.050	1.25	0.063	3	0.151
San Jose S2 Ramal 9	8	10	10	1.2	0.010	1.25	0.013	3	0.030
San Jose S2 Ramal 10	16	10	19	1.2	0.020	1.25	0.025	3	0.060
San Jose S2 Ramal 11	8	10	10	1.2	0.010	1.25	0.013	3	0.030
San Jose S2 Ramal 12	4	10	5	1.2	0.005	1.25	0.006	3	0.015
San Jose S2 Ramal 13	32	10	39	1.2	0.040	1.25	0.050	3	0.120
San Jose S2 Ramal 14	16	10	19	1.2	0.020	1.25	0.025	3	0.060
San Jose S2 Ramal 15	16	10	19	1.2	0.020	1.25	0.025	3	0.060
			848						2.65

Tabla 2.10 Proyección de la población a 10 años

Fuente: Autoría Propia

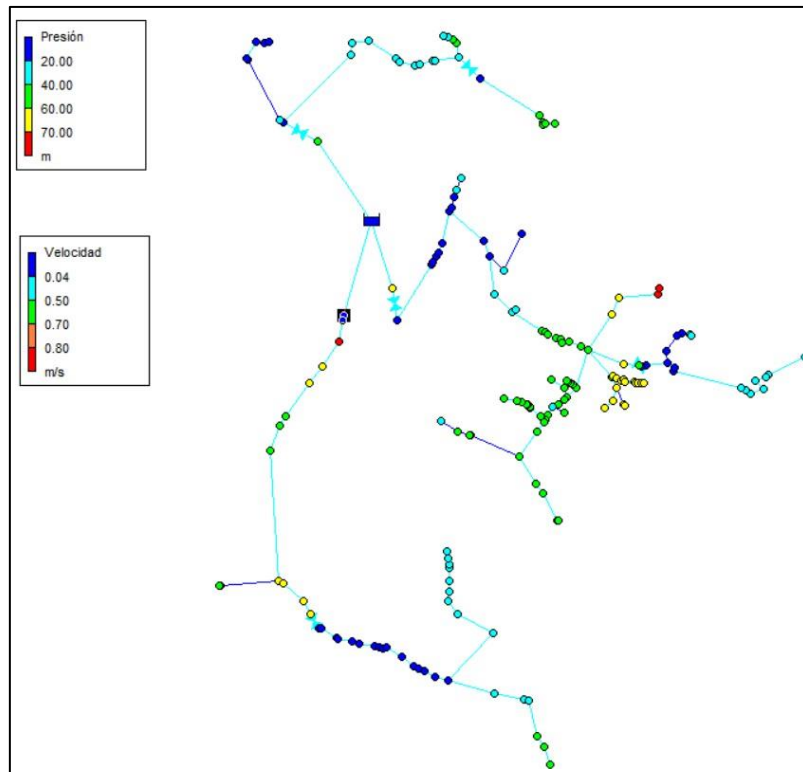


Figura 2.5 Modelo del sistema a los 10 años

Fuente: Autoría Propia

Los resultados nos muestran que la red cumple su función de abastecer todos los sectores de la zona, pero las presiones son poco uniformes. Las velocidades medias se encuentran en valores cercanos a 0.5 m/s, reflejando un funcionamiento aceptable.

Las pérdidas unitarias presentan sectores puntuales con valores altos, de hasta 10 m/km, evidenciando concentración de pérdidas en ciertos tramos. En conjunto, el modelo presenta capacidad de abastecimiento, pero no muestra un comportamiento hidráulico completamente uniforme ni plenamente ajustado a los límites normativos.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN 15 AÑOS									
SECTOR	POBLACIÓN	AÑOS	POBLACION FUTURA	FACTOR DE FUGAS	CAUDAL MEDIO (L/S)	KMD	CAUDAL MAXIMO DIARIO (QMD) (L/S)	KMH	CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH) (L/S)
San Antonio	68	15	90	1.2	0.094	1.25	0.117	3	0.281
San Antonio Ramal 1	28	15	37	1.2	0.039	1.25	0.048	3	0.116
San Antonio Ramal 2	16	15	21	1.2	0.022	1.25	0.028	3	0.066
San Jose S1	136	15	180	1.2	0.187	1.25	0.234	3	0.562
San Jose S1 Ramal 1	8	15	11	1.2	0.011	1.25	0.014	3	0.033
San Jose S1 Ramal 2	40	15	53	1.2	0.055	1.25	0.069	3	0.165
San Jose S2	148	15	196	1.2	0.204	1.25	0.255	3	0.612
San Jose S2 Ramal 1	16	15	21	1.2	0.022	1.25	0.028	3	0.066
San Jose S2 Ramal 2	8	15	11	1.2	0.011	1.25	0.014	3	0.033
San Jose S2 Ramal 3	16	15	21	1.2	0.022	1.25	0.028	3	0.066
San Jose S2 Ramal 4	20	15	26	1.2	0.028	1.25	0.034	3	0.083
San Jose S2 Ramal 5	4	15	5	1.2	0.006	1.25	0.007	3	0.017
San Jose S2 Ramal 6	40	15	53	1.2	0.055	1.25	0.069	3	0.165
San Jose S2 Ramal 7	16	15	21	1.2	0.022	1.25	0.028	3	0.066
San Jose S2 Ramal 8	40	15	53	1.2	0.055	1.25	0.069	3	0.165
San Jose S2 Ramal 9	8	15	11	1.2	0.011	1.25	0.014	3	0.033
San Jose S2 Ramal 10	16	15	21	1.2	0.022	1.25	0.028	3	0.066
San Jose S2 Ramal 11	8	15	11	1.2	0.011	1.25	0.014	3	0.033
San Jose S2 Ramal 12	4	15	5	1.2	0.006	1.25	0.007	3	0.017
San Jose S2 Ramal 13	32	15	42	1.2	0.044	1.25	0.055	3	0.132
San Jose S2 Ramal 14	16	15	21	1.2	0.022	1.25	0.028	3	0.066
San Jose S2 Ramal 15	16	15	21	1.2	0.022	1.25	0.028	3	0.066
			931						2.91

Tabla 2.11 Proyección de la población a los 15 años

Fuente: Autoría Propia

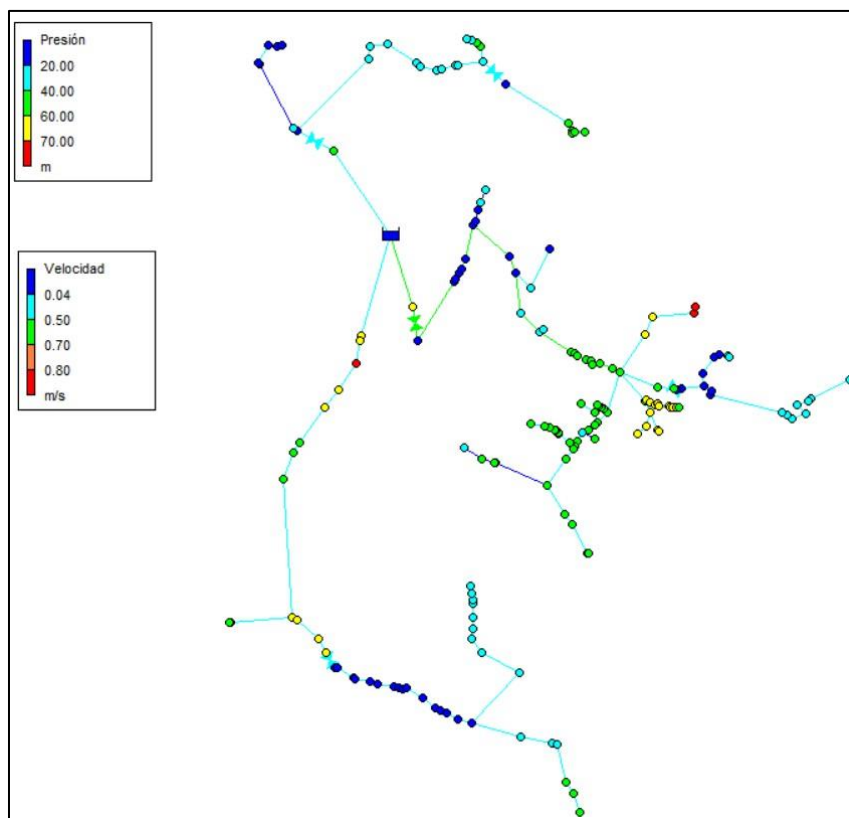


Figura 2.6 Modelación del sistema a los 15 años

Fuente: Autoría Propia

Se considera para este modelo una población futura de 931 habitantes con un caudal máximo horario de 2.91 L/s. Las presiones son poco uniformes, aunque la red cumple con la función de abastecer todos los sectores de la zona, teniendo en cuenta que el aumento de demanda no compromete la capacidad de suministro. Las velocidades medias incrementan ligeramente en tramos principales, pero en ramales terminales las velocidades continúan siendo bajas. Las pérdidas de carga se encuentran cercanas a los 10 m/km.

El sistema continúa mostrando una distribución no homogénea del flujo con ciertas diferencias marcadas en tramos principales y secundarios confirmando que existe respuesta del sistema a los incrementos de demanda, pero en ramales continúa operando con baja eficiencia.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN 20 AÑOS									
SECTOR	POBLACIÓN	AÑOS	POBLACION FUTURA	FACTOR DE FUGAS	CAUDAL MEDIO (L/S)	KMD	CAUDAL MAXIMO DIARIO (QMD) (L/S)	KMH	CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH) (L/S)
San Antonio	68	20	99	1.2	0.103	1.25	0.129	3	0.308
San Antonio Ramal 1	28	20	41	1.2	0.042	1.25	0.053	3	0.127
San Antonio Ramal 2	16	20	23	1.2	0.024	1.25	0.030	3	0.073
San Jose S1	136	20	197	1.2	0.206	1.25	0.257	3	0.617
San Jose S1 Ramal 1	8	20	12	1.2	0.012	1.25	0.015	3	0.036
San Jose S1 Ramal 2	40	20	58	1.2	0.060	1.25	0.076	3	0.181
San Jose S2	148	20	215	1.2	0.224	1.25	0.280	3	0.671
San Jose S2 Ramal 1	16	20	23	1.2	0.024	1.25	0.030	3	0.073
San Jose S2 Ramal 2	8	20	12	1.2	0.012	1.25	0.015	3	0.036
San Jose S2 Ramal 3	16	20	23	1.2	0.024	1.25	0.030	3	0.073
San Jose S2 Ramal 4	20	20	29	1.2	0.030	1.25	0.038	3	0.091
San Jose S2 Ramal 5	4	20	6	1.2	0.006	1.25	0.008	3	0.018
San Jose S2 Ramal 6	40	20	58	1.2	0.060	1.25	0.076	3	0.181
San Jose S2 Ramal 7	16	20	23	1.2	0.024	1.25	0.030	3	0.073
San Jose S2 Ramal 8	40	20	58	1.2	0.060	1.25	0.076	3	0.181
San Jose S2 Ramal 9	8	20	12	1.2	0.012	1.25	0.015	3	0.036
San Jose S2 Ramal 10	16	20	23	1.2	0.024	1.25	0.030	3	0.073
San Jose S2 Ramal 11	8	20	12	1.2	0.012	1.25	0.015	3	0.036
San Jose S2 Ramal 12	4	20	6	1.2	0.006	1.25	0.008	3	0.018
San Jose S2 Ramal 13	32	20	46	1.2	0.048	1.25	0.060	3	0.145
San Jose S2 Ramal 14	16	20	23	1.2	0.024	1.25	0.030	3	0.073
San Jose S2 Ramal 15	16	20	23	1.2	0.024	1.25	0.030	3	0.073
			1022						3.19

Tabla 2.12 Proyección de la población para 20 años

Fuente: Autoría Propia

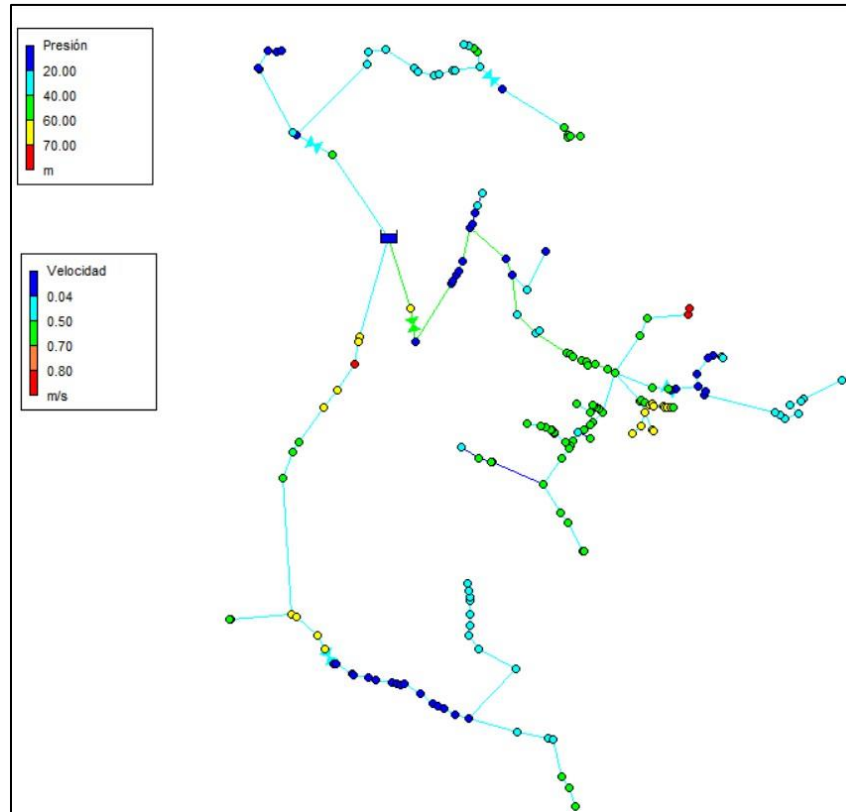


Figura 2.7 Modelo para la población de 20 años

Se considera para este modelo una población futura de 1022 habitantes con un caudal máximo horario de 3.19 L/s. Como resultado se obtuvo que la red mantiene capacidad de conducción hacia todos los sectores, pero, el incremento de la demanda incrementa las diferencias hidráulicas entre los tramos principales y secundarios.

Las pérdidas generales siguen elevadas especialmente en sectores bajos donde la carga disponible supera los valores recomendables de operación. En cuanto al caudal que circula existe un aumento lo que significa que en las líneas troncales y en los sectores de San José S1 y San José S2 se concentran las mayores demandas. Las velocidades se encuentran entre 0.50, 0.70 y 0.80 m/s siendo las tuberías con mayores demandas las que presentan una mayor circulación. Sin embargo, permanecen tramos con velocidades muy bajas, cercanas a 0.04 m/s, principalmente en ramales extremos o de bajo consumo.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN 25 AÑOS									
SECTOR	POBLACIÓN	AÑOS	POBLACION FUTURA	FACTOR DE FUGAS	CAUDAL MEDIO (L/S)	KMD	CAUDAL MAXIMO DIARIO (QMD) (L/S)	KMH	CAUDAL MAXIMO HORARIO (QMH) (L/S)
San Antonio	68	25	108	1.2	0.113	1.25	0.141	3	0.339
San Antonio Ramal 1	28	25	45	1.2	0.046	1.25	0.058	3	0.139
San Antonio Ramal 2	16	25	25	1.2	0.027	1.25	0.033	3	0.080
San Jose S1	136	25	217	1.2	0.226	1.25	0.282	3	0.677
San Jose S1 Ramal 1	8	25	13	1.2	0.013	1.25	0.017	3	0.040
San Jose S1 Ramal 2	40	25	64	1.2	0.066	1.25	0.083	3	0.199
San Jose S2	148	25	236	1.2	0.246	1.25	0.307	3	0.737
San Jose S2 Ramal 1	16	25	25	1.2	0.027	1.25	0.033	3	0.080
San Jose S2 Ramal 2	8	25	13	1.2	0.013	1.25	0.017	3	0.040
San Jose S2 Ramal 3	16	25	25	1.2	0.027	1.25	0.033	3	0.080
San Jose S2 Ramal 4	20	25	32	1.2	0.033	1.25	0.041	3	0.100
San Jose S2 Ramal 5	4	25	6	1.2	0.007	1.25	0.008	3	0.020
San Jose S2 Ramal 6	40	25	64	1.2	0.066	1.25	0.083	3	0.199
San Jose S2 Ramal 7	16	25	25	1.2	0.027	1.25	0.033	3	0.080
San Jose S2 Ramal 8	40	25	64	1.2	0.066	1.25	0.083	3	0.199
San Jose S2 Ramal 9	8	25	13	1.2	0.013	1.25	0.017	3	0.040
San Jose S2 Ramal 10	16	25	25	1.2	0.027	1.25	0.033	3	0.080
San Jose S2 Ramal 11	8	25	13	1.2	0.013	1.25	0.017	3	0.040
San Jose S2 Ramal 12	4	25	6	1.2	0.007	1.25	0.008	3	0.020
San Jose S2 Ramal 13	32	25	51	1.2	0.053	1.25	0.066	3	0.159
San Jose S2 Ramal 14	16	25	25	1.2	0.027	1.25	0.033	3	0.080
San Jose S2 Ramal 15	16	25	25	1.2	0.027	1.25	0.033	3	0.080
			1121						3.50

Tabla 2.13 Proyección de la población para 25 años

Fuente: Autoría Propia

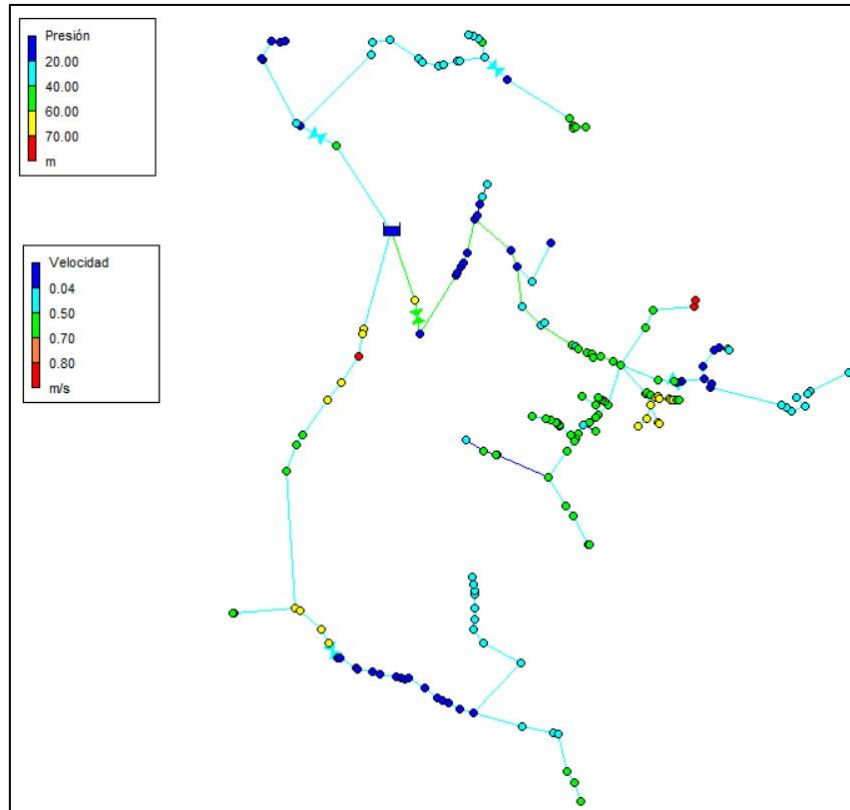


Figura 2.8 Modelo para la población de 25 años

Fuente: Autoría propia

En el proyecto se considera una población de 1121 habitantes y un caudal de 3.50 L/s. La red continúa abasteciendo a las diferentes zonas sin evidenciar fallas en relación a su suministro. Pero, el incremento de la demanda hace que los factores hidráulicos sean similares a las proyecciones anteriores.

La presión que presenta el sistema se mantiene en un rango de 20 a 70 m.c.a. sin embargo continúan sectores que presentan sobrepresiones, especialmente en puntos terminales y zonas bajas. Los mayores caudales se concentran en sectores con mayor población como San José S1 y San José S2 haciendo que trabajen con mayores solicitaciones hidráulicas mientras que los ramales secundarios estén transportando caudales bajos.

Las velocidades presentan un incremento más evidente en comparación con los modelos de 10, 15 y 20 años. En varios tramos principales se alcanzan valores cercanos a 0.70–0.80 m/s, lo que indica una mejora en la dinámica del flujo en las conducciones con mayor carga. Sin

embargo, este comportamiento no es uniforme ya que persisten numerosos tramos con velocidades bajas cercanas a 0.04 m/s, especialmente en ramales extremos. Se identifican con mayor claridad tramos con pérdidas elevadas, alcanzando valores cercanos a 10 m/km, principalmente en las líneas donde el caudal acumulado es mayor.

2.2 Diagnóstico técnico y verificación del cumplimiento normativo

El diagnóstico técnico y la verificación del cumplimiento normativo constituyen una etapa fundamental, ya que permiten evaluar de manera objetiva las condiciones actuales del sistema en estudio. A través de este proceso, se identifican deficiencias, limitaciones y posibles riesgos operativos, contrastando los resultados obtenidos con los criterios establecidos en la normativa vigente. De esta forma, se garantiza que el análisis no solo refleje la realidad técnica del sistema, sino que también determine su nivel de conformidad con los estándares requeridos, sirviendo como base para la formulación de propuestas de mejora.

2.2.1 Caudal de diseño

Según las Normas De Diseño De Sistemas De agua Potable Para La Emaap-Q, el caudal de diseño de las redes de distribución debe ser el caudal máximo horario (QMH) del año horizonte de diseño. (Carrasco, 2009). Se colocó el respectivo caudal para cada sección y se corroboró el funcionamiento del sistema, en el cual se puede observar que los caudales rondan entre 0.011 L/s y 0.463 L/s en las diferentes tuberías que conforman el sistema. Si bien la norma no establece un mínimo de caudal que deba existir en las tuberías, este valor dependerá del diámetro y la velocidad con la que tenga dicha tubería.

2.2.2. Diámetros de las tuberías

Según en el INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN), 1992, en el Código De Practica Para El Diseño De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable, Disposición De Excretas Y Residuos Líquidos En El Área Rural, establece que los diámetro nominal mínimo de los conductos de la red será de 20mm (3/4"). Lo que el sistema si cumple con dicho parametro ya que presenta diametros desde los 20mm hasta los 63mm distribuidos en los ramales del sistema.

2.2.3. *Velocidades del sistema*

Según la norma del INEN, la velocidad en tuberías de agua potable depende principalmente del caudal y del diámetro, por lo que debe mantenerse dentro de un rango adecuado para asegurar el buen funcionamiento del sistema, evitando sedimentación a bajas velocidades y pérdidas excesivas o daños en la red a altas velocidades. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN), 1992).

Dentro del sistema existen velocidades que bordean entre los 0.04m/s hasta los 0.80m/s, lo que significa que el diseño presenta tuberías sobredimensionadas por ello el agua circula muy lento a lo que normalmente debería ir. Aunque se debe tener en cuenta que la normativa nos menciona que la velocidad mínima es de 0.30 m/s pero, si se tienen velocidades muy bajas se deberán colocar válvulas en esos tramos.

Asimismo, existen algunos sectores que se les puede denominar como “sectores muertos” o con un muy poco uso del servicio, esto se debe a que existen muchos terrenos baldíos que ya poseen un medidor o casas inhabitadas que en ciertos casos ya cuentan con una red domiciliaria o la conexión de la propia vivienda para que en un futuro se pueda utilizar. Esto genera que se de esta descompensación en el sistema y que exista muchas tuberías tipo ramal que no cuenta con una circulación continua.



Figura 2.9 Casas inhabitadas que cuentan con medidor

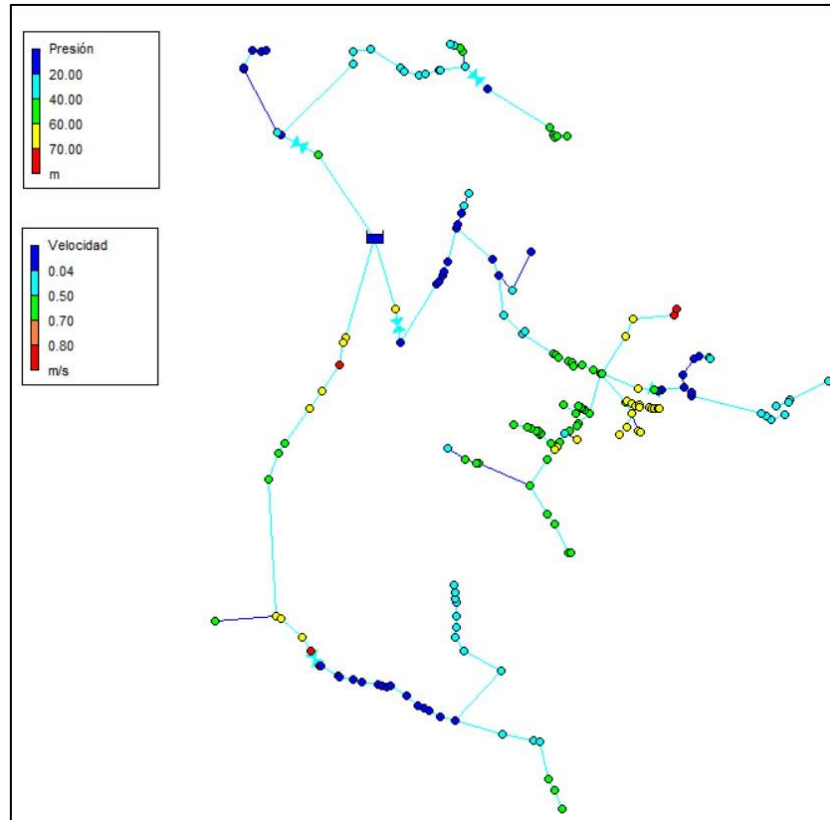


Figura 2.10 Modelo de las velocidades del sistema

2.2.4. Presiones en el sistema

Según la normativa vigente, la presión dinámica mínima en los extremos de la red matriz debe ser de 15 m.c.a. cuando circula el caudal de diseño; sin embargo, para sistemas ubicados en zonas rurales se permite una presión mínima de 10 m.c.a. En este contexto, debido a que Chiquintad corresponde a una zona rural, se adopta como criterio de evaluación una presión mínima de 10 m.c.a., conforme a lo establecido por el INEN. (INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN), 1992).

Las presiones del sistema varían entre 20 m.c.a. y 70 m.c.a., lo que evidencia un comportamiento hidráulico no uniforme dentro de la red. No se determina valores por debajo del mínimo normativo típico, por lo que el sistema, mantiene capacidad de suministro en los nodos evaluados.

Adicionalmente, la operadora del sistema ha manifestado que existen sectores donde los usuarios perciben muy baja presión en el servicio, lo cual guarda concordancia con los resultados obtenidos en el modelo hidráulico. En cuanto a las tuberías empleadas (32 mm y 63 mm), estas deben operar dentro de rangos de presión que no comprometan su integridad estructural, siendo recomendable que las presiones de servicio se mantengan dentro de aproximadamente 50 a 70 m.c.a., dependiendo del material y su clase. En este sentido, los valores máximos registrados requieren la evaluación de medidas de control, como la implementación de válvulas reductoras de presión o la sectorización de la red.

2.2.5. Pérdidas de carga en la red de distribución

Según los criterios establecidos por el INEN, las pérdidas de carga unitarias en redes de distribución de agua potable deben encontrarse dentro de un rango que garantice un adecuado funcionamiento del sistema, recomendándose valores aproximados entre 2 y 10 m/km. En el modelo analizado, las pérdidas unitarias presentan un rango aproximado entre 0.10 m/km y valores cercanos a 10 m/km, lo que evidencia un comportamiento claramente heterogéneo en la red.

Los tramos con pérdidas cercanas al límite se localizan principalmente en sectores donde existe mayor concentración de caudal, lo cual es coherente con el incremento de la fricción en tuberías que transportan mayores volúmenes de agua. Estos valores, aunque sean altos, se mantienen dentro del rango aceptable, indicando que dichos tramos operan bajo condiciones hidráulicas exigentes pero aún admisibles.

Por otro lado, una parte significativa de la red presenta pérdidas unitarias muy bajas (inferiores a 1 m/km), lo que sugiere la existencia de bajas velocidades de flujo especialmente en ramales secundarios y terminales.

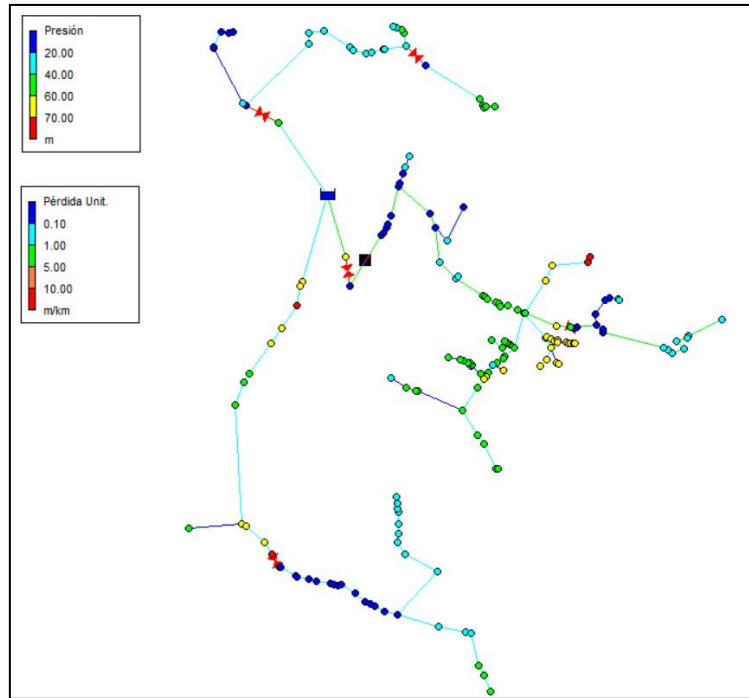


Figura 2.11 Modelo de las pérdidas de carga del sistema

2.2.6. Accesorios del sistema

De acuerdo con lo establecido por el INEN, la red de distribución debe contar con válvulas que permitan sectorizar el sistema, facilitando la operación y el mantenimiento sin necesidad de interrumpir el servicio en toda la localidad. Este criterio es fundamental para garantizar la continuidad del suministro, así como para aislar tramos específicos en caso de reparaciones o fallas. Adicionalmente, como parte del análisis, se adjunta registros fotográficos de las válvulas existentes en el sistema, con el fin de evidenciar su estado, ubicación y funcionalidad dentro de la red.



Figura 2.12 Válvulas Existentes

2.2.7. Analisis del sistema de agua potable futuro

En base a los modelos futuros de 20 y 25 años se identificó un incremento progresivo de los caudales, alcanzando los 3.19 L/s y 3.50 L/s respectivamente. Como primer punto, tenemos a las pérdidas de carga de estos modelos, lo cual se obtuvieron valores que alcanzan los 10 m/km establecidos por la norma INEN. Esto indica que en algunos sectores, la red opera bajo condiciones de mayor exigencia hidraulica y en otros presentan pérdidas muy bajas, dandonos como resultado una distribución no uniforme del esfuerzo hidráulico.

Respecto a las velocidades, los modelos alcanzan valores máximos muy cercanos a 0.70 – 0.80 m/s, encajando dentro de los rangos adecuados para redes de distribución. Además, no se evidencian problemas asociados a velocidades excesivas pero existen varios tramos que presentan velocidades muy bajas que bordean los 0.04 m/s. Esto se puede identificar que proviene de ramales terminales y que no tienen mayor flujo.

En relación con los caudales se evidencia un incremento en relación a la demanda que se planea satisfacer con el sistema. Este caudal llegará aproximadamente a los 3.50 L/s dentro de 25 años haciendo que las tuberías troncales del sistema absorban este caudal. Sin embargo, el sistema no distribuye de manera homogénea el caudal generando así una clara diferenciación entre los tramos principales de os secundarios.

CAPITULO 3: PROPUESTA TÉCNICA DE MEJORAMIENTO

3.1 Alternativas de optimización del sistema

3.1.1 Problemas que presenta el sistema actual

En el sistema actual se puede evidenciar que la red es capaz de abastecer la demanda existente que tiene, pero, presenta problemas hidráulicos que se evaluarán en base a la Norma CO 10.7–602. Como primer punto, se identifican presiones elevadas muy cercanas a los 70 m.c.a valores que superan los rangos recomendados para redes de distribución, lo que implica un riesgo directo de incremento de fugas, fallas en accesorios y reducción de la vida útil de las tuberías.

Por otro lado, el sistema presenta velocidades muy bajas en varios ramales terminales, lo cual refleja una circulación insuficiente del agua. Aunque la norma no establece un valor mínimo explícito, sí exige evitar condiciones que favorezcan sedimentación. Adicionalmente, se observa una distribución desigual de caudales, ya que el flujo se concentra principalmente en las tuberías troncales, mientras que los ramales secundarios operan con caudales muy bajos. Esto evidencia que el sistema no está funcionando de manera equilibrada, ya que no todos los sectores participan de forma efectiva en la conducción del caudal máximo horario, incumpliendo el criterio de una distribución uniforme del servicio.

En cuanto a las pérdidas de carga unitarias, se presentan valores cercanos al límite superior recomendado y otros bajos. Este comportamiento confirma que existen tramos sobrecargados hidráulicamente y otros claramente subutilizados, lo que refuerza la idea de un sistema desbalanceado.

3.1.2 Alternativas de mejoramiento para el sistema actual

En base a los criterios establecidos por la Norma CO 10.7–602 se plantea las siguientes alternativas de mejoramiento para corregir los desbalances hidráulicos que se presentan en el sistema. Como primer lugar se propone redimensionar ciertas tuberías que se encuentran con pérdidas de cargas cercanas al límite admisible de 10 m/km, requiriendo un aumento de diámetro. Además, en sectores que presentan velocidades muy bajas es necesario verificar la posibilidad de una reducción de diámetros o su reconfiguración, con el fin de mejorar la circulación del agua y evitar problemas de sedimentación y deterioro de la calidad.

Adicionalmente, se plantea la implementación de válvulas de seccionamiento, que permitan sectorizar la red y facilitar las labores de operación y mantenimiento sin interrumpir el servicio en toda la localidad. De igual manera, en zonas donde se presentan sobrepresiones, se recomienda la instalación de válvulas reductoras de presión, con el objetivo de proteger las tuberías de PVC y prolongar la vida útil de la infraestructura.

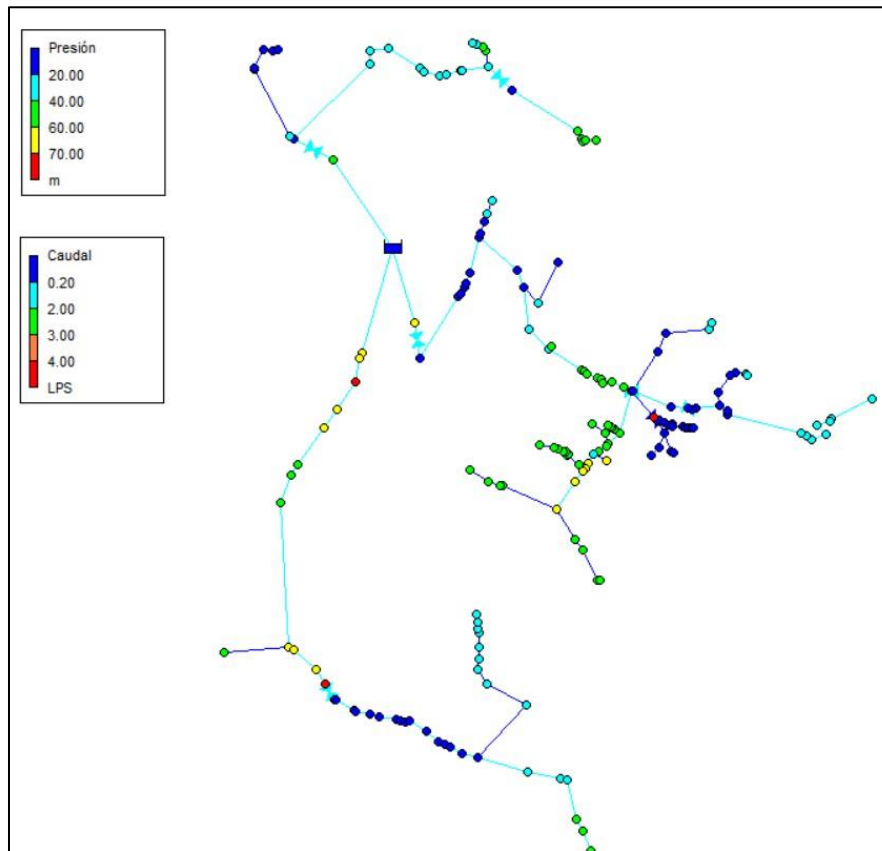


Figura 3.1 Modelo del sistema con las alternativas de mejoramiento

En este modelo se incrementó los diámetros a 75mm que correspondían a la matriz principal de San Jose correspondiente a la segunda sección, se puede observar la línea roja en la figura 3.2 que se encontraban con pérdidas unitarias muy cercanas al límite. Así mismo, redujeron los diámetros correspondientes a los ramales secundarios del sistema, ya que al tener velocidades y caudales muy bajos se logro aumentarlos mediante a cambio de diámetros.

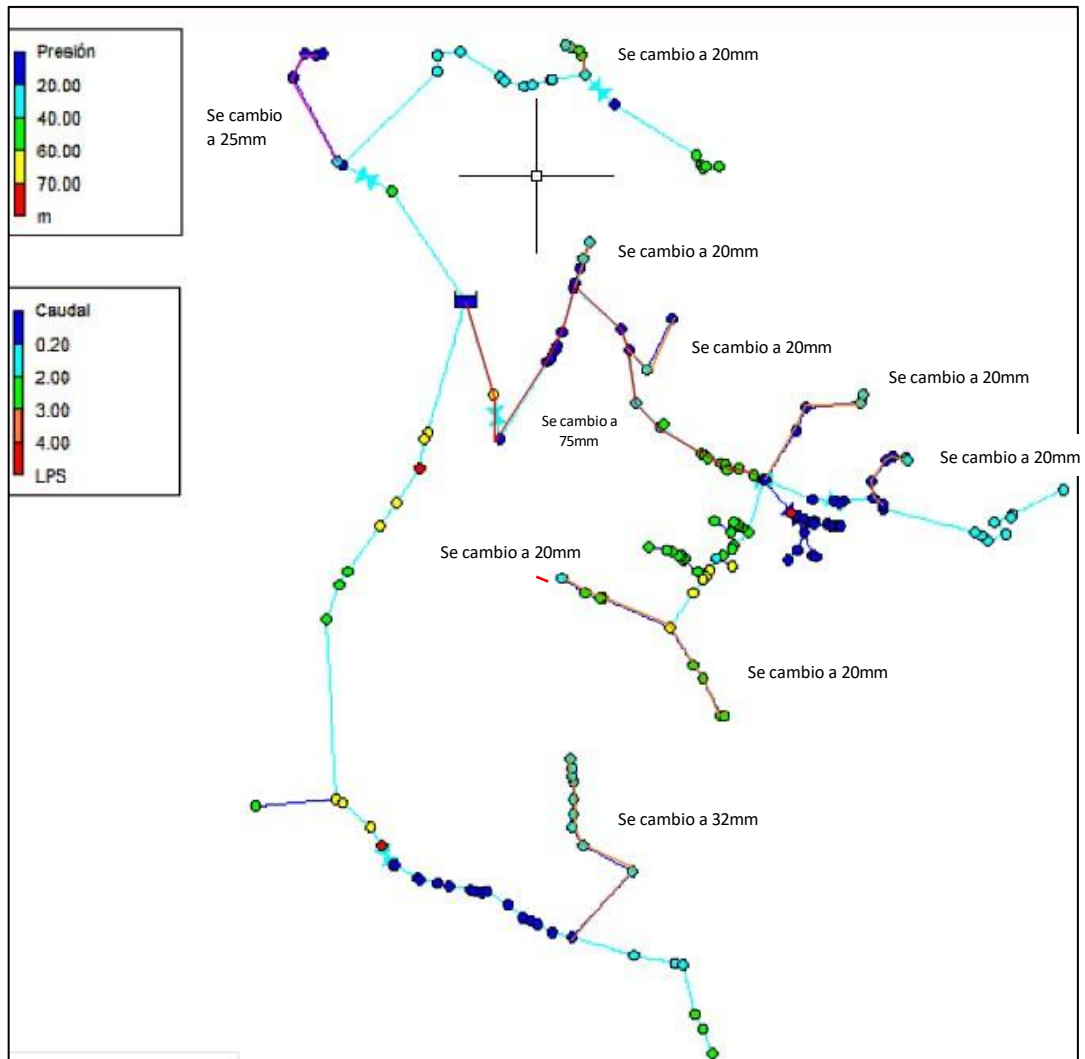


Figura 3.2 Identificación de tuberías con cambios de diámetro

Además, se agregó válvulas reductoras en lugares donde se tenía presiones muy altas y se logró reducirlo notablemente, en la siguiente figura se puede observar la ubicación de cada una de ellas.

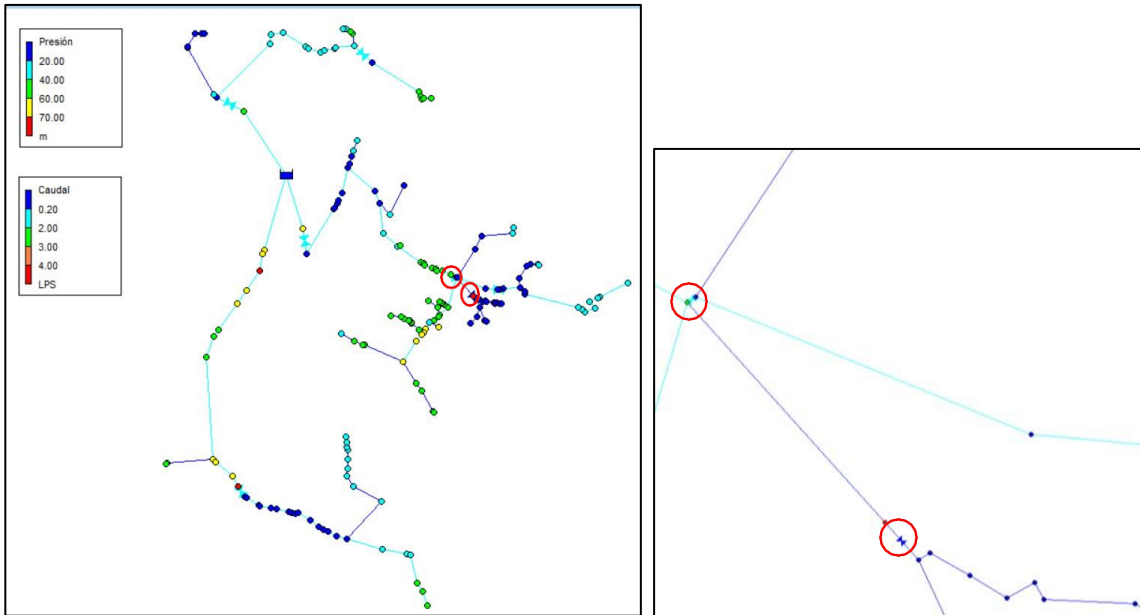


Figura 3.3 Válvulas Reductoras en el sistema

Fuente: Autoría Propia

3.1.3 Alternativas de mejoramiento para el sistema futuro

Las alternativas de mejoramiento implementadas en el sistema actual se deben evaluar no solo en su efecto inmediato sino en su desempeño a largo plazo mediante una proyección de 25 años. En este análisis se evaluará si es que el redimensionamiento de tuberías, la optimización de velocidades y las válvulas que se incorporaron realmente funcionan frente al crecimiento de la población.

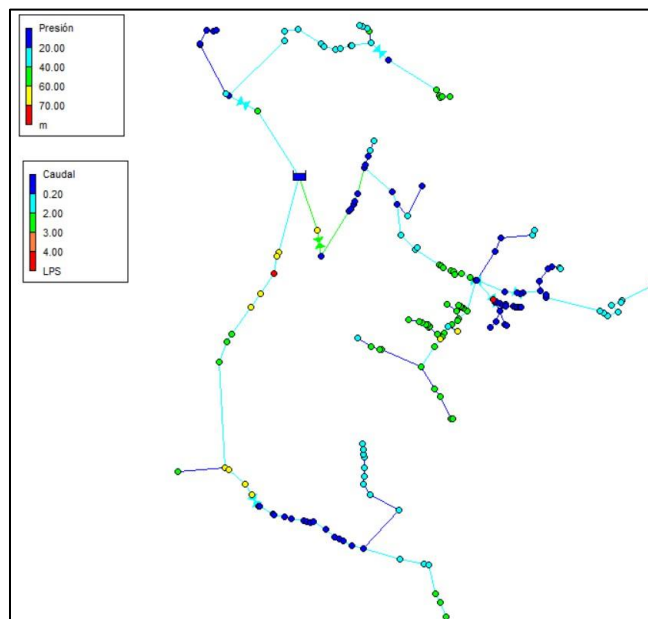


Figura 3.4 Modelo del sistema con las alternativas de mejoramiento a 25 años

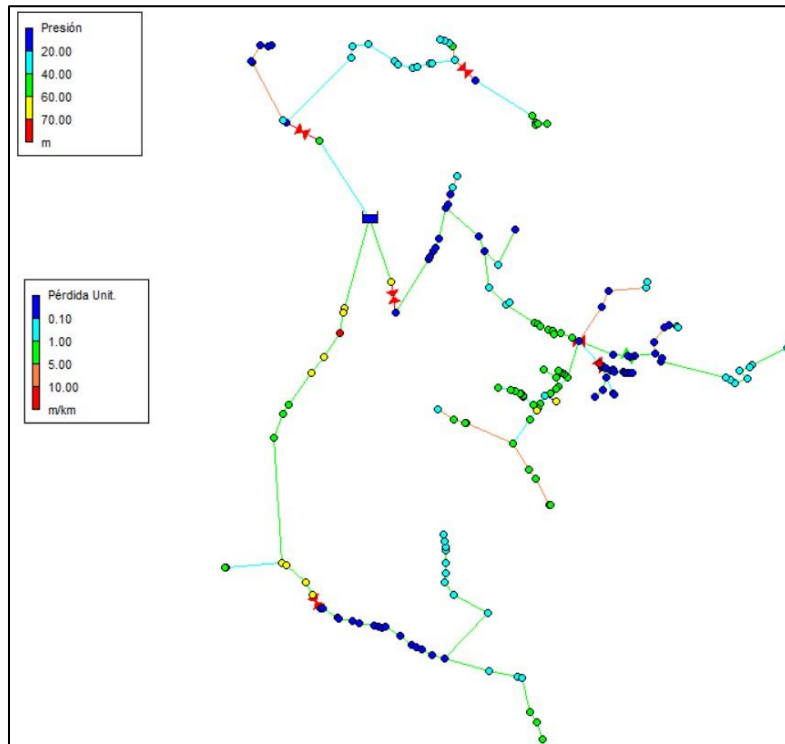


Figura 3.5 Pérdidas Unitarias del modelo a 25 años

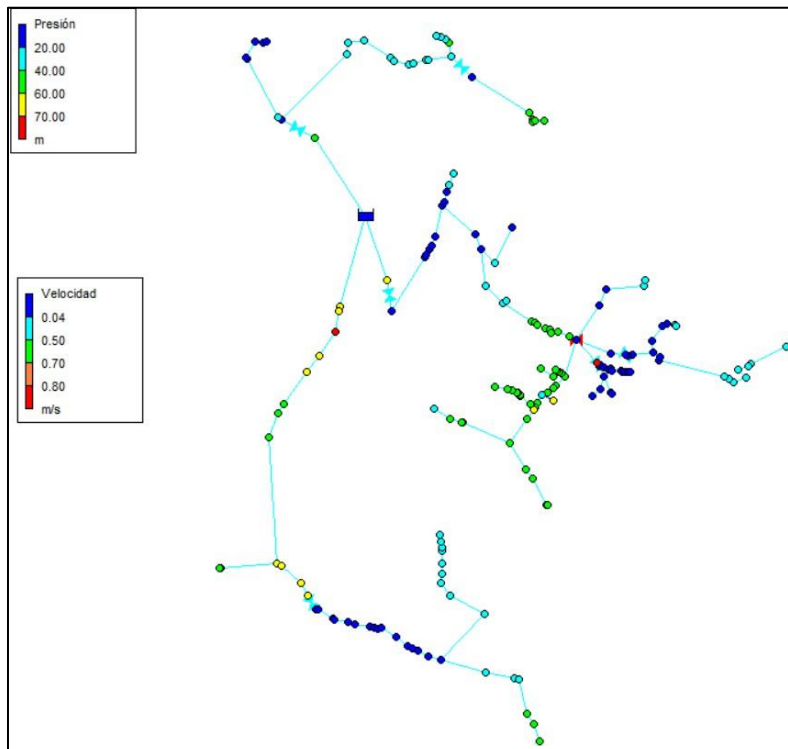


Figura 3.6 Velocidades del modelo a 25 años

Con las modificaciones realizadas en la red, se obtuvieron los resultados que se muestran en las figuras adjuntas. Si bien en algunos tramos se presentan pérdidas unitarias cercanas a 5 m/km, estos valores se mantienen dentro de los límites establecidos por la normativa, por lo que no representan una condición desfavorable ni comprometen el funcionamiento del sistema.

Por otro lado, uno de los efectos más claros de las modificaciones es la mejora en las velocidades de circulación, debido a que el flujo se distribuye de manera más eficiente a lo largo de la red, reduciendo zonas con bajo movimiento y favoreciendo un desempeño hidráulico más uniforme.

3.2. Evaluación y recomendaciones finales

A partir del análisis realizado para el sistema actual y su proyección a 20 y 25 años, se evidencia que la red de distribución en su actualidad presentaba varias deficiencias que afectaban su funcionamiento y que tendían a empeorarse con el incremento de la demanda. Estas condiciones se reflejaban en presiones poco uniformes, velocidades inadecuadas los ramales y pérdidas de carga que en algunos casos, no se ajustaban completamente a los criterios recomendados por la normativa INEN. Esta situación coincidía con lo reportado por la operadora del sector, donde se identificaban sectores con baja presión y un servicio poco homogéneo en la red.

Además, se identificó un desbalance hidráulico general del sistema, asociado principalmente a ampliaciones realizadas sin una planificación técnica adecuada, así como la ausencia de información histórica confiable. Dando como consecuencia una red que operaba de manera poco eficiente, dificultando su control y mantenimiento.

Sin embargo, a partir de las modificaciones propuestas y evaluadas, el comportamiento hidráulico del sistema muestra una mejora evidente. Los resultados obtenidos indican que las presiones se mantienen dentro de rangos adecuados para el funcionamiento del sistema, y aunque existen tramos con pérdidas unitarias cercanas a 5 m/km, estos valores se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa, por lo que no representan una condición crítica de operación.

Por otro lado, uno de los cambios más relevantes es la mejora en las velocidades del flujo, especialmente en las conducciones principales, lo que refleja una distribución más eficiente del agua dentro de la red. Si bien aún persisten algunos tramos con velocidades bajas propios de sistemas rurales con ramales extensos y baja demanda.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para concluir con la evaluación del sistema de agua potable de las comunidades de San José y San Antonio, se logró identificar el estado actual, su comportamiento hidráulico y las limitaciones que presentan a futuro. Como principales problemas se encontró la falta de uniformidad en la distribución de presiones, la ausencia de información histórica y de un control adecuado en las ampliaciones porque el sistema opere deficientemente haciendo que se dificulte su operación y mantenimiento.

Mediante levantamiento y georreferenciación se obtuvo una base de datos del sistema identificando aproximadamente 176 usuarios conectados a la red, así como la distribución de tuberías, accesorios y elementos principales. Se determinó que el sistema está conformado principalmente por tuberías de PVC de 63 mm, 50 mm y 32 mm, evidenciando una ausencia de información técnica previa, lo que obligó a reconstruir el sistema a partir de inspecciones realizadas. Asimismo, se identificó que gran parte de la red ha sido ampliada de manera independiente generando una configuración hidráulica poco uniforme.

En cuanto a la evaluación del sistema existente, se determinó que el cumplimiento de la normativa vigente es parcial. El sistema es capaz de abastecer la demanda actual que presentan caudales de 3.50 L/s. Las presiones se mantienen en rangos entre 20 y 70 m.c.a., indicando que el sistema conserva capacidad de suministro, las velocidades del flujo varían entre 0.04 m/s y valores cercanos a 0.70 - 0.80 m/s, mostrando una mejora en los tramos principales pero con valores bajos en ramales secundarios. Las pérdidas de carga presentan valores cercanos a 5 m/km e incluso valores superiores en escenarios futuros manteniéndose en varios casos dentro de los rangos permisibles.

El sistema mantiene su capacidad de abastecimiento a 20 y 25 años sin presentar fallas, sin embargo, el incremento de la demanda intensifica las diferencias hidráulicas entre tramos principales y secundarios. En tramos principales presentan velocidades altas representando mejoras en la dinámica del flujo, mientras que en los ramales continúan existiendo zonas de baja circulación.

En base a los resultados obtenidos y a las alternativas de mejoramiento planteadas, se recomienda ejecutar intervenciones progresivas en los tramos más críticos de la red, priorizando los sectores donde se concentran mayores pérdidas de carga y condiciones

desfavorables de presión. El reemplazo de tuberías con mayor diámetro permitirá mejorar la eficiencia hidráulica del sistema y reducir las exigencias energéticas en las conducciones principales.

Asimismo, se recomienda implementar la sectorización de la red de distribución como una estrategia clave para optimizar el control operativo. Esta medida facilitará la identificación de fallas, permitirá aislar tramos en caso de mantenimiento y contribuirá a reducir pérdidas de agua, mejorando la gestión general del sistema.

En los sectores donde se presentan sobrepresiones es necesario considerar la instalación de válvulas reductoras de presión, con el fin de proteger la infraestructura existente y evitar daños en tuberías y accesorios. Esta medida resulta especialmente importante en zonas bajas donde la carga hidráulica supera los valores recomendados.

Es fundamental que cualquier futura ampliación de la red se realice bajo criterios técnicos y no de manera empírica, como ha ocurrido anteriormente. Para ello, se recomienda establecer lineamientos de diseño y control que garanticen que las nuevas conexiones no generen desbalances en el sistema.

Bibliografía

Bravo, G. S. (10 de Marzo de 2025). *Importancia del agua para la salud y prevención de enfermedades*. Obtenido de <https://blog.clinicainternacional.com.pe/importancia-agua-salud/>

Carrasco, J. N. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE PARA LA EMAAP-Q*. Quito: EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE .

Córdova, C. E. (12 de Junio de 2023). *ESTRUCTURA DEL PDOT DE LA PARROQUIA CHIQUINTAD 2019-2023*. Obtenido de https://chiquintad.gob.ec/download/pdot/PDOT-CHIQUINTAD-DIAGNOSTICO.pdf?utm_source=chatgpt.com

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Chiquintad. (2025 de Diciembre de 2025). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Obtenido de https://chiquintad.gob.ec/wp-content/uploads/2024/06/TOMO-1_DIAGNOSTICO_PDOT-CHIQUINTAD.pdf

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN). (10 de Septiembre de 1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Obtenido de <https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (1997). *NORMA DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. Quito.

Anexos

ANEXO 1.1 Imágenes del levantamiento de información del sistema junto a la Operadora



ANEXO 1.2

Tabla Perdidas Unitarias del sistema actual

Estado de las Líneas de la Red	
ID Línea	Pérdida Unit. (m/km)
Tubería T1	2.16
Tubería T2	2.15
Tubería T3	2.15
Tubería T4	2.15
Tubería T5	2.15
Tubería T6	2.15
Tubería T7	2.15
Tubería T8	2.15
Tubería T9	1.97
Tubería T10	1.98
Tubería T11	1.98
Tubería T13	2
Tubería T14	1.98
Tubería T15	1.96
Tubería T16	1.99
Tubería T17	1.98
Tubería T18	1.98
Tubería T19	1.97
Tubería T20	1.99
Tubería T21	1.98
Tubería T22	1.98
Tubería T23	1.99
Tubería T24	1.98
Tubería T25	1.99
Tubería T26	1.97
Tubería T27	0.18
Tubería T28	0.18
Tubería T29	1.98
Tubería T30	1.23
Tubería T31	1.23
Tubería T32	1.2
Tubería T33	1.23
Tubería T34	1.23
Tubería T35	1.23
Tubería T37	0.4
Tubería T38	0.39
Tubería T39	0.4

Tubería T40	0.39
Tubería T41	0.39
Tubería T43	3.48
Tubería T44	0.35
Tubería T45	0.36
Tubería T46	0.37
Tubería T47	0.36
Tubería T48	0.35
Tubería T49	0.36
Tubería T51	0.34
Tubería T52	0.34
Tubería T54	0.33
Tubería T55	0.34
Tubería T56	0.32
Tubería T57	0.35
Tubería T58	0.36
Tubería T59	0.38
Tubería T61	0.12
Tubería T62	0.14
Tubería T63	0.14
Tubería T67	1.79
Tubería T69	5.96
Tubería T70	5.96
Tubería T81	8.74
Tubería T82	8.75
Tubería T83	8.42
Tubería T84	0.18
Tubería T85	8.42
Tubería T86	0
Tubería T87	0.18
Tubería T88	8.25
Tubería T89	8.28
Tubería T90	8.25
Tubería T91	8.26
Tubería T92	8.26
Tubería T93	8.25
Tubería T94	8.26
Tubería T95	8.26
Tubería T96	8.32
Tubería T97	8.25
Tubería T98	2.16
Tubería T99	0.64
Tubería T100	0.64

Tubería T101	1.17
Tubería T102	0.92
Tubería T103	0.8
Tubería T104	0.79
Tubería T105	0.81
Tubería T106	0.76
Tubería T107	0.75
Tubería T108	0.38
Tubería T109	0.38
Tubería T110	0.38
Tubería T111	0.64
Tubería T112	0.64
Tubería T113	0.64
Tubería T114	0.64
Tubería T115	2.14
Tubería T116	2.11
Tubería T117	2.14
Tubería T118	2.13
Tubería T121	0.26
Tubería T122	0.25
Tubería T123	0.25
Tubería T124	0.29
Tubería T125	0.26
Tubería T126	0.26
Tubería T127	0.25
Tubería T128	0.02
Tubería T129	0
Tubería T130	0.02
Tubería T131	0.02
Tubería T132	0.38
Tubería T133	0.4
Tubería T134	3.46
Tubería T135	1.74
Tubería T136	1.75
Tubería T137	0
Tubería T142	0.64
Tubería T143	0.64
Tubería T144	5.6
Tubería T146	5.6
Tubería T147	5.6
Tubería T148	4.43
Tubería T149	4.44
Tubería T151	4.43

Tubería T152	4.41
Tubería T153	4.43
Tubería T154	4.43
Tubería T155	4.43
Tubería T156	4.42
Tubería T157	4.43
Tubería T158	0.31
Tubería T159	1.35
Tubería T160	0.08
Tubería T161	0.14
Tubería T162	0.13
Tubería T163	0.13
Tubería T164	0.12
Tubería T165	0.12
Tubería T166	0.17
Tubería T167	0.11
Tubería T168	0.14
Tubería T169	0.13
Tubería T170	0.18
Tubería T171	0.05
Tubería T172	2.13
Tubería T173	2.13
Tubería T174	0.11
Tubería T175	5.6
Tubería T80	9.42
Tubería T119	9.39
Tubería T178	9.43
Tubería T179	9.41
Tubería T180	9.42
Tubería T181	9.42
Tubería T53	0.36
Tubería T76	0.02
Tubería T77	0.02
Tubería T78	0.03
Tubería T79	0.02
Tubería T138	0.11
Tubería T139	0.96
Tubería T140	0.95
Tubería T141	1
Tubería T73	0.39
Tubería T74	2.15
Tubería T75	4.43
Tubería T120	0.26

Tubería T150	1.77
Tubería T50	0.05
Tubería T64	0.07
Tubería T42	9.42
Tubería T65	0.67
Tubería T12	0.14
Válvula 3	45.34
Válvula 5	72.81
Válvula 2	78.19
Válvula 1	53.83
Válvula 4	87.65