



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

**“Evaluación y plan de mejoramiento para el sistema de
agua potable de la comunidad de santa teresita, parroquia
Chiquintad”**

**Tesis previa a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON ENFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES**

Autores:

**DANIEL ANTONIO CALLE BUSTAMANTE
JONNATHAN MARCO PAUTA NOVILLO**

Director de tesis:

FABIÁN EDUARDO CAZAR ALMACHE

CUENCA – ECUADOR

2021

DEDICATORIA.

A mis padres por su incondicional apoyo y por nunca haber perdido la fe en mí, sin ellos no hubiera logrado esta meta.

A mi familia por estar presente a lo largo de toda mi carrera universitaria y brindarme todo su apoyo y cariño.

Antonio Calle Bustamante

A mi familia pilar importante que me impulso a superarme y siempre confiaron en mí brindándome su apoyo incondicional para llegar a la meta.

A mis maestros por su guía y enseñanzas, a mis amigos por el apoyo brindado, todos ellos me dieron motivos y fuerzas para poder lograr mi objetivo.

Jonnathan Pauta Novillo

AGRADECIMIENTOS.

A nuestros padres por confiar en nosotros y ser nuestros principales guías durante nuestra carrera universitaria, dándonos consejos inculcándonos buenos valores y principios.

A todos nuestros docentes de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay por haber compartido sus conocimientos y experiencias a lo largo de nuestra formación.

Al Ing. Fabian Cazar por su dedicación al brindarnos su apoyo y compartirnos sus conocimientos a lo largo de la realización de este proyecto.

Al personal de la junta administradora de Agua potable de la parroquia de Chiquintad en especial a la Sra. Gloria Yuquilima por su colaboración.

A todos nuestros compañeros que formaron parte de nuestra vida universitaria y que de alguna manera contribuyeron a nuestra formación

Antonio y Jonnathan

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE IMÁGENES.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES.....	13
1.1 Alcance.....	13
1.2 Antecedentes.....	13
1.3 Justificación.....	13
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 Objetivo general.....	14
1.4.2 Objetivos específicos.....	14
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES.....	15
2. Datos geográficos.....	15
2.1. Vialidad.....	16
2.2. Relieve.....	16
2.3. Clima.....	16
2.4. Producción agropecuaria.....	16
2.5. Población.....	17
2.5.1. Educación.....	17
2.5.2. Salud.....	17
2.5.3. Servicios básicos.....	17
2.5.4. Hidrología.....	17
2.5.5. Uso del suelo.....	18
2.6. Fuentes de captación.....	18
CAPÍTULO 3: CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN Y PLANTEO DE MEJORAS.....	19

3.1. Normativa vigente	19
3.2. Periodo de diseño	19
3.3.1. Población futura de la comunidad de Santa Teresita	21
3.4. Dotación	21
3.5. Caudales de diseño	22
3.5.1. Caudal Medio Diario	22
3.5.2. Caudal máximo diario	23
3.5.3. Caudal máximo horario	23
3.6. Perdidas de carga	24
3.7. Velocidades máxima y mínima	25
3.9. Diámetros mínimos y materiales de la tubería	26
3.10. Volúmenes de reserva	27
CAPÍTULO 4: CALIDAD DEL AGUA	28
4.1. Calidad de agua	28
4.1.1. Parámetros Físicos	28
4.1.2. Parámetros químicos	29
4.1.3. Parámetros Biológicos	31
CAPITULO 5: VALORACIÓN OPERACIONAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE INVENTARIO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE SANTA TERESITA.	33

5.1. Captación	34
5.2. Desarenador	35
5.3. Conducción de agua cruda	36
5.4. Planta de tratamiento de agua potable	37
5.5. Evaluación de eficiencia de la planta de tratamiento	40
5.5.1. Evaluación tanque reserva	41
5.5.2. Evaluación operacional existente	42
5.6. Red de distribución	43
5.7. Evaluación de presiones en la red de distribución	45
CAPITULO 6: MODELACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	47
6.1. Software WaterCad V10.0	47
6.2. Información necesaria para la modelación	48
6.3. Evaluación de la conducción de agua cruda actual	48
6.4. Evaluación de la red actual	49
6.5. Conclusiones y recomendaciones	53
CAPITULO 7: PLANTEAMIENTO DE MEJORAS Y PRESUPUESTO.	56
7.1. Resultados de análisis de la conducción con mejoras propuestas	56
7.2. Resultados de análisis de la red de distribución de agua potable con mejoras propuestas.	58
7.2.1. Método de las áreas	58
7.2.2. Método del número de familias	60
7.3. Presupuesto de las mejoras planteadas	64
7.3.1. Análisis de precios unitarios	64
7.3.2. Presupuesto	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	70
ANEXOS	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: “Vida útil sugerida para elementos de un sistema de Agua Potable”	20
Tabla 3.2: Tasas de crecimiento poblacional.	21
Tabla 3.3: Población de Santa Teresita Proyectada al año 2050.....	21
Tabla 3.4: Dotaciones netas y brutas promedios para la zona rural.....	22
Tabla 3.5: Tabla de resultados de los caudales de diseño.....	24
Tabla 3.6: Tabla de caudales de diseño.....	24
Tabla 3.7: Valores del coeficiente C de Hazen Williams.	25
Tabla 3.8: Velocidades máxima y mínima admisible.	26
Tabla 4.1: Valor Admisible de Cloro Residual Libre.	31
Tabla 4.2: Clasificación del agua según su dureza.	31
Tabla 4.3: Criterios de calidad de aguas que para consumo humano y doméstico requirieren tratamiento convencional.	32
Tabla 5.1: Análisis de conducción de agua cruda, resultados de las TUBERIAS....	37
Tabla 5.2: Resultado de análisis de calidad de agua en la planta de tratamiento.....	40
Tabla 5.3: Diámetros y longitudes de la red de distribución de Santa Teresita.....	43
Tabla 5.4: Ubicaciones en las cuales se tomaron datos de presión en la red de Santa Teresita.....	45

Tabla 6.1: Evaluación hidráulica de la conducción de agua cruda de la planta de tratamiento de Santa Teresita, resultados de las TUBERIAS.	49
Tabla 6.2: Evaluación hidráulica de la conducción de agua cruda de la planta de tratamiento de Santa Teresita, resultados de las NODOS.	49
Tabla 6.3: Resultados de consumo para cada nodo proyectado para el año 2050.	50
Tabla 6.4: Evaluación hidráulica de la red de distribución de Santa Teresita, resultados de las TUBERIAS.	51
Tabla 6.5: Evaluación hidráulica de la red de distribución de Santa Teresita, resultados de los NODOS.	52
Tabla 7.1: Evaluación hidráulica realizada a la conducción de agua cruda resultados de las tuberías.	57
Tabla 7.2: Evaluación hidráulica realizada a la conducción de agua cruda resultados de los nodos.	57
Tabla 7.3: Consumos en cada nodo determinado por el método de las áreas.	59
Tabla 7.4: Consumos en cada nodo determinado por el método del número de familias.	61
Tabla 7.5: Evaluación hidráulica realizada a red de distribución de agua potable, resultados de las tuberías.	62
Tabla 7.6: Evaluación hidráulica realizada a red de distribución de agua potable, resultados de los nodos.	63
Tabla 7.7: Análisis de precios unitarios del rubro relleno compactado material de sitio.	66
Tabla 7.8: Resumen del presupuesto referencial de las mejoras planteadas.	67

INDICE DE IMÁGENES.

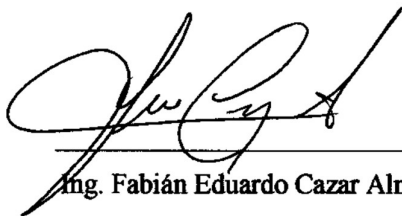
Imagen 2.1: Mapa de Santa Teresita de la parroquia Chiquintad.	15
Imagen 5.1: Captación en el Río Saymirin con rejilla lateral.	34
Imagen 5.2: Desarenador Santa Teresita.	36
Imagen 5.3: Cajón de ingreso a planta de tratamiento (Vertedero Triangular).	38
Imagen 5.4: Planta de tratamiento de Santa Teresita.	39
Imagen 5.5: Sistema de cloración de la PTA.	39
Imagen 5.6: Mapa de la red de distribución actual.	43
Imagen 5.7: Cateo #1 de Tubería en red de distribución.	44
Imagen 5.8: Cateo #2 de Tubería en red de distribución.	45
Imagen 5.9: Lugares donde se midieron las presiones en la red de distribución actual.	46
Imagen 6.1: SOFTWARE WaterCad V10.0.	48
Imagen 7.1: Áreas delimitadas por los polígonos de Thiessen.	59

**EVALUACION Y PLAN DE MEJORAMIENTO PARA EL SISTEMA DE
AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE SANTA TERESITA,
PARROQUIA CHIQUINTAD**

RESUMEN

El presente estudio consiste en la evaluación y planteamiento de mejoras del sistema de agua potable de la comunidad de “Santa Teresita” de la parroquia de Chiquintad, provincia del Azuay, fundamentándose en el levantamiento catastral del sistema, un análisis de agua en la planta de tratamiento y en la modelación y evaluación hidráulica de la conducción y distribución de agua potable mediante el software WaterCad. Esta propuesta se desarrolla debido a un abastecimiento de agua potable deficiente; para el nuevo proyecto se establece un periodo de vida útil de 30 años, tomando como base la evaluación realizada y diseñando un sistema nuevo mediante el software WaterCad, se presentan mejoras en el sistema para brindar un servicio adecuado en este periodo.

Palabras claves: Sistemas de Agua Potable, planta de tratamiento, abastecimiento, evaluación hidráulica, WaterCad.



Ing. Fabián Eduardo Cazar Almache
Director de Tesis.



Ing. José Fernando Vázquez Calero. M.Sc
Director de Escuela.



Daniel Antonio Calle Bustamante

Autor



Jonnathan Marco Pauta Novillo

Autor

**EVALUATION AND IMPROVEMENT PLAN FOR THE DRINKING
WATER SYSTEM OF THE SANTA TERESITA COMMUNITY,
CHIQUINTAD**

ABSTRACT

This study consists of the evaluation and proposal for improvements to the drinking water system of the community of "Santa Teresita" in Chiquintad, province of Azuay, based on the cadastral survey of the system. A water analysis in the plant of treatment and in the modeling and hydraulic evaluation of the conduction and distribution of drinking water was analyzed by using the WaterCad software. This proposal was developed due to a poor drinking water supply. For the new project, a useful lifespan of 30 years was established based on the evaluation carried out on the design of the new system by using the WaterCad software. Improvements in the system were presented to provide an adequate service during this period.

Keywords: Drinking water systems, treatment plant, water supply, hydraulic evaluation, WaterCad.



Daniel Antonio Calle Bustamante

Autor



Jonnathan Marco Pauta Novillo

Autor

Translated by



Daniel Calle and Jonnathan Pauta.

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua potable es un factor ambiental determinante de la salud, por lo que es importante que los diseños de sistemas de agua potable cuenten con tecnologías apropiadas y con la participación activa de la comunidad en la planificación, construcción, operación, mantenimiento y administración de los sistemas.

Para poder realizar un planteamiento de mejoras a implementarse en un sistema de agua potable, es necesario evaluar los elementos del sistema actuales tales como: captación, desarenador, conducciones, almacenamiento, planta de tratamiento y redes de distribución, también es indispensable un análisis técnico y económico de las mejoras planteadas, llegando así a la determinación del estado de sus componentes, su capacidad, falencias, el estado de las instalaciones y conexiones, así también como el cumplimiento de los parámetros establecidos por la Secretaría del Agua –SENAGUA–, la norma local presentada en los planes maestros II de Cuenca por la empresa pública ETAPA y los parámetros relacionados con la calidad del agua potable, caudal, presión, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución, publicados en la Norma CO 10.7-602, la norma INEN 1108:2011, 5 parte 9-2 y la norma IEOS.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 Alcance

Este estudio tiene como objetivo el análisis y el planteamiento de mejoras de la red de distribución de agua potable de la comunidad de Santa Teresita de la parroquia de Chiquintad, como primer paso se realizará un levantamiento de información de la red actual que proporcione información suficiente para realizar el análisis actual al cual se encuentra trabajando la red de distribución, para posteriormente realizar el planteamiento de mejoras necesarias para que el sistema trabaje de manera óptima en el futuro.

Además del análisis previo se realizará un presupuesto en base a las mejoras planteadas con sus respectivos precios unitarios para su construcción.

1.2 Antecedentes.

En la comunidad de Santa Teresita con su red de distribución de agua potable ha venido presentando problemas en la parte de la distribución de agua potable debido a que en ciertos sectores se presentan presiones elevadas generando problemas a los usuarios, además de la presencia de nuevos usuarios en el sistema razones por las cuales se ha planteado realizar los análisis correspondientes a la red y plantear mejoras en la misma para que en la comunidad se brinde un servicio adecuado de abastecimiento de agua potable.

1.3 Justificación.

La necesidad de brindar un servicio de calidad y debido al crecimiento poblacional del sector el sistema de Santa Teresita se ve en necesidad de ser analizado para constatar los problemas de presiones en algunas zonas de la comunidad, además se necesita constatar que la calidad de agua que sale de la planta de tratamiento se mantiene hasta que la misma llegue al usuario para lo cual se realizara un análisis de factibilidad de la planta de tratamiento.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

Realizar un levantamiento de datos tanto topográficos como poblacionales para realizar un análisis de la red de distribución más preciso evitando el sub-dimensionamiento y el sobre-dimensionamiento de los elementos de la red de distribución, para así poder realizar un planteamiento al futuro de las necesidades que requerirán ejecutar para brindar un servicio óptimo.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Realizar un levantamiento topográfico preciso de la red de distribución de agua potable actual de la comunidad de Santa Teresita de la parroquia de Chiquintad, provincia del Azuay.
- Realizar el levantamiento de información poblacional tanto como ubicación de los medidores cuantos usuarios utilizan cada medidor y el uso de los predios.
- Modelar la red de distribución de agua potable para verificar plantear las mejoras del sistema necesarias en el futuro considerando las variables como la velocidad, presiones, diámetro de la red mediante el software WaterCad.
- Elaborar un presupuesto con sus rubros necesarios para las mejoras planteadas en la red de distribución.

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES

2. Datos geográficos

La parroquia de Chiquintad está situada al noreste del cantón Cuenca, compuesta por 9 comunidades, de las cuales Loma de la Esperanza y Santa Teresita son las que tienen mayor superficie.

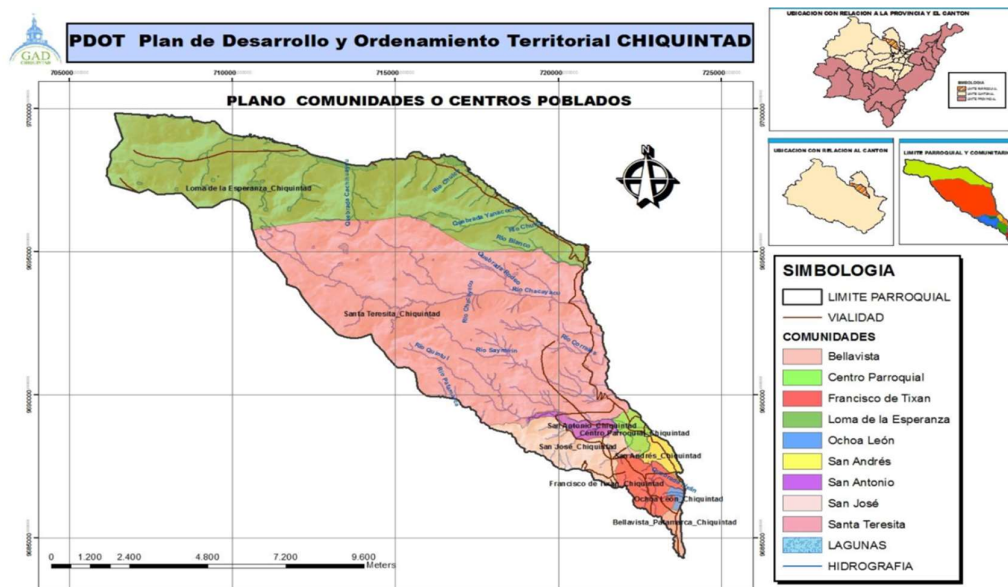


Imagen 2.14.1: Mapa de Santa Teresita de la parroquia Chiquintad.

Fuente: (GAD Chiquintad, 2020).

La comunidad de Santa Teresita se encuentra ubicada en la parte central de la parroquia, abarca una superficie de 4938 ha. y ocupa el 52.77% del área total de la parroquia. Está a una altura de 2700-3200 m, por lo que su clima es ecuatorial de alta montaña, con una temperatura promedio de 4 a 6° C y una pluviometría anual entre 1200 y 1800 mm (GAD Chiquintad, 2020).

2.1. Vialidad

A la parroquia de Chiquintad se accede por una vía de tercer orden de capa asfáltica, y a la comunidad de Santa Teresita por una vía de cuarto orden con capa de rodadura de lastre (GAD Chiquintad, 2020).

2.2. Relieve

Es un área de montaña que se encuentra en un rango altitudinal de 3000 a 3500 msnm, con alta susceptibilidad a la presencia de movimientos en masa propensos a deslizamientos (GAD Chiquintad, 2020).

2.3. Clima

La comunidad de Santa Teresita tiene un clima ecuatorial de alta montaña, que corresponde a las áreas sobre los 3000 msnm, con una temperatura que fluctúa alrededor de los 8°C, con máximos que rara vez rebasan los 20°C y mínimos que pueden ser inferiores a 0°C, con una precipitación media variable entre 1200 mm a 1850 mm por año. Las lluvias diarias son generalmente de larga duración, pero con intensidad débil y la humedad relativa es mayor al 80%. En el mes de noviembre suelen presentarse heladas (GAD Chiquintad, 2020).

2.4. Producción agropecuaria

La comunidad produce principalmente productos de ciclo corto como son el maíz, fréjol y habas, En menor cantidad cultivan arvejas, papas, coles, hortalizas, cebada y manzanas, cuya producción cubre exclusivamente el consumo interno o familiar.

La producción pecuaria es mayormente de cuyes y gallinas, también se dedican a la crianza de chanchos y en menor cantidad el ganado lechero cuya producción es a menor escala (GAD Chiquintad, 2020).

2.5. Población

Según el Censo Poblacional del año 2010 (INEC, 2010) la población de la comunidad de Santa Teresita es de 369, de los cuales 174 pertenecen al género masculino y 195 al femenino, y según proyecciones de esta misma institución, el crecimiento poblacional para el año 2021 es de 1.47%. En su gran mayoría se dedican a labores agrícolas y pecuarias, y un porcentaje más pequeño a la artesanía y al comercio.

2.5.1. Educación

La población tiene un nivel limitado de instrucción, ya que el grado medio de escolaridad es de 3.6 años, observándose que la población adulta tiene bajos niveles de escolaridad. Según el INEC (2010) tan solo un 59% de la población tiene instrucción primaria.

2.5.2. Salud

En la comunidad de santa teresita no se encuentra unidades de salud por lo que la unidad de salud más cercana a la cual los habitantes de esta comunidad pueden acudir es el centro de salud ubicado en el Centro de Chiquintad

2.5.3. Servicios básicos

La comunidad de santa teresita cuenta con varios servicios básicos como son: luz eléctrica, agua potable, telefonía e internet, además dispone de una red de alcantarillado combinado que cubre toda la comunidad.

También cuentan con el sistema de recolección de desechos sólidos servicio brindado por La Empresa Municipal de Aseo de Cuenca EMAC.

La comunidad no cuenta con servicio de transporte público, movilizándose por medio de vehículos de alquiler como camionetas de carga o taxis.

2.5.4. Hidrología

Santa Teresita se localiza en la subcuenca del río Saymirin que es afluente del río Machángara.

2.5.5. Uso del suelo

El suelo es utilizado como recurso forestal, agrícola y ganadero.

2.6. Fuentes de captación

El área de servicio del sistema de Santa Teresita tiene una extensión de 34,38 hectáreas, la cual corresponde a la zona de población dispersa de 369 habitantes, pero en la actualidad el número de usuarios de la planta es de 121.

El sistema de agua de Santa Teresita tiene dos captaciones, uno ubicado en el río Saymirin y la otra en el sector Coleshuaico, este último es utilizado en tiempos de sequías, y la primera es la de uso diario.

La conducción del agua se basa en un sistema a gravedad, pues la captación proveniente del río Saymirin, ubicada a cuatro kilómetros de la planta de tratamiento se encuentra emplazada a una altura de 3160 msnm., en las coordenadas UTM E 719689, N 9690918, mientras que la planta de agua está ubicada a una altura de 2866 msnm en las coordenadas UTM E 721242.07, N 9689702.83. La cantidad de agua tratada es alrededor de 2 lt/s, su tratamiento es sedimentación, filtración y cloro granular y cada usuario tiene el derecho de 15 m³ de agua potable mensuales a un precio base al excederse de esta cantidad tendrá que pagar un valor extra por metro cubico consumido.

CAPÍTULO 3: CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN Y PLANTEO DE MEJORAS.

3.1. Normativa vigente

En el país la norma ecuatoriana de la construcción nos indica los requerimientos a ser utilizados en el diseño y construcción de sistemas de dotación de agua potable, basándose en estudios técnicos de los diferentes materiales y su manejo con respecto a las variaciones físicas a las que estos materiales están sometidos, los que constan en la Norma CO 10.7-602 publicada por la Secretaria del Agua, además se tiene presente los parámetros de diseño de alcantarillado y agua potable de Cuenca presentados en los *Estudios y Diseños Finales de los Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento para la Ciudad de Cuenca (Ecuador)*.

Las normas mencionadas establecen los parámetros que debe cumplir un sistema de agua potable en el área rural, y proporciona especificaciones básicas en lo que se refiere a captación, caudal, conducción, presiones y diámetros, tratamiento, almacenamiento y distribución.

Además, para la obtención de datos como población, tasa de crecimiento poblacional se recurrió a los estudios presentado por el INEC en el censo del año 2010 y un levantamiento de usuarios actuales para obtener un resultado más valido en la actualidad.

3.2. Periodo de diseño

Se consideró que para el análisis del sistema existente y de su dimensionamiento para un plan de mejoras se determinó un periodo de diseño de 30 años dándonos como año de análisis el año 2050.

La determinación del periodo de diseño se tomó de la **Tabla 3.1** presente en la norma CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ETAPA la cual se indica a continuación:

Tabla 3.1:“Vida útil sugerida para elementos de un sistema de Agua Potable”

COMPONENTE	VIDA UTIL (AÑOS)
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de AC o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de PVC	20 a 25

Fuente: *ETAPA - CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO ETAPA, 2004.*

3.3. Proyección de la población

La proyección de la población como estudio concede estimar los requerimientos de agua potable para una población futura en la zona de estudio, para la cual se establece un año de servicio futuro, el cual para el presente estudio se estableció que el análisis se realizara para el año 2050. Siendo este periodo asumido con lo que señala la norma, dependiendo de la vida útil de los materiales que componen el sistema y el periodo de diseño.

La población actual para el presente estudio se basó en el censo a los usuarios del sistema realizado conjuntamente con el personal de la junta de agua potable de la parroquia de Santa Teresita adjunto en el anexo 3.3, además de la información publicada por el (INEC, 2010) durante el censo de población y vivienda del 2010 y 2001.

Para la proyección de la población en el año de 2050 se aplicó el método geométrico dado por la ecuación 3.1:

$$Pf = Po * (1 + r)^n \quad (\text{ecuación 3.1})$$

Donde:

Pf = población futura (habitantes)

Po = población actual (habitantes)

r = Tasa de crecimiento poblacional (%)

n = Periodo de diseño (años)

3.3.1. Población futura de la comunidad de Santa Teresita

La comunidad de Santa Teresita tiene un área de servicio con una extensión de 49.38 hectáreas a la cual se adoptó una tasa del 1% de crecimiento poblacional correspondiente a la zona rural de la región sierra obtenido de la **Tabla 2** de la norma “INEN - código de practica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural”, dando como resultados la población futura para el año 2050 presentado a continuación en la **Tabla 3.2**.

Tabla 3.2: Tasas de crecimiento poblacional.

REGIÓN GEOGRÁFICA	r (%)
Sierra	1,0
Costa, oriente y Galápagos	1,5

Fuente: (INEN 5 PARTE 9-2, 1997)

Tabla 3.3: Población de Santa Teresita Proyectada al año 2050.

SANTA TERESITA	AÑO			
	2020	2030	2040	2050
HABITANTES	510	563	622	687

Fuente: Autores a partir de levantamiento de datos en campo.

3.4. Dotación

La para especificar la dotación se determinó primero el nivel de servicio que se requiere el cual se determina según los “niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua” presentados en los Criterios y parámetros de diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillado ETAPA EP representados en la **Tabla 3.4**.

Tabla 3.4: Dotaciones netas y brutas promedios para la zona rural.

AÑO	TASA DE CONSUMO	DOTACIÓN NETA l/hab-día	PERDIDAS FÍSICAS + mm l/hab-día	DOTACIÓN BRUTA l/hab-día	DOTACION BRUTA ASUMIDA l/hab-día
	RESIDENCIAL l/hab-día				
2015	113	113	30%	161	160
2020	112	112	30%	160	160
2025	111	111	30%	159	160
2030	110	110	30%	157	160
2035	110	110	30%	157	160
2040	109	109	30%	156	160
2045	108	108	30%	154	160
2050	108	108	30%	154	160

Fuente: (SOAS ETAPA-EP Y ÚRGILES, 2019)

En este estudio la comunidad se encuentra ubicada en la zona rural del cantón Cuenca por lo que se utilizara la dotación bruta de **160 l/hab-día** recomendada por norma ya que en los datos del sistema no se lleva un registro de consumo diario por usuario.

3.5. Caudales de diseño

Para los caudales de diseño se utilizaron las ecuaciones presentes en los “Criterios y parámetros de diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillado ETAPA-EP”.

3.5.1. Caudal Medio Diario

El caudal medio se obtendrá por medio de la ecuación 3.2:

$$Q_m = \frac{P \times D_{bruta}}{86400} \text{ (ecuación 3.2)}$$

Donde:

Q_m = Caudal medio diario (l/s)

f = Factor de fugas.

P = Población final del periodo de diseño

D = Dotación bruta (L/hab/día)

3.5.2. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario se obtendrá por medio de la ecuación 3.3:

$$QMD = KMD \times Qm \text{ (ecuación 3.3)}$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario. (l/s)

KMD = Factor de mayoración diario.

Qm = Caudal Medio.

El factor de mayoración diario según la norma tiene un valor de **1,25** para todos los niveles de servicio.

3.5.3. Caudal máximo horario

El caudal máximo horario se obtendrá por medio de la ecuación 3.4:

$$QMH = KMH \times QMD \text{ (ecuación 3.4)}$$

Donde:

QMH = Caudal máximo horario. (l/s)

KMH = Factor de mayoración horario.

QMD = Caudal máximo diario. (l/s)

El factor de mayoración diario según la norma tiene un valor de **3** para todos los niveles de servicio (NORMA CO 10.7-602, 1992).

En la **Tabla 3.5** a continuación se presenta los resultados de los caudales de diseño.

Tabla 3.5: Tabla de resultados de los caudales de diseño.

TABLA DE RESULTADOS.		
Periodo de diseño	30	años
Población Actual	510	habitantes
Población Futura	687	habitantes
Nivel de servicio	IIb	s/u
Dotación	160	L/hab*día
Caudal medio (Qmd)	1.27	L/seg
Caudal máximo diario (QMD)	1.59	L/seg
Caudal máximo horario (QMH)	4.77	L/seg

Elaboración: propia.

Según norma los caudales de diseño que se adoptarán para el diseño de la conducción serán igual a 2 veces el caudal máximo diario (QMD) y para la red de distribución será el caudal máximo horario (QMH).

Tabla 3.6: Tabla de caudales de diseño.

CAUDALES DE DISEÑO (L/s)		
CONDUCCIÓN	QMD x 2	3.18
RED DE DISTRIBUCIÓN	QMH	4.77

Elaboración: propia.

3.6. Pérdidas de carga

Para la determinación de pérdidas de carga en la conducción y distribución, se utilizó la ecuación 3.5 de Hazen-Williams, detallada a continuación:

$$H_f = \frac{10.668 \times Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.87}} \times L \text{ (ecuación 3.5)}$$

Donde:

H_f = Pérdida de carga en m.c.a.

Q = Caudal (m³/s)

L = Longitud de la tubería (m).

D = Diámetro (m).

C = Coeficiente de Hazen-Williams

Para el valor de C del coeficiente de Hazen-Williams que se utilizó para la evaluación y diseño se obtuvo del cuadro de valores del coeficiente C de Hazen Williams presentada en los *Criterios y parámetros de diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillado ETAPA*.

Tabla 3.7: Valores del coeficiente C de Hazen Williams.

TIPO DE TUBERIA	EDAD DE LA TUBERIA		VALOR ADOPTADO
	NUEVA	USADA	
HIERRO DUCTIL	140	135	130
PVC	150	125	130
ACERO SOLDADO	120	90	110
ACERO CON REVESTIMIENTO	140	135	130

Fuente: (ETAPA-EP, CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, 2004)

Tomando como valor de estudio el correspondiente a tubería PVC usada siendo el valor de **C = 130**.

3.7. Velocidades máxima y mínima

La velocidad máxima se limita por las presiones máximas que producen el golpe de ariete, mientras la velocidad mínima admisible busca evitar la sedimentación de partículas en suspensión tomando los valores presentados en la **Tabla 3.8** a continuación:

Tabla 3.8: Velocidades máxima y mínima admisible.

VELOCIDADES ADMISIBLES RED DE DISTRIBUCIÓN		
VELOCIDAD MINIMA	0.3	(m/s)
VELOCIDAD MAXIMA	3	(m/s)
VELOCIDADES ADMISIBLES EN CONDUCCION DE AGUA CRUDA		
VELOCIDAD MINIMA	0.6	(m/s)
VELOCIDAD MAXIMA	4	(m/s)
VELOCIDADES ADMISIBLES EN CONDUCCION DE AGUA TRATADA		
VELOCIDAD MINIMA	0.3	(m/s)
VELOCIDAD MAXIMA	4	(m/s)

Fuente: (ETAPA-EP, CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, 2004)

3.8. Presiones en la conducción de agua tratada

Para el presente estudio en la red de distribución de agua potable en la comunidad de Santa Teresita es necesario considerar los criterios de presiones presentados en los Parámetros de diseño de ETAPA redactados a continuación.

Para las presiones en redes de distribución la presión estática máxima será de 50 m.c.a y presiones mínimas de 5 m.c.a (ETAPA-EP, 2004 & NORMA CO 10.7-601, 1992). Además, se debe comprobar que la presión máxima soportada por la tubería no supere el valor máximo asignado por el fabricante (ETAPA-EP, CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, 2004).

La tubería a utilizar en este estudio se fabrica bajo la norma INEN 1373, indicando que la presión nominal de la tubería es 1.25Mpa \approx 127.5m.c.a (p. 9), en los diámetros disponibles para esta nominación. (NTE INEN 1373, 2017).

3.9. Diámetros mínimos y materiales de la tubería

Según indican los parámetros y diseños de ETAPA para redes de distribución de hasta 250 mm se recomienda la utilización de tuberías en PVC, y en redes de distribución que tienen tuberías a partir de los 300 mm se recomienda utilizar tuberías de Hierro Dúctil.

Para los sistemas de conducción el diámetro mínimo que se adoptara es de 25 mm (NORMA CO 10.7-602, 1992, pag. 36).

Para la red de distribución en sectores rurales se adoptará un diámetro mínimo de 19 mm (NORMA CO 10.7-602, 1992, pag. 36).

Para el presente estudio en la parte de la modelación se utilizarán tuberías PVC con el tipo de unión elastométrico que en la región se comercializan en los siguientes diámetros comerciales: 25 mm, 50 mm, 63 mm, 75 mm, 90mm, 110mm.

3.10. Volúmenes de reserva

Para el volumen de reserva se utilizará el criterio recomendado en los parámetros y diseños de la norma IEOS en el cual establece que el volumen de almacenamiento para poblaciones menores a 5000 habitantes se tomará el 30 % del volumen consumido en un día considerando la demanda media diaria. (IEOS CO 10.07 - 601, 1993, pag. 63), Así también el volumen de reserva no deberá ser menor a 10 m^3 (INEN 5 PARTE 9-2, 1997, pag. 23).

Para el presente estudio no se tomará en cuenta el volumen de protección contra incendios ya que la población es menor a la recomendada por la norma IEOS que indica que para poblaciones de hasta 5000 habitantes en la sierra no se requiere un almacenamiento contra incendios.

CAPÍTULO 4: CALIDAD DEL AGUA.

4.1. Calidad de agua

El agua está presente de diferentes formas y estados en el ambiente, ya que su calidad varía dependiendo del uso que se le dé, estos parámetros se fijan de manera diversa dependiendo a que vaya a destinarse el recurso (riego, ganadería, vida acuática, industria, recreación, consumo humano, etc.), en el caso del presente estudio es para el consumo humano.

De acuerdo a la norma INEN 1108, se determinan los requisitos para la calidad de agua para consumo humano, según análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos.

4.1.1. Parámetros físicos

Son aquellos que pueden percibirse de las condiciones estéticas, y tienen gran incidencia en la aceptabilidad del agua, entre ellos tenemos:

1. **Temperatura.** – Es un factor que influye directamente en la actividad biológica, precipitación e infiltración, permeabilidad de oxígeno, la limpieza y en los procesos de floculación. (MONTESINOS, 2011)
2. **Color.** – Presencia de sustancias húmicas (ácidos: húmicos, himatomelánicos, fúlvicos), y minerales como magnesio y óxidos de hierro, restos de las industrias.

La formación de agregados órgano clorados es peligrosa para la salud ya que se forman durante la desinfección, los cuales son empleados como indicadores de eficacia del procedimiento.

Un factor importante en condiciones estéticas, es la presencia de metales pesados como el magnesio, cobre, cromo, hierro, los cuales provocan disminución de la claridad en el entorno. (LAFUENTE, 1990)

3. **Sólidos en suspensión.** – Son los sólidos sedimentables no disueltos que se pueden retener en un filtro, en las aguas superficiales varían mucho dependiendo de su origen y de la manera en la cual fue captada el agua (CABRERA, 2017).

4. **Turbiedad.** – Se considera a los microorganismos tanto orgánicos como inorgánicos, que causan dispersión de la luz, en lugar de ser transmitidos directamente, son partículas suspendidas en el agua.

La turbiedad del agua se produce por la erosión natural de las cuencas de los ríos, la contaminación causada por la industria o por desechos domésticos, entre otras causas que afectan la producción de oxígeno, dificultando su desinfección y potabilización (SIERRA, 2011)

5. **Olor y sabor.** – Presencia de componente orgánico en desintegración, y de sustancias químicas volátiles. La acidez provocada por la presencia de dióxido de carbono (CO₂) da un sabor desagradable al agua (ROMERO, 2014).

4.1.2. Parámetros químicos

El agua se le conoce como disolvente universal, ya que es capaz de disolver cualquier componente químico, y a su vez se mezcla con el o los elementos disueltos.

Los tipos de parámetros químicos más trascendentales evaluados son los siguientes:

1. **Conductividad.** - Es la cantidad de energía eléctrica que es capaz de conducir el agua, ya que es uno de los componentes más dúctiles debido a su grado de mineralización (YÁNEZ & VÁSQUEZ, 2015).

2. **Magnesio.** - Este mineral tiene un resultado laxante en concentraciones mayores a 125 mg/L, pero es imprescindible para el desarrollo humano. Por sus propiedades corrosivas ayuda también a la formación de incrustaciones en las tuberías (DOMÍNGUEZ, 2019).

3. **Acidez.** – Capacidad del agua de neutralizar una base, es medido de una valoración con una solución de hidróxido sódico estándar expresada en carbonato de calcio en mg/L (DOMÍNGUEZ, 2019).

4. **Sólidos disueltos totales.** – Esto se origina por la infiltración de aguas subterráneas, por la lixiviación de contaminantes del suelo presentes en la disolución de materiales existentes en las rocas, etc. Estos materiales pueden ser orgánicos e inorgánicos menores a 2 micrómetros que se eliminan mediante filtración ya que la partícula no se sedimenta (CABRERA, 2017).

5. **pH.** – Se relaciona con la acidez y corrosividad, ya que es una medida de concentración de iones hidrógeno en el agua. No tiene efecto directo sobre la salud, pero influye en el tratamiento de agua, especialmente en la coagulación y desinfección. La escala habitual de pH en el agua natural superficial se halla entre 5 y 9; en el agua de consumo el pH debe estar en un rango de 6,5 a 8,5, siendo el ideal 7 (PUTZEYS, 2014).

6. **Alcalinidad.** – El tipo de alcalinidad está influenciada por el pH, es la capacidad del agua de neutralizar los ácidos, está compuesta por hidróxidos, bicarbonatos y carbonatos. La alcalinidad es indispensable en el proceso porque reacciona a los coagulantes durante el tratamiento de potabilización (PUTZEYS, 2014).

7. **Cloro residual libre.** – El cloro residual libre en el agua tratada se constituye por el ácido hipocloroso y el ion hipoclorito, también se genera por las cloraminas (MARTINEZ, 2019). Además, según (VERA, 2016) “el valor admisible de cloro residual libre, en cualquier punto de la red de distribución del agua, deberá estar dentro de los rangos de la siguiente tabla”.

Tabla 4.1: Valor Admisible de Cloro Residual Libre.

pH DEL AGUA	CLORO LIBRE RESIDUAL, mg/l TIEMPO MÍNIMO DE CONTACTO, 10 minutos	CLORO RESIDUAL COMBINADO, mg/l TIEMPO MÍNIMO DE CONTACTO, 60 minutos
6 – 7	0,3	1
7 – 8	0,3	1,5
8 – 9	0,4	1,8
9 – 10	0,8	No se recomienda
más de 10	0,8 (con mayor período de contacto)	No se recomienda

Fuente: (Norma INEN 5 & Vera Morales, 2016)

8. **Dureza.** – Disolución de rocas presentes en el suelo que contienen diversas cantidades de sales de composición variada, solubles en el agua tales como el calcio y magnesio. (ROMERO, 2014). Que al ser utilizadas para el lavado con jabones de elevado peso molecular causa incrustaciones en los sistemas de distribución y calderos, cuando el agua es calentada, además de corrosión en las tuberías y equipos metálicos de las redes. El agua se clasifica mediante su dureza.

Tabla 4.2: Clasificación del agua según su dureza.

AGUA	Concentración
Blanda	Menor a 100 mg/L
Medianamente Dura	100 a 200 mg/L
Dura	200 a 300 mg/L

Fuente: Montesinos (2011).

4.1.3. Parámetros biológicos

Son aquellos microorganismos presentes en el agua que pueden o no producir daños en la salud. Una alta carga de microorganismos nos indica que es más factible encontrarse microorganismos de tipo patógeno que producen enfermedades.

A. **Coliformes termorresistentes.** – Pueden provenir de aguas contaminadas, ya sea con efluentes industriales o materiales vegetales y superficies en desintegración. El conjunto de organismos coliformes puede fermentar la lactosa a 44°- 45°C.

B. **Coliformes totales.** – Coliformes totales son una especie bacteriana, un indicador de contaminación del agua y los alimentos; dentro de este grupo están los coliformes fecales que tienen origen intestinal (heces) y animales (ROMERO, 2014).

Tabla 4.3: Criterios de calidad de aguas que para consumo humano y doméstico requieren tratamiento convencional.

PARAMETRO	UNIDAD	LIMITE PERMITIDO
Características físicas		
Color	Pt-Co	15
Turbiedad	NTU	5
Características Químicas		
Arsénico, As	mg/L	0.1
Cadmio, Cd	mg/L	0.003
Cloro libre residual	mg/L	0.3 a 1.5
Cobre, Cu	mg/L	2.0
Fluoruros	mg/L	1.5
Mercurio, Hg	mg/L	0.006
Nitratos, NO ₃	mg/L	50.0
Nitritos, NO ₂	mg/L	3.0
Plomo, Pb	mg/L	0.01
Requisitos Microbiológicos		
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia
Cryptosporidium	Numero de ooquistes/ L	Ausencia
Giardia	Numero de ooquistes/ L	Ausencia

Fuente: (NTE-INEN-1108, 2020)

CAPÍTULO 5: VALORACIÓN OPERACIONAL DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE INVENTARIO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE SANTA TERESITA.

Los sistemas de agua potable cumplen la función de dotar a una población determinada con agua potable la misma que debe cumplir las normas de calidad y la cantidad para cubrir todas las necesidades básicas de la población durante todo un día y a lo largo del año verificando las presiones y velocidades para que el servicio sea adecuado también teniendo una tarifa accesible para la comunidad.

El agua al ser captada desde una fuente natural superficial necesita un tratamiento para eliminar riesgos biológicos como la presencia de microorganismos que se generan por la degradación continua a la que se somete la cuenca hídrica y debido también a que la cuenca se encuentra en una zona ganadera. Para que esta agua pueda ser utilizada por la población debe tener un tratamiento previo que consistente en varias etapas mediante las cuales se remueven de manera progresiva las impurezas del agua. Este proceso de tratamiento se lleva a cabo en una planta potabilizadora, la cual está compuesta por unidades destinadas a la purificación del agua, las cuales constan de una cadena de procesos involucrando procesos naturales o procesos inducidos por el hombre mediante la alteración de propiedades químicas del agua. La selección de un tipo de tratamiento depende de varios aspectos como los ámbitos socio-económicos, ambientales y de la tecnología que se puede aplicar en su momento teniendo como fin mejorar las condiciones del agua a lo largo de la vida útil del sistema adoptado.

Luego de potabilizar el agua se debe transportar hasta los habitantes o usuarios del sistema mediante una red de distribución que consta de tuberías, accesorios y elementos de control para así poder garantizar las condiciones de servicio y la calidad del agua a lo largo del sistema.

A continuación, se llevará a cabo la evaluación del sistema de agua potable de Santa Teresita, del cual se describirá las características físicas y su funcionamiento en los siguientes tópicos de este capítulo.

5.1. Captación

La captación consta de estructuras que se encargan de captar el agua desde la fuente natural superficial y transportarla hacia los desarenadores.

En el sistema de Santa Teresita existe una captación lateral por rejilla que su estructura consta de un dique posicionado de manera transversal y frontal al flujo del afluente de esta manera incrementa el nivel del cauce aguas atrás y así de esta manera llegar a captar el agua por las rejillas, la captación del sistema de Santa Teresita se encuentra ubicada en el río Saymirin en las coordenadas UTM E 719428.17 / N 9690532.71 y a una elevación de 3177 msnm.



Imagen 5.1: Captación en el Río Saymirin con rejilla lateral.

Fuente: Elaboración propia.

Esta estructura demuestra un estado físico aceptable a pesar de su tiempo de servicio que presta esta unidad ya que su construcción remonta al año de 1995, el dique presenta cambios según el nivel en el cual se encuentre el río ya que en épocas de sequía la operadora coloca sacos de arena para estancar más el agua y poder captar así agua para tratar; la rejilla se encuentra en buen estado ya que ha sido reemplazada en el año del 2019 debido a la corrosión que presenta constantemente por el contacto con el agua.

5.2. Desarenador

El desarenador se ubica aguas abajo de la captación, esta estructura cumple la función de remover arena y sólidos que se encuentran suspendidos en el agua a través de la sedimentación que es un sistema natural, el cual se produce en condiciones adecuadas relativas al flujo y a las características físicas como las dimensiones del desarenador.

El desarenador de la red de distribución de Santa Teresita se encuentra ubicado en las coordenadas UTM E 719794 y N 9690321^a una altura de 3148.38 msnm; el desarenador es de flujo horizontal y tiene por dimensiones 4.72 m de longitud, 1.40 m de ancho y 1.40 m de profundidad ocupando un área de 6.60 m².

La evaluación realizada en este estudio indica que el desarenador tiene un buen estado operativo debido al mantenimiento continuo que da el operador, en la parte constructiva el desarenador carece de una tapa tipo rejilla para evitar que el mismo se llene de hojas secas que caen de los árboles cercanos y las válvulas de control se encuentran en buen estado sin presentar fugas, además que estas se utilizan como “controlador de presión” según informa la operadora ya que la conducción no cuenta con instrumentos reguladores de presión.



Imagen 5.2: Desarenador Santa Teresita.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Conducción de agua cruda

En el sistema de Santa Teresita la conducción de agua cruda desde el desarenador hasta la planta de tratamiento mediante tuberías de PVC de unión elastomérica, en diámetros variables desde 110 mm hasta 50 mm con un desnivel de 245 m y no consta de tanques rompe-presiones a lo largo del recorrido de la línea de conducción.

Se presentará en la siguiente tabla, la modelación y resultado de la conducción del agua cruda hasta la planta de tratamiento con los datos obtenidos en el capítulo 3 en los parámetros de diseño de la red de distribución todo este análisis se realizó en el software Water Cad V10.

Tabla 5.1: Análisis de conducción de agua cruda, resultados de las TUBERIAS.

Longitud (m)	Nudo Inicial	Nudo Final	Diametro Nominal (mm)	Diametro interno (mm)	Material	H-W coef. C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
194.00	R-1	J-1	110	99.4	PVC	130.0	2.0000	0.2576
61.00	J-1	AV-1	110	99.4	PVC	130.0	2.0000	0.2576
253.00	AV-1	DESARENADOR	90	81.4	PVC	130.0	2.0000	0.7568
344.00	DESARENADOR	J-3	60	58.0	PVC	130.0	2.0000	0.7568
70.00	J-3	AV-2	50	46.0	PVC	130.0	2.0000	0.7568
640.00	AV-2	J-5	50	46.0	PVC	130.0	2.0000	0.7570
420.00	J-5	J-6	50	46.0	PVC	130.0	2.0000	0.7570
134.00	J-6	J-7	60	58.0	PVC	130.0	2.0000	1.2034
90.00	J-7	Planta Tratamiento	60	58.0	PVC	130.0	2.0000	1.2034

Elaboración: Propia, resultados obtenidos por medio de Water Cad V10.

5.4. Planta de tratamiento de agua potable

En Santa Teresita se tiene una planta de tratamiento de agua potable ubicada en las coordenadas UTM E 721242.07, N 9689702.83 a una altura de 2890 msnm, la planta cuenta con un sistema de tratamiento de tipo filtración en múltiples etapas, la planta de tratamiento se construyó en el año de 1995 por ETAPA EP.

La planta de tratamiento se encuentra administrada por la Junta de Agua Potable de Santa Teresita y la operación de la misma está a cargo de una persona designada por la junta, la operación de la planta consta en el control de los elementos de la planta tanto como cambio de áridos, control de dotación de cloro y control del nivel de agua en el tanque de reserva además el operador debe dar mantenimiento a la conducción, la red de distribución de agua, además de las actividades administrativas como lectura de los medidores para su registro de consumo y posterior su cobranza mensual.

La planta de tratamiento cuenta con los siguientes componentes:

- Cajón de ingreso con un vertedero triangular para el aforo de caudal del proceso.



Imagen 5.3: Cajón de ingreso a planta de tratamiento (Vertedero Triangular).

Fuente: Elaboración Propia.

- Un filtro dinámico compuesto de una capa delgada de grava fina en la superficie sobre un lecho de grava más gruesa y un drenaje en el fondo, las dimensiones de este sistema de filtro son de 6.35 m de largo por 1.52 m de ancho dando un área de 9.65 m².
- Dos filtros gruesos en paralelo de flujo horizontal cada uno consta con 3 secciones con gravas que disminuyen en tamaño según la dirección del flujo, este sistema de filtración cuenta con unas dimensiones de 6.14 m de largo por 5.17 m de ancho dando un área de 31.74 m².
- Dos filtros lentos de arena circulares de diámetro 4.50 m lo cual genera un área total de 15.90 m².
- Un sistema de cloración basado en la generación de hipoclorito de sodio por medio del uso de sal, para el funcionamiento del sistema de generación de cloro se dispone de energía eléctrica de forma regular.
- Un tanque de almacenamiento de agua tratada de forma circular que almacena un volumen de 50 m³.

En la imagen 5.4 se presenta una imagen aérea de la planta de tratamiento para indicar las partes de la misma para el presente estudio.



Imagen 5.4: Planta de tratamiento de Santa Teresita.

Fuente: Elaboración Propia.



Imagen 5.5: Sistema de cloración de la PTA.

Fuente: Elaboración Propia.

5.5. Evaluación de eficiencia de la planta de tratamiento

Para la evaluación de la eficiencia de la planta para su análisis tanto físico como químico y biológico se realizó una toma de muestras de agua durante las 3 etapas más importantes del sistema como son:

- Muestra en la entrada de la planta (AGUA CRUDA).
- Muestra en el tanque de reserva.
- Muestra directa en el predio de un usuario de la red de distribución.

El análisis presentado se realizó en el laboratorio de la planta de tratamiento de Tixan de la empresa ETAPA EP siguiendo las especificaciones indicadas por parte del laboratorio para el momento de la toma de las muestras de agua que son:

- Por cada muestra mínimo 1 litro de muestra en frasco de plástico nuevo.
- Para coliformes frascos estériles con una muestra mínima de 200 ml.

Tabla 5.2: Resultado de análisis de calidad de agua en la planta de tratamiento.

PARAMETROS	LIMITE MAXIMO NORMA 1108:2011 NTE INEN	UNIDADES	MUESTRAS			CUMPLE
			1.- ENTRADA PLANTA DE TRATAMIENTO	2.- TANQUE DE RESERVA	3.- PREDIO SEÑORA GLORIA YUQUILIMA	
COLOR APARENTE	15	U.C Pt-Co	11	4	5	CUMPLE
CONDUCTIVIDAD		μs/cm	61.8	75.8	72.3	
S.D.T	1000	mg/l	40	49	47	CUMPLE
COLOR RESIDUAL	0.3-1.5	mg/l	-	1.5	0.3	CUMPLE
pH	6.5-9.5	UpH	7.24	7.18	7.32	CUMPLE
TURBIEDAD	5	NTU	0.67	0.17	0.21	CUMPLE
COLIFORMES TOTALES	<1	NMP/100ml UFC/100ml	2.70E+0.1	<1	<1	CUMPLE
COLIFORMES FECALES	<1	NMP/100ml UFC/100ml	9.30E+00	<1	<1	CUMPLE

Fuente: Laboratorio de agua potable Tixan (ETAPA-EP P. d., 2021)

Elaboración: Propia.

El análisis realizado al agua que pasa por la planta de tratamiento nos indica que esta planta está trabajando de manera correcta ya que reduce los valores de coliformes totales y fecales, además del valor de cloro residual en el tanque de reserva no pasa el límite máximo y en el predio del usuario llega con el valor mínimo admisible por que la parte de cloración del agua tratada está trabajando de manera óptima.

5.5.1. Evaluación tanque reserva

El tanque de reserva es de 50 m³ el cual se evaluará mediante la fórmula de volumen total de almacenamiento que según (LÁRRAGA, 2016) es la sumatoria del volumen de reserva, volumen de protección contra incendios y el volumen de emergencia despreciando el volumen de protección contra incendios y volumen de emergencia debido a que la población futura de este estudio es 687 hab.

Evaluando solo el volumen de regulación a continuación.

Volumen de reserva (Vr): según la norma de ETAPA el volumen de reserva debe ser de al menos el 1/3 del volumen máximo consumido en un día calculado con el caudal medio diario al final del periodo de diseño calculando el volumen de reserva con las siguientes ecuaciones 5.1 y 5.2.

$$Vr = \frac{1}{3} \times Qm. futuro \text{ (ecuación 5.1)}$$

$$Qm. futuro = Pob. futura \times Dotacion futura \text{ (ecuación 5.2)}$$

$$Qm. futuro = 687 \text{ hab} \times 160 \frac{lt}{\text{hab} * \text{día}}$$

$$Qm. futuro = 109920 \text{ lt/día}$$

$$Vr = 36640 \text{ lt}$$

$$Vr = 37 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, no se requiere una mejora en el tanque de reserva ya que el tanque de reserva actual tiene 50 m³ prestando servicio correctamente en el futuro.

5.5.2. Evaluación operacional existente

5.5.2.1. Evaluación de personal

La planta de tratamiento es operada por una persona contratada por la junta de agua potable, el operador se encarga del mantenimiento de la planta de tratamiento, de la conducción y también del mantenimiento de la red de distribución. El operador trabaja en la planta a tiempo parcial y en ocasiones fuera de horario ya que debe estar pendiente de las situaciones extraordinarias que se den en la planta para así poder garantizar el debido abastecimiento de agua potable a la red de distribución.

5.5.2.2. Evaluación del operador

Durante el estudio se observó que la operadora de la planta tiene conocimiento general acerca del funcionamiento de la planta ya que la misma es la única persona encargada por la JAP, al ser la única persona encargada en situaciones extraordinarias la eficiencia del tratamiento y abastecimiento se ve afectada ya que tiene que recorrer todo el sistema a pie.

5.5.2.3. Evaluación del inventario de materiales necesarios para el funcionamiento de la planta de tratamiento

Durante el estudio se observó que la planta cuenta con una zona designada para el almacenamiento de materiales como áridos de varias granulometrías en cuanto al sistema de cloración se observó un déficit en el inventario de sal necesaria para la generación de hipoclorito ya que el operador informo que no disponían del presupuesto necesario para abastecerse de sal industrial y así mantener el sistema en un óptimo funcionamiento, para lo cual informo que es necesario tener al menos 30 Kg de sal al mes.

5.6. Red de distribución

En Santa Teresita la red de distribución se compone por tuberías de PVC con diámetros comerciales que varían entre 63 mm y 25 mm de unión por suelda química, algunas de estas tuberías cruzan por medio de terrenos privados debido a que la planta no posee un acceso vehicular y en casos debido a la ausencia de vías o accesos a las propiedades de los usuarios. En la siguiente tabla se especifica la composición de la red según sus diámetros y longitud, y también se elaboró un mapa de trazado de las tuberías.

Tabla 5.3: Diámetros y longitudes de la red de distribución de Santa Teresita.

Diametro	Longitud (m)	Porcentaje (%)
63 mm	736.19	16.19%
50 mm	1193.71	26.26%
32 mm	2453.5	53.97%
25 mm	162.81	3.58%
TOTAL	4546.21	

Fuente: Levantamiento propio y catastros proporcionados por ETAPA.

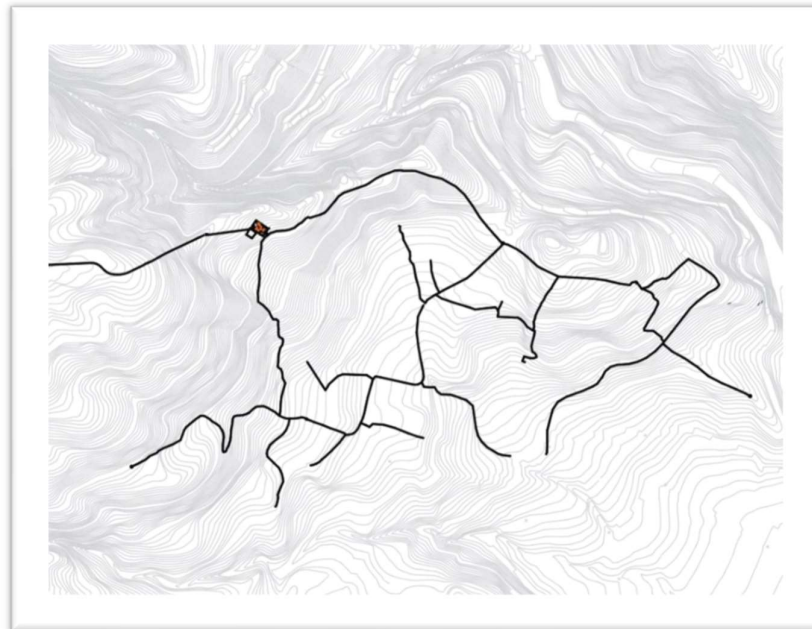


Imagen 5.6: Mapa de la red de distribución actual.

Fuente: Levantamiento propio y catastros proporcionados por ETAPA.

Además, se adjunta el levantamiento de la red de distribución actual en el ANEXO 5.1.

Adicional a este estudio se realizó un cateo para conocer el estado actual de algunas de las tuberías de la red de distribución encontrando que varias tuberías ubicadas en propiedades privadas no han sido reemplazadas desde la construcción de la red, además de otras tuberías que se encuentran descubiertas y son accesibles a su evaluación se observó que su estado no es el óptimo ya que se han reparado por tramos cortos y no se ha reemplazado el tramo completo presentando fugas.



Imagen 5.7: Cateo #1 de Tubería en red de distribución.

Coordenadas UTM: E-721190 N-9689444

Elaboración: Propia.



Imagen 5.8: Cateo #2 de Tubería en red de distribución.

Coordenadas UTM: E-721274 N-9689444

Elaboración: Propia.

5.7. Evaluación de presiones en la red de distribución

Durante este estudio se llevó a cabo un análisis de presiones en la red de distribución tomando las presiones en diferentes puntos de la red y en los horarios de la mañana, medio día y en la tarde obteniendo los siguientes datos.

Tabla 5.4: Ubicaciones en las cuales se tomaron datos de presión en la red de Santa Teresita.

Hora	Puntos			
	ST1	ST2	ST3	ST4
Coordenadas	E721002, N9689291	E721536, N9689647	E721959, N9689484	E721763, N9689287
7:00	150 psi	85 psi	90 psi	125 psi
12:00	135 psi	80 psi	105 psi	150 psi
18:00	150 psi	65 psi	100 psi	100 psi
Media	144.82 psi	76.17 psi	98.13 psi	123.31 psi

Elaboración: Propia.

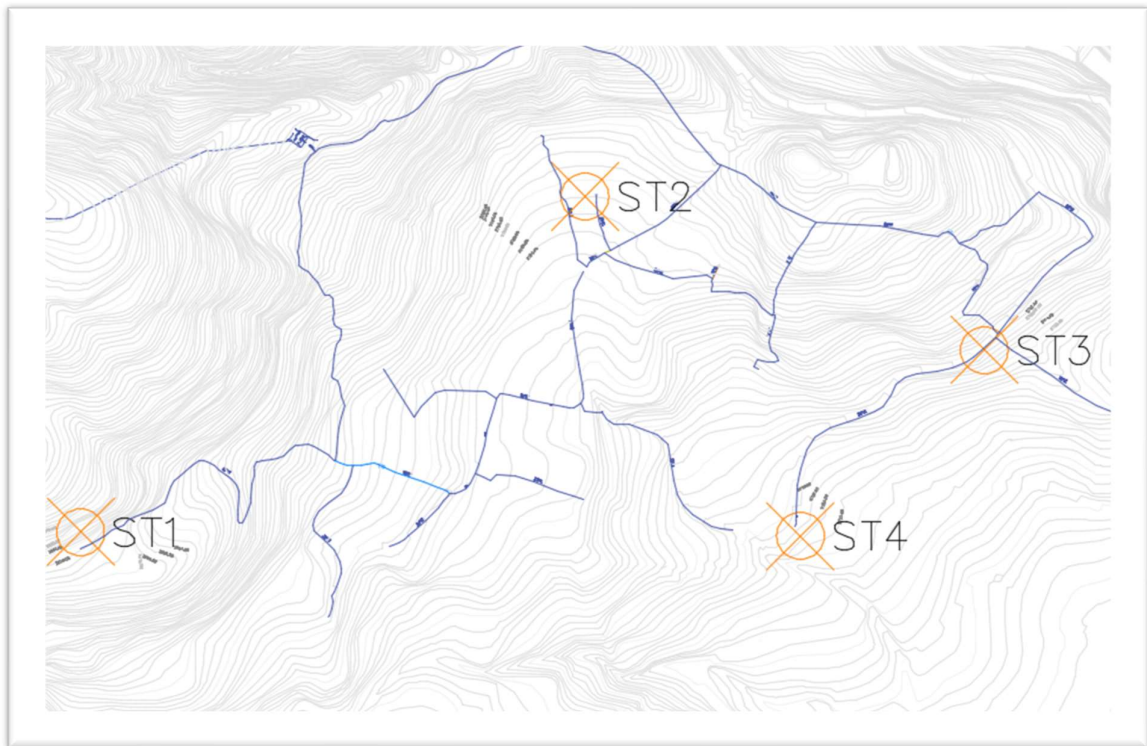


Imagen 5.9: Lugares donde se midieron las presiones en la red de distribución actual.

Elaboración: Propia.

De las presiones registradas se obtuvo valores aleatorios durante el transcurso del día siendo imposible establecer un patrón de variación de presiones, además de presentar presiones medias superiores al rango recomendado, siendo necesaria la implementación de medidas para reducir la presión con la finalidad de evitar daños en los aparatos domiciliarios sanitarios, pérdidas en la red y consumo excesivo.

CAPÍTULO 6: MODELACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

A continuación, adicional a el análisis de presiones en campo y la evaluación del estado físico de las tuberías en la red de distribución se llevó a cabo la evaluación hidráulica de la red de distribución partiendo del catastro, la cartografía, la proyección poblacional realizada al año 2050 los parámetros y criterios de diseño que fueron establecidos en el capítulo 3 del presente estudio, parámetros como: Caudales de diseño, dotación y población futura.

Para el presente estudio se llevó a cabo un levantamiento de información respecto al número de personas por medidor instalado y la ubicación de cada medidor (ANEXO 6.1), esto con el objetivo de tener una simulación más precisa ya que así se encuentra la demanda exacta por nodo y se evita el sub-dimensionamiento o el sobre-dimensionamiento de la red.

6.1. Software WaterCad V10.0

Para la modelación se elaboró un modelo matemático empleando el software Water Cad V10 que es desarrollado por Bentley el cual permite realizar modelación hidráulica de sistemas de distribución o riego, el software aporta con algunas ventajas respecto a otros softwares como la capacidad de integración con softwares como AutoCad CIVIL 3D y ArcGis siendo de gran ayuda al momento de exportar la red de distribución modelada en archivos compatibles con AutoCad y Epanet.

WaterCad realiza las simulaciones tanto hidráulicas y dinámicas por medio de interacciones a través del método del Gradiente hidráulico calculando en el modelo las cotas piezométricas de cada nudo y las velocidades en las tuberías.

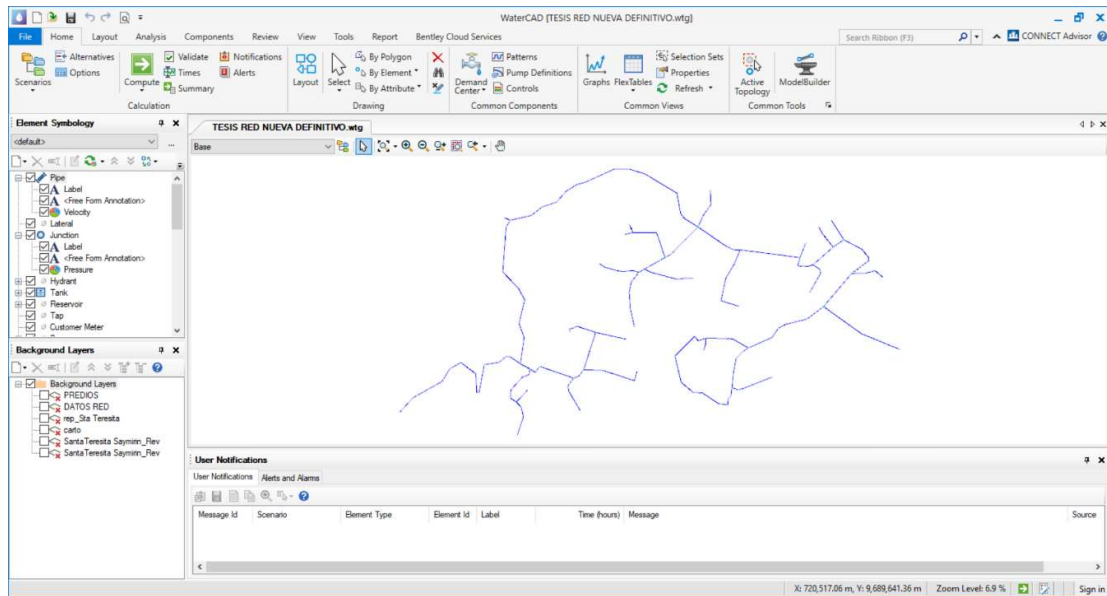


Imagen 6.1: SOFTWARE WaterCad V10.0

Elaboración: Propia

6.2. Información necesaria para la modelación

Para la modelación se ingresa a partir de la topografía y el catastro actual de la red la ubicación, cota y demandas de los nodos consiguiendo se inserta las tuberías con sus diámetros internos, longitud y coeficiente de Hazen-Williams, en la red se deberá ubicar también el tanque de reserva con su elevación correspondiente además de las válvulas y bomba en caso de ser necesaria su utilización.

6.3. Evaluación de la conducción de agua cruda actual

Para la evaluación de la red se ingresó el caudal de diseño indicado en el capítulo 3 de este estudio siendo el caudal máximo diario multiplicado por 2 (Caudal de diseño = 3.18 L/s) el caudal de evaluación de la conducción de agua cruda.

En las siguientes tablas 6.1 y 6.2 se indican los resultados de la evaluación hidráulica correspondiente a la conducción de agua cruda actual.

Tabla 6.1: Evaluación hidráulica de la conducción de agua cruda de la planta de tratamiento de Santa Teresita, resultados de las TUBERIAS.

Tuberia	Longitud (m)	Nudo Inicial	Nudo Final	Diametro Nominal (mm)	Diametro interno (mm)	Material	H-W coef. C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
P-1	194.00	R-1	J-1	110	99.4	PVC	130.0	3.18	0.4096
P-2	61.00	J-1	AV-1	110	99.4	PVC	130.0	3.18	0.4096
P-3	253.00	AV-1	DESARENADOR	90	81.4	PVC	130.0	3.18	0.6109
P-4	344.00	DESARENADOR	J-3	60	58.0	PVC	130.0	3.18	1.2035
P-5	70.00	J-3	AV-2	50	46.0	PVC	130.0	3.18	1.2035
P-6	640.00	AV-2	J-5	50	46.0	PVC	130.0	3.18	1.2036
P-7	420.00	J-5	J-6	50	46.0	PVC	130.0	3.18	1.2036
P-8	134.00	J-6	J-7	60	58.0	PVC	130.0	3.18	1.9135
P-9	90.00	J-7	Planta Tratamiento	60	58.0	PVC	130.0	3.18	1.9135

Elaboración: propia mediante Water Cad V10.

Tabla 6.2: Evaluación hidráulica de la conducción de agua cruda de la planta de tratamiento de Santa Teresita, resultados de las NODOS.

NODO	ELEVACION (m)	CAUDAL (L/s)	PRESION (m.c.a)
J-1	3,136.31	3.180	14
J-3	3,132.00	3.180	3
J-5	3,086.00	3.180	34
J-6	3,054.00	3.180	59
J-7	2,996.00	3.180	104
Planta Tratamiento	2,891.00	3.180	199

Elaboración: propia mediante Water Cad V10.

6.4. Evaluación de la red actual

En la tabla 6.3 a continuación se presentan los datos ingresados en el software en la parte de los consumos de cada nodo correspondientes a la red actual, los cuales para la evaluación de la red de distribución se calculó mediante la asignación directa de medidores cercanos a los nodos de análisis.

Tabla 6.3: Resultados de consumo para cada nodo proyectado para el año 2050.

NODOS	# Casas	# Habitantes	Pob. Futura	Q MEDIO (L/seg)	Q MAX DIARIO (L/seg)	Q MAX HORARIO (L/seg)
J-2	13	56	75	0.14	0.17	0.52
J-3	6	20	27	0.05	0.06	0.19
J-4	1	5	7	0.01	0.02	0.05
J-6	5	18	24	0.04	0.06	0.17
J-7	7	32	43	0.08	0.10	0.30
J-8	2	10	13	0.02	0.03	0.09
J-9	6	22	30	0.05	0.07	0.21
J-10	5	49	66	0.12	0.15	0.46
J-11	7	23	31	0.06	0.07	0.22
J-12	3	13	18	0.03	0.04	0.12
J-13	4	25	34	0.06	0.08	0.23
J-14	9	27	36	0.07	0.08	0.25
J-15	8	26	35	0.06	0.08	0.24
J-16	1	5	7	0.01	0.02	0.05
J-17	4	18	24	0.04	0.06	0.17
J-18	1	2	3	0.00	0.01	0.02
J-19	3	13	18	0.03	0.04	0.12
J-20	2	8	11	0.02	0.02	0.07
J-21	4	11	15	0.03	0.03	0.10
J-22	1	3	4	0.01	0.01	0.03
J-23	5	23	31	0.06	0.07	0.22
J-24	4	28	38	0.07	0.09	0.26
J-25	2	8	11	0.02	0.02	0.07
J-26	3	11	15	0.03	0.03	0.10
J-27	6	24	32	0.06	0.07	0.22
J-28	2	12	16	0.03	0.04	0.11
J-29	4	18	24	0.04	0.06	0.17
J-33 (tapón)	0	0	0	0.00	0.00	0.00

Elaboración: propia.

En las siguientes tablas 6.4 y 6.5 se muestran los resultados de la evaluación hidráulica realizada a la red de distribución de agua potable actual

Tabla 6.4: Evaluación hidráulica de la red de distribución de Santa Teresita, resultados de las TUBERIAS.

Tubería	Longitud	Diametro Nominal (mm)	Diametro interno (mm)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
P-1	528.0000	50	46.0	1.8210	1.0955
P-2	371.0000	63	58.0	2.9390	1.1125
P-3	94.0000	63	58.0	1.5890	0.6015
P-4	83.0000	63	58.0	1.7590	0.6659
P-5	38.0000	63	58.0	1.8890	0.7151
P-6	109.0000	63	58.0	2.3690	0.8968
P-7	20.0000	63	58.0	2.6090	0.9876
P-8	119.0000	50	46.0	1.2150	0.7309
P-9	161.0000	50	46.0	0.7800	0.4693
P-10	325.0000	50	46.0	0.5020	0.3023
P-11	148.0000	50	46.0	0.0860	0.0517
P-12	8.0000	50	46.0	0.5840	0.3515
P-13	25.0000	50	46.0	1.1590	0.6976
P-14	144.0000	50	46.0	1.4490	0.8721
P-15	87.0000	50	46.0	0.2350	0.1416
P-16	144.0000	32	28.8	0.2280	0.3495
P-17	187.0000	32	28.8	0.0900	0.1382
P-18	4.0000	32	28.8	0.5600	0.8596
P-19	326.0000	32	28.8	0.1700	0.2610
P-21	121.0000	32	28.8	0.3550	0.5453
P-22	91.0000	32	28.8	0.2500	0.3838
P-23	154.0000	32	28.8	0.0500	0.0768
P-24	61.0000	32	28.8	0.4600	0.7061
P-25	415.0000	32	28.8	0.1100	0.1689
P-26	122.0000	32	28.8	0.0300	0.0461
P-27	87.0000	32	28.8	0.2600	0.3991
P-28	238.0000	32	28.8	0.1200	0.1842
P-29	189.0000	32	28.8	0.0700	0.1075
P-30	11.0000	32	28.8	0.2450	0.3757
P-31	163.0000	32	22.0	0.1000	0.2631

Elaboración: propia mediante Water Cad V10.

Tabla 6.5: Evaluación hidráulica de la red de distribución de Santa Teresita, resultados de los NODOS.

NODO	ELEVACION (m)	DEMANDA EN NODO (L/s)	PRESION (MCA)
J-2	2,804.00	0.52	68
J-3	2,818.00	0.19	52
J-4	2,789.00	0.05	80
J-6	2,752.00	0.17	116
J-7	2,752.00	0.3	116
J-8	2,722.00	0.09	145
J-9	2,783.50	0.21	89
J-10	2,788.00	0.46	83
J-11	2,782.50	0.22	90
J-12	2,785.00	0.12	85
J-13	2,782.00	0.23	88
J-14	2,753.00	0.25	116
J-15	2,781.00	0.24	92
J-16	2,798.00	0.05	75
J-17	2,727.00	0.17	139
J-18	2,767.80	0.02	108
J-19	2,731.80	0.12	144
J-20	2,776.50	0.07	100
J-21	2,778.50	0.1	99
J-22	2,769.00	0.03	109
J-23	2,783.00	0.22	95
J-24	2,787.50	0.26	90
J-25	2,793.00	0.07	87
J-26	2,805.00	0.1	71
J-27	2,806.10	0.22	76
J-28	2,878.00	0.11	6
J-29	2,801.90	0.17	78
J-33(TAPÓN)	2,788.00	0	82
Salida Tanque de Reserva	2,880.00	0	7

Elaboración: propia mediante Water Cad V10.

Los planos de la evaluación hidráulica a la conducción y a la red de distribución se presentan en el anexo 6.2 y 6.3.

6.5. Conclusiones y recomendaciones

Apoyándose en los resultados encontrados en la evaluación hidráulica del sistema de conducción y distribución de agua potable de Santa Teresita se pudo concluir que:

1. La red de distribución actual presenta problemas de presiones como se indica en la evaluación de presiones presentada en el capítulo 5 apartado 5.7.
2. La conducción de agua cruda presenta problemas de presiones debido a la carencia de dispositivos reguladores de presión además que cuenta con diámetros de 110mm, 90mm, 63mm y 50mm. Por lo que se recomienda la implementación de sistemas reguladores de presión como válvulas reductoras de presión o tanques rompe presiones, además se recomienda la renovación de las tuberías de la conducción aplicando el diámetro mínimo por norma que sería 25 mm en PVC realizando una evaluación hidráulica de la conducción que cumpla con los requerimientos establecidos por la norma NORMA CO 10.7-602.
3. Como se puede observar en el plano de catastros de la red de distribución anexo 5.6, parte de las tuberías de la red de distribución pasan por predios privados dificultando el mantenimiento de las tuberías, por lo que se recomienda en la fase de mejoras considerar que las nuevas tuberías se ubiquen en las vías públicas y caminos vecinales evitando pérdidas de agua por ruptura de las tuberías dificultando su reemplazo al estar en predios privados.

4. Para la fase de mejoras también se recomienda la renovación de tuberías de la red de distribución al diámetro mínimo recomendado por la norma de la secretaria de agua para las redes de distribución siendo este valor de 19 mm analizando un sistema con redes principales de 63 mm que existen en el sistema actual y redes secundarias de menor diámetro. Además, el cateo de la red dio como resultado la presencia de tuberías en mal estado ya que estas no han sido sustituidas desde la construcción de la red en 1995 presentado fugas.

5. Luego de la evaluación hidráulica realizada para el año de 2050 se encontró que las presiones dinámicas en ciertos puntos de la red sobrepasan la presión de trabajo recomendada por el fabricante de las tuberías siendo recomendable la aplicación de sistemas de regulación de presión como válvulas reductoras de presión.

Además, las velocidades en las tuberías resultado de la evaluación hidráulica indica que están trabajando fuera del rango admitido por las tuberías.

6. Luego del análisis físico y operacional de la conducción y red de distribución de agua potable de Santa Teresita se observó que al tener un solo operador para todo el sistema se llega a tener muchas veces problemas con la prestación del servicio ya que este operador realiza todas las actividades en casos de emergencia o épocas de estiaje por lo que se recomienda la implementación de más personal para el mantenimiento y el control del funcionamiento de la planta con una capacitación correcta sobre el correcto funcionamiento de la planta, captación y la ubicación exacta de la red de distribución para poder brindar un mejor servicio a todos los usuarios de la comunidad.

Por lo cual las principales recomendaciones a ejecutarse en un plan de mejora serian:

1. Ubicar las nuevas tuberías en las vías existentes para poder tener una mejor evaluación y poder dar mantenimiento de manera más accesible.

2. Renovar las tuberías a los diámetros recomendados tanto en conducción y en la red de distribución de agua potable evaluando los diámetros nuevos en el software WaterCad para comprobar su correcto funcionamiento y que cumplan con los parámetros de la norma.

3. Implementación de sistemas de regulación de presión para reducir perdidas, evitar consumos excesivos por parte de los usuarios y una mejor conservación en los aparatos domiciliarios, presentándose la evaluación y el diseño final en el presupuesto propuesto en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 7: PLANTEAMIENTO DE MEJORAS Y PRESUPUESTO.

Como parte de este estudio es el planteamiento de mejoras, por lo se elaboró un análisis de la situación actual y como proyectarse al futuro de la red de distribución de agua potable en la comunidad de Santa Teresita dando como resultado una serie de acciones que se deberán llevar a cabo como recomendaciones para que el sistema funcione de manera óptima en el futuro, elaborando un planteamiento nuevo de la distribución de la red presentada a continuación.

Como recomendación en el Capítulo 6 se propuso la ubicación de las nuevas tuberías de un diámetro mínimo para los tramos de red secundarias de 25 mm y para los tramos de red principales 63 mm, las tuberías nuevas serán colocadas por las vías y pasos vecinales existentes para evitar pasar por predios privados facilitando el trabajo de instalación y mantenimiento futuro de la red en caso de ser necesario.

Además, se implementará válvulas reductoras de presión en las zonas con presiones que exceden el valor recomendado por norma.

7.1. Resultados de análisis de la conducción con mejoras propuestas

En la evaluación a la conducción planteada se le implemento tanques rompe presiones ya que la diferencia de altura entre el desarenador y la entrada de la planta de tratamiento es de 248 m presentando un problema de presión que genera rupturas en las tuberías de manera constante, por lo que se planteó la utilización de una tubería de presión nominal de 1.25Mpa para la cual se analizó reemplazando la tubería actual por tubería de 110mm y 90 mm.

Al evaluar la conducción con una tubería de 110 mm no cumple la velocidad mínima requerida por norma por lo que se evaluó la conducción con un diámetro de 90 mm cumpliendo los requerimientos planteados por norma utilizando este diámetro en toda la conducción, dado que existe tuberías de 110mm, 90mm, 63mm y 50 mm se reemplazó a las tuberías de diámetro diferente a 90 mm.

En las siguientes tablas 7.1 y 7.2 se presentan los resultados de la evaluación hidráulica realizada a la conducción con las mejoras planteadas anteriormente.

Tabla 7.1: Evaluación hidráulica realizada a la conducción de agua cruda resultados de las tuberías.

Nudo Final	Tubería	Diametro Nominal (mm)	Diametro interno (mm)	Material	H-W coef. C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
J-1	P-1	90	81.4	PVC	130.0	3.1790	0.61
AV-1	P-2	90	81.4	PVC	130.0	3.1790	0.61
DESARENADOR	P-3	90	81.4	PVC	130.0	3.1790	0.61
J-3	P-4	90	81.4	PVC	130.0	3.1780	0.61
AV-2	P-5	90	81.4	PVC	130.0	3.1780	0.61
J-57	P-6	90	81.4	PVC	130.0	3.1800	0.61
J-5	P-7	90	81.4	PVC	130.0	3.1800	0.61
PRV-1	P-8	90	81.4	PVC	130.0	3.1800	0.61
J-56	P-9	90	81.4	PVC	130.0	3.1800	0.61
PRV-2	P-10	90	81.4	PVC	130.0	3.1800	0.61
PRV-3	P-11	90	81.4	PVC	130.0	3.1800	0.61
Planta Tratamiento	P-12	90	81.4	PVC	130.0	3.1800	0.61

Elaboración: propia mediante Water Cad V10.

Tabla 7.2: Evaluación hidráulica realizada a la conducción de agua cruda resultados de los nodos.

NODO	ELEVACION (m)	CAUDAL (L/s)	PRESION (m.c.a)
J-1	3,136.31	3.1800	13
AV-1	3,144.00	3.1800	5
DESARENADOR	3,139.00	3.1800	11
J-3	3,087.00	3.1800	49
AV-2	3,105.00	3.1800	30
J-5	3,085.00	3.1800	48
J-6	3,094.49	3.1800	40
PRV-1	3,053.50	3.1800	79
J-7	3,003.00	3.1800	48
PRV-2	2,982.00	3.1800	67
PRV-3	2,920.00	3.1800	61
Planta Tratamiento	2,894.00	3.1800	25

Elaboración: propia mediante Water Cad V10.

Planos de la evaluación realizada a la conducción de agua cruda adjuntos en el Anexo 7.1

7.2. Resultados de análisis de la red de distribución de agua potable con mejoras propuestas.

Para el análisis a futuro de la red propuesta se calculó las demandas según los métodos de las áreas y el método de número de familias.

7.2.1. Método de las áreas

Consiste en la determinación del caudal en cada nudo considerando su área de influencia siendo determinadas estas áreas por los polígonos de Thiessen.

Se determina los caudales unitarios de cada nudo con las siguientes ecuaciones:

$$Q_i = A_i \times Q_e \text{ (ecuación 7.1)}$$

$$Q_e = Q_t / A_t \text{ (ecuación 7.2)}$$

Donde:

Q_i = Caudal unitario de consumo en el nudo i (l/s).

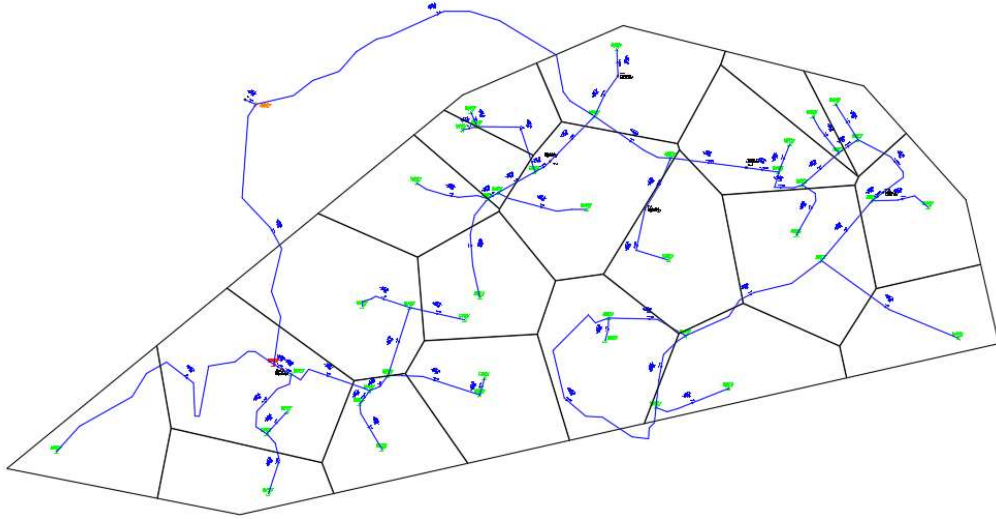
A_i = Área de influencia o área abastecida por el nudo i (ha).

Q_e = Caudal unitario superficial (l/s/ha).

Q_t = Caudal máximo horario o caudal de diseño (l/s).

A_t = Superficie total de la evaluación del proyecto (ha).

En la tabla 7.3 se muestran los consumos obtenidos mediante el método de las áreas.

Imagen 7.1: Áreas delimitadas por los polígonos de Thiessen.

Elaboración: propia

Tabla 7.3: Consumos en cada nodo determinado por el método de las áreas.

METODO DE AREAS DE INFLUENCIA			
CAUDAL DE DISEÑO	4.77	L/s	
AREA TOTAL	50.00	Ha	
Q UNITARIO	0.0954	L/s/Ha	
NODO ANALISIS	COTA	AREA INFLUENCIA	Q EN NODO
J-A1	2,874.00	5.20	0.50
J-A2	2,792.00	3.63	0.35
J-A3	2,794.30	1.17	0.11
J-A4	2,773.00	1.54	0.15
J-A5	2,769.00	2.95	0.28
J-A7	2,801.00	3.02	0.29
J-A8	2,741.00	1.58	0.15
J-A9	2,719.00	2.20	0.21
J-A10	2,722.00	1.63	0.16
J-A11	2,741.00	1.35	0.13
J-A12	2,771.00	1.61	0.15
J-A13	2,787.00	0.42	0.10
J-A14	2,801.00	1.83	0.17
J-A15	2,770.00	2.46	0.23
J-A16	2,772.00	0.64	0.20
J-A17	2,791.00	3.49	0.33
J-A18	2,793.00	3.22	0.31
J-A19	2,790.00	1.94	0.19
J-A20	2,781.00	2.57	0.25
J-A21	2,785.00	2.49	0.24
J-A22	2,768.00	1.79	0.17

Elaboración: Propia.

7.2.2. Método del número de familias

En este método se calcula el caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre el número total de familias de la población.

El caudal en cada nudo será calculado mediante las siguientes ecuaciones.

$$Q_n = q_u \times N_{fm} \text{ (ecuación 7.3)}$$

$$q_u = Q_{mh} / N_f \text{ (ecuación 7.4)}$$

Donde:

Q_n = Caudal de consumo en el nudo i (l/s).

q_u = Caudal unitario (l/s/Fam)

Q_{mh} = caudal Máximo horario o caudal de diseño.

N_f = Número total de familias.

N_{fn} = Número de familias en el área de influencia del nudo “n”.

En la tabla 7.4 se muestran los consumos obtenidos mediante el método del número de familias.

Tabla 7.4: Consumos en cada nodo determinado por el método del número de familias.

METODO DEL NÚMERO DE FAMILIAS			
CAUDAL DE DISEÑO	4.77	L/s	
# TOTAL DE FAMILIAS	121	Familias	
Q UNITARIO	0.03942149	L/s/Fam	
NODO ANALISIS	COTA	Fam INFLUENCIA	Q EN NODO
J-A1	2,874.00	5.00	0.197
J-A2	2,792.00	2.00	0.079
J-A3	2,794.30	4.00	0.158
J-A4	2,773.00	5.00	0.197
J-A5	2,769.00	6.00	0.237
J-A7	2,801.00	4.00	0.158
J-A8	2,741.00	5.00	0.197
J-A9	2,719.00	5.00	0.197
J-A10	2,722.00	2.00	0.079
J-A11	2,741.00	9.00	0.355
J-A12	2,771.00	2.00	0.079
J-A13	2,787.00	6.00	0.237
J-A14	2,801.00	5.00	0.197
J-A15	2,770.00	11.00	0.434
J-A16	2,772.00	5.00	0.197
J-A17	2,791.00	4.00	0.158
J-A18	2,793.00	3.00	0.118
J-A19	2,790.00	7.00	0.276
J-A20	2,781.00	10.00	0.394
J-A21	2,785.00	9.00	0.355
J-A22	2,768.00	12.00	0.473

Elaboración: Propia.

En las siguientes tablas 7.5 y 7.6 se presentan los resultados de la evaluación hidráulica realizada a la red de distribución con las mejoras planteadas anteriormente.

Tabla 7.5: Evaluación hidráulica realizada a red de distribución de agua potable, resultados de las tuberías.

Longitud (m)	Nudo Inicial	Nudo Final	Tubería	Diametro Nominal (mm)	Diametro interno (mm)	Material	H-W coef. C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
356.00	J-6	J-32	P-59	60	57	PVC	130	1.82	0.71
528.00	J-6	J-7	P-70	60	57	PVC	130	3.375	1.32
113.00	J-7	J-8	P-71	60	57	PVC	130	1.896	0.74
62.00	J-9	J-10	P-73	60	57	PVC	130	1.286	0.50
100.00	J-11	J-12	P-75	60	57	PVC	130	0.903	0.35
203.00	J-12	J-15	P-76	60	57	PVC	130	0.747	0.29
15.00	T-2	J-6	P-12	60	57	PVC	130	5.195	2.04
56.00	J-97	J-9	P-72(2)	60	57	PVC	130	1.521	0.60
30.00	J-10	J-99	P-74(1)	60	57	PVC	130	1.186	0.46
97.00	J-8	PRV-1	P-72(1)(1)	60	57	PVC	130	1.696	0.66
41.00	PRV-1	J-97	P-72(1)(2)	60	57	PVC	130	1.696	0.66
111.00	J-99	PRV-2	P-74(2)(1)	60	57	PVC	130	1.032	0.40
18.00	PRV-2	J-11	P-74(2)(2)	60	57	PVC	130	1.032	0.40
80.00	J-7	PRV-3	P-83(1)	60	57	PVC	130	1.146	0.45
24.00	PRV-3	J-19	P-83(2)	60	57	PVC	130	1.146	0.45
434.00	J-A1	J-32	P-60	50	45.2	PVC	130	0.496	0.31
54.00	J-19	J-22	P-84	50	45.2	PVC	130	0.654	0.41
113.00	J-31	J-28	P-63	32	28.8	PVC	130	0.866	1.33
32.00	J-28	J-26	P-65	32	28.8	PVC	130	0.719	1.10
90.00	J-26	J-27	P-66	32	28.8	PVC	130	0.438	0.67
71.00	J-27	J-A7	P-67	32	28.8	PVC	130	0.288	0.44
99.00	J-17	J-A9	P-68	32	28.8	PVC	130	0.21	0.32
105.00	J-15	J-17	P-77	32	28.8	PVC	130	0.481	0.74
201.00	J-12	J-A10	P-78	32	28.8	PVC	130	0.156	0.24
79.00	J-9	J-A15	P-79	32	28.8	PVC	130	0.235	0.36
133.00	J-24	J-A22	P-87	32	28.8	PVC	130	0.171	0.26
95.00	J-24	J-A20	P-88	32	28.8	PVC	130	0.245	0.38
117.00	J-22	J-A21	P-89	32	28.8	PVC	130	0.238	0.37
115.00	J-19	J-20	P-90	32	28.8	PVC	130	0.492	0.76
20.00	J-20	J-A19	P-91	32	28.8	PVC	130	0.185	0.28
20.00	J-20	J-A18	P-92	32	28.8	PVC	130	0.307	0.47
104.00	J-31	J-95	P-62(1)	32	28.8	PVC	130	0.458	0.70
83.00	J-95	J-A2	P-62(2)	32	28.8	PVC	130	0.346	0.53
38.00	J-97	J-A14	P-98	32	28.8	PVC	130	0.175	0.27
121.00	J-101	J-26	P-94(2)	32	28.8	PVC	130	0.281	0.43
22.00	J-101	J-A5	P-100	32	28.8	PVC	130	0.281	0.43
15.00	J-22	J-24	P-102	32	28.8	PVC	130	0.416	0.64
104.00	J-105	J-15	P-95(2)	32	28.8	PVC	130	0.266	0.41
13.00	J-32	PRV-4	P-61(1)	32	28.8	PVC	130	1.324	2.03
12.00	PRV-4	J-31	P-61(2)	32	28.8	PVC	130	1.324	2.03
73.00	J-8	PRV-5	P-82(1)	32	28.8	PVC	130	0.2	0.31
96.00	PRV-5	J-A16	P-82(2)	32	28.8	PVC	130	0.2	0.31
59.00	J-7	PRV-6	P-101(1)	32	28.8	PVC	130	0.333	0.51
34.00	PRV-6	J-A17	P-101(2)	32	28.8	PVC	130	0.333	0.51
78.00	J-11	J-A11	P-80	25	22.8	PVC	130	0.129	0.32
58.00	J-10	J-A13	P-81	25	22.8	PVC	130	0.1	0.24
21.00	J-28	J-93	P-64(1)	25	22.8	PVC	130	0.147	0.36
66.00	J-93	J-A4	P-96	25	22.8	PVC	130	0.147	0.36
38.00	J-A3	J-95	P-97	25	22.8	PVC	130	0.112	0.27
54.00	J-99	J-A12	P-99	25	22.8	PVC	130	0.154	0.38
323.00	J-17	J-105	P-95(1)	25	22.8	PVC	130	0.115	0.28
29.00	J-105	J-A8	P-103	25	22.8	PVC	130	0.151	0.37
72.00	J-27	J-40	P-104	25	22.8	PVC	130	0.15	0.37

Elaboración: Propia

Tabla 7.6: Evaluación hidráulica realizada a red de distribución de agua potable, resultados de los nodos.

NODO	ELEVACION (m)	CAUDAL (L/s)	PRESION (m.c.a)	
J-A1	2,874.00	0.496	11	
J-A2	2,792.00	0.346	39	
J-A3	2,794.30	0.112	38	
J-A4	2,773.00	0.147	52	
J-A5	2,769.00	0.281	53	
J-A7	2,801.00	0.288	20	
J-A8	2,741.00	0.151	40	
J-A9	2,719.00	0.210	59	
J-A10	2,722.00	0.156	60	
J-A11	2,741.00	0.129	41	
J-A12	2,771.00	0.154	49	
J-A13	2,787.00	0.100	33	
J-A14	2,801.00	0.175	20	
J-A15	2,770.00	0.235	50	
J-A16	2,772.00	0.200	47	
J-A17	2,791.00	0.333	24	
J-A18	2,793.00	0.307	15	
J-A19	2,790.00	0.185	18	
J-A20	2,781.00	0.245	29	
J-A21	2,785.00	0.238	25	
J-A22	2,768.00	0.171	42	
VALVULAS REDUCTORAS DE PRESION				
NODO	ELEVACION (m)	CAUDAL (L/s)	PRESION ENTRADA (m.c.a)	PRESION SALIDA (m.c.a)
PRV-1	2802.06	1.696	65.000	20
PRV-2	2763.22	1.032	57.000	20
PRV-3	2791.7	1.146	78.000	20
PRV-4	2802.97	1.324	81.000	35
PRV-5	2799.34	0.200	68.000	20
PRV-6	2795.76	0.333	73.000	20

Elaboración: Propia.

Los planos con los resultados de la evaluación hidráulica se presentan en el anexo 7.1 y 7.2.

En los resultados de la evaluación hidráulica a la conducción de agua cruda con las mejoras planteadas se obtuvo que la velocidad de la tubería está dentro del rango establecido por la norma utilizando la tubería de 90 mm, además al implementar los tanques rompe presiones se logró llegar a la planta de tratamiento con una presión dentro del rango permitido por norma.

Para los tanques rompe presiones se realizó un pre dimensionamiento para la parte operativa del mismo encontrando las alturas necesarias para que el flujo de agua se mantenga constante, el pre dimensionamiento se muestran en el **anexo 7.3** y será el mismo diseño para los tanques presentes en la conducción.

7.3. Presupuesto de las mejoras planteadas

Para la evaluación y planteamiento de mejoras de la conducción y red de distribución de agua potable de la comunidad de Santa Teresita de Chiquintad se procede a realizar el cálculo de cantidades de obra para proceder con el cálculo del presupuesto respectivo de la obra para lo cual se utilizó el software AutoCad y Excel los cuales nos permiten cuantificar los costos de las mejoras de la conducción y la red de distribución. Se adjunta en el **anexo 7.4** los planos de perfiles y tanques rompe presiones del sistema planteado

Los datos utilizados para el presupuesto se obtuvieron de una base de datos proporcionada por la empresa ETAPA-EP y de obras similares en la zona registradas en el portal del Servicio nacional de contratación y obras públicas (SERCOP).

7.3.1. Análisis de precios unitarios

Para determinar el presupuesto de la obra se necesita elaborar un análisis de precios unitarios de los rubros definidos en el proyecto, los precios unitarios son el resultado de la suma de los costos que componen cada rubro siendo estos costos de: equipos, mano de obra, materiales y transporte. Estos costos componen el costo directo de un precio unitario.

Consiguiente se calcula el costo indirecto en el cual se tienen los valores que provienen del financiamiento, administración, imprevistos, pagos de servicios básicos, arriendos, entre otros. El costo indirecto se determina para cada obra en porcentaje que se ve afectado por la distancia a la obra, la accesibilidad, distancias de acarreo, que intervienen para la determinación de los costos indirectos.

En la **Tabla 7.7** se muestra un ejemplo con el análisis de precios unitarios del rubro relleno compactado con material de sitio, para el cual se consideró el equipo, mano de obra, materiales y transporte.

Para el cálculo de costo de equipos se debe considerar la cantidad, tarifa, costo/hora, y el rendimiento sumando estos valores nos da un valor subtotal de equipo, este proceso se lleva a cabo de la misma manera para los materiales, mano de obra y transporte; sumando todos los valores subtotales se determina el costo total directo.

Para cada precio unitario se considera el costo indirecto que para esta obra se consideró el 20% del total del costo directo de cada análisis de precio unitario, sumando al final costo directo y costo indirecto dándonos el valor del costo unitario del rubro.

Tabla 7.7: Análisis de precios unitarios del rubro relleno compactado material de

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
RUBRO:	Relleno compactado material de sitio				UNIDAD:	m ³
DETALLE:						
EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Equipo menor	1	0.3	0.3	0.1	0.03	
Retroexcavadora	0.2	22	4.4	0.1	0.44	
Vibro-apisonador	1	3	3	0.1	0.3	
SUBTOTAL M					0.77	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo	
Operador de equipo liviano	1	3.65	3.65	0.1	0.365	
Op.Gr.1 - Retroexcavadora	0.2	4.04	0.808	0.1	0.0808	
Peon	3	3.6	10.8	0.1	1.08	
SUBTOTAL N					1.5258	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo		
SUBTOTAL O					0	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
SUBTOTAL P					0	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					2.2958	
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20 %					0.45916	
OTROS INDIRECTOS: 0.00000 %					0	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.75496	
VALOR OFERTADO					2.75	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.						

Sep-21

sitio.

Elaboración: Propia**7.3.2. Presupuesto**

Para el presupuesto referencial del planteamiento de mejoras del sistema de captación y red de distribución de la comunidad de Santa Teresita se utilizaron las hojas de cálculo de Excel cuantificando las cantidades de obra por conducción y red de distribución para tener un presupuesto detallado de la obra en la **Tabla 7.8** a continuación se muestra el presupuesto referencial por grupos de las mejoras planteadas.

Tabla 7.8: Resumen del presupuesto referencial de las mejoras planteadas.

RESUMEN PRESUPUESTO			
Descripcion	Cantidad	Precio Unitario	Total
CONDUCCIÓN	-	\$99,829.31	\$99,829.31
VÁLVULA DE AIRE	2	\$3,369.81	\$6,739.62
TANQUE ROMPRE PRESIÓN	3	\$4,471.81	\$13,415.43
CONDUCCIÓN TOTAL		\$119,984.36	
Descripcion	Cantidad	Precio Unitario	Total
RED PRINCIPAL	-	\$58,736.21	\$58,736.21
RED SECUNDARIA	-	\$129,807.98	\$129,807.98
CAMARA VALVULA REDUCTORA DE PRESIÓN	6	\$4,610.35	\$27,662.10
RED DE DISTRIBUCIÓN TOTAL		\$216,206.29	
SUBTOTAL		\$336,190.65	
IVA 12%		\$40,342.88	
TOTAL		\$376,533.53	

Elaboración: Propia.

Se adjunta el presupuesto en el **Anexo 7.5**.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La utilización del software WaterCad es una buena herramienta para la evaluación y planificación de proyectos, ya que permite saber cómo está funcionando la red en base a parámetros establecidos por las normas locales y realizar cambios en la red para ser evaluados de manera eficiente además de las herramientas que el programa aporta para generar los reportes necesarios para los estudios.

Con la nueva conducción de agua cruda se tendrá un flujo continuo y un funcionamiento óptimo de la planta de tratamiento, sin presiones elevadas que puedan generar daños en la conducción evitando así el corte de suministro de agua a la comunidad por los mantenimientos imprevistos que se deberían ejecutar, por lo que al momento de realizar las mejoras se debe realizar una correcta planificación en la ejecución de las obras para no dejar sin servicio de agua potable a la comunidad.

Con la nueva red de distribución de agua potable planteada se garantiza el suministro de agua potable a todos los predios de los usuarios del sistema con el caudal, velocidades y presiones recomendadas por la norma.

Se recomienda realizar una campaña sobre la utilización del agua potable en la comunidad para que los usuarios no desperdicien este recurso en actividades de riego o como suministro de líquido para el ganado, debido a que en la actualidad al momento de realizar el levantamiento de usuarios del sistema se observó el mal uso que se le da a este recurso.

En la nueva construcción del sistema de conducción y distribución de agua potable se recomienda implementar planes de mantenimiento en todo el sistema así también la correcta capacitación de los operadores que se harán cargo del funcionamiento del sistema todo esto para garantizar el correcto funcionamiento del sistema durante el periodo de vida útil para el que fue diseñado, pudiendo intervenir la Universidad del Azuay con sus convenios de vinculación con la sociedad para realizar un plan de monitoreo y mantenimiento en este sector.

Con las mejoras planteadas se recomienda monitorear de manera periódica los elementos reguladores de presión ya que con estos se logra dar un servicio óptimo a los usuarios evitando sobre presiones en los domicilios y un correcto funcionamiento a la planta de tratamiento. Para el cual se debería llevar a cabo un monitoreo continuo de los elementos de la conducción observando los niveles de sedimentación que se genera en el fondo de las cámaras para determinar el tiempo al cual se deberá dar servicio a estos elementos y en los elementos de presión en la red revisar el estado de manómetros, válvulas y llaves.

Cuando el sistema nuevo entre en funcionamiento se recomienda verificar la calidad de agua, determinando el valor del cloro residual y que el mismo este dentro de los valores permitidos por norma, lo que se necesitara para regular la dosificación correcta de cloro en el tanque de reserva.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- BURBANO, G. (1993). *Criterios Básicos para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y alcantarillado*. Quito.
- CABRERA, F. E. (2017). *ESTUDIO DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AGUA DEL RIO TABACAY*. CUENCA – ECUADOR.
- DOMÍNGUEZ, D. D. (2019). *Diagnóstico de la Calidad de Agua*. Bogotá.
- ETAPA-EP. (2004). *CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO*. Cuenca.
- ETAPA-EP. (2020). *Agua Potable/Operación y Mantenimiento/Plantas de Potabilización*.
- ETAPA-EP, P. d. (2021). *Laboratorio de agua potable de la planta de Tixan*. Cuenca.
- GAD Chiquintad. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2019*.
- IEOS CO 10.07 - 601. (1993). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES*.
- INEC. (2010). *Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento*.
- INEC. (2010). *Censos de Población y Vivienda 2001 y 2010*.
- INEN 5 PARTE 9-2. (1997). *NORMA INEN CÓDIGO DE PRACTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. ECUADOR.
- LAFUENTE, C. (1990). *Química del Agua*. Madrid: Ed.Bellisco.
- LÁRRAGA, B. P. (2016). *DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA AUGUSTO VALENCIA, CANTÓN VINCES, PROVINCIA DE LOS RÍOS*. QUITO, ECUADOR.
- MARTINEZ, C. J. (2019). *Potabilización del agua*. España: Elearning.
- MIDUVI. (2011). NEC-11. Norma Hidrosanitaria NHE. Agua. *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.
- MONTESINOS, B. (2011). *Evaluación del sistema de agua potable de Chiquintad. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Civil*. Cuenca, Ecuador: Universidad Católica de Cuenca.

- NEC-11. (2011). CAPÍTULO 16 NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA. *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION*, 15-16.
- NORMA CO 10.7-601. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.*
- NORMA CO 10.7-602. (1992). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.*
- NTE INEN 1373. (2017). *TUBERÍA PLÁSTICA. TUBOS Y ACCESORIOS DE POLI (CLORURO DE VINILO) (PVC) NO PLASTIFICADO PARA PRESIÓN.*
- NTE-INEN. (2011). *AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS - 1108.*
- Plastigama. (2018). *Sistemas de presión con juntas por cementado solvente.*
- PUTZEYS, R. (2014). *CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA.* Guatemala.
- ROMERO, A. G. (2014). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOMBAMBA.* Cuenca-Ecuador: Tesis de titulación.
- SIERRA, C. (2011). *CALIDAD DEL AGUA.* MEDELLIN: EDICIONES DE LA U.
- SOAS ETAPA-EP. (2019). *Dotaciones netas y brutas promedios para la zona urbana, consolidada y especial.* Cuenca.
- ÚRGILES, E. P. (2019). *Guía de diseño con criterios de operación y mantenimiento para captaciones, conducciones y redes de distribución de agua potable, de la empresa ETAPA EP.* Cuenca.
- VERA, L. E. (2016). *Modelación del comportamiento Hidráulico y calidad del Agua en la red de distribución del sistema de AAPP de la Parroquia Torata, Cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro.* Machala, Ecuador.
- YÁNEZ, E. G., y VÁSQUEZ, R. A. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.* LATACUNGA – ECUADOR: Tesis previo a la obtención de titulación de ingenieros en medio ambiente.

ANEXOS

ANEXO 3.3: Censo poblacional realizado conjunto con el personal de la junta de agua potable de Santa Teresita.

Archivo adjunto.

ANEXO 5.1: Levantamiento del catastro actual de la red de distribución de agua potable.

Archivo adjunto.

ANEXO 6.1: Red de distribución y Catastro de usuarios.

Archivo adjunto.

ANEXO 6.2: Resultados evaluación hidráulica de la conducción de cruda actual.

Archivo adjunto.

ANEXO 6.3: Resultados evaluación hidráulica de la red de distribución de agua potable actual.

Archivo adjunto.

ANEXO 7.1: Resultados evaluación hidráulica de la conducción de cruda actual.

Archivo adjunto.

ANEXO 7.2: Resultados evaluación hidráulica de la conducción de cruda actual.

Archivo adjunto.

ANEXO 7.3: Diseño hidráulico cámara rompe presión CRP.

Archivo adjunto.

ANEXO 7.4: Perfiles de trazado de tubería y diseño de cámaras rompe presión.

Archivo adjunto.

ANEXO 7.5: Presupuesto y análisis de precios unitarios.

Archivo adjunto.