



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE QUIMZHI,
CANTÓN GUALACEO.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

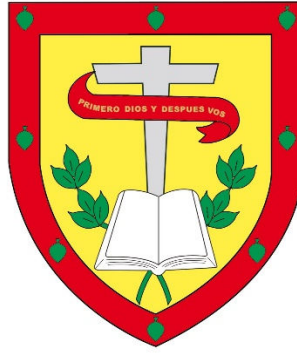
**AUTOR: HERNAN ANDRÉS CRESPO ÁLVAREZ,
CHRISTIAN DAVID FIGUEROA CAÑAR**

DIRECTOR: ING. DIEGO FERNANDO CORONEL SACOTO, MSc.

CUENCA- ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

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

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE QUIMZHI, CANTÓN
GUALACEO.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES: HERNAN ANDRÉS CRESPO ÁLVAREZ,
CHRISTIAN DAVID FIGUEROA CAÑAR**

DIRECTOR: ING. DIEGO FERNANDO CORONEL SACOTO, MSc.

CUENCA - ECUADOR

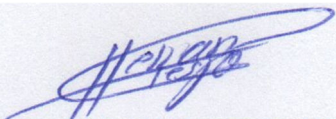
2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

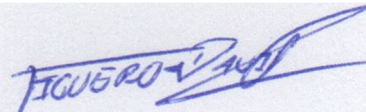
Hernan Andres Crespo Álvarez y Christian David Figueroa Cañar portadores de la cédula de ciudadanía N° **0106601727** y N° **0104803218**. Declaro ser el autor de la obra: **“DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE QUIMZHI, CANTÓN GUALACEO”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **16 de mayo de 2023**

F: 

Hernan Andres Crespo Álvarez

C.I. 0106601727

F: 

Christian David Figueroa Cañar

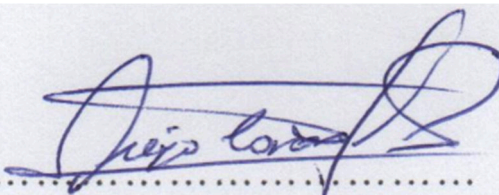
C.I. 0104803218

CERTIFICADO DE TUTOR

De mi consideración

El presente trabajo de titulación “**DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE QUIMZHI, CANTÓN GUALACEO**”, realizado por **HERNAN ANDRES CRESPO ÁLVAREZ** y **CHRISTIAN DAVID FIGUEROA CAÑAR** portadores de la cédula de ciudadanía N° **0106601727** y N° **0104803218**, ha sido revisado y orientado durante su ejecución, por lo que certifico que el presente documento, fue desarrollado siguiendo los parámetros del método científico y se encuentra listo para su sustentación.

Cuenca, **16 de mayo de 2023**

F: 

Ing. Diego Fernando Coronel Sacoto, MSc.

C.I. 0102715430

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres, abuelos y hermanas quienes me apoyaron en cada rincón de este largo camino, les dedico todo el esfuerzo y entusiasmo que entregue para poder lograr este título.

Hernan Andrés Crespo Álvarez

DEDICATORIA

Esta tesis quiero dedicarla a mis padres que ha sido un pilar fundamental en mis estudios, gracias a su apoyo incondicional que me han dado día a día; a mis hermanas, sobrina y abuelita que han sido parte del proceso también. Hay muchas cosas que pedir, pero muchas más que agradecer, por eso solo tengo palabras de agradecimiento con mis padres, a los cuales he visto como día a día salen a su trabajo y dan su mejor esfuerzo para brindarnos todo el apoyo a sus hijos, para que terminemos nuestros estudios, por inculcarnos valores como el respeto, humildad, honradez y responsabilidad, así que esto va dedicado a ellos. Gracias, por tanto.

Christian David Figueroa Cañar

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, Hernan Crespo y María Eulalia Álvarez, quienes han sido una pieza especial y fundamental en la culminación de este trabajo. Sus palabras de aliento, sus consejos y su apoyo incondicional han sido fundamentales para mí en todo momento. Gracias por estar presente en cada una de las etapas de este proceso y por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba. También agradezco a mi compañero de tesis, quien a comandado el trabajo siendo el pilar principal para culminar este proyecto. Gracias por siempre estar.

Hernan Andrés Crespo Álvarez

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por la vida y la salud para poder llegar a cumplir esta meta tan anhelada, a mis padres y amigos por la ayuda y apoyo brindado durante los estudios, a los docentes que nos han brindado sus conocimientos, y a mi amigo y compañero de Tesis Hernan, gracias a él y a su familia por su ayuda durante todos estos años que hemos compartido.

Christian David Figueroa Cañar

RESUMEN

En este trabajo se realizará el estudio de prefactibilidad del nuevo Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la comunidad Quimzhi del cantón Gualaceo, para mejorar el servicio, con agua continua y de calidad; además, ampliar el área de cobertura, esto sumado a que el sistema actual ha cumplido su vida útil y sus diferentes componentes tienen desperfectos.

Por la necesidad de la comunidad, se firmó un convenio entre el GAD Municipal del cantón Gualaceo y la Universidad Católica de Cuenca para iniciar con el estudio de prefactibilidad de los diferentes componentes del abastecimiento de agua como son: captación, conducción, planta de tratamiento, reserva y distribución.

Se captará 4.2 litros por segundo en la obra ubicada en el río andino San Francisco, ubicado a 14 km de la planta de tratamiento; luego, el agua se conduce por un sifón de alta presión, utilizando tubos de PVC de diámetro 110 mm, y tubos de Hierro Galvanizado de cuatro pulgadas, para el sector donde tendrá máxima carga, junto al río Santa Bárbara.

Se readecuará la planta de tratamiento, dotándola de dos pre filtros, por las variaciones de turbiedad en la fuente, y dos filtros lentos; además, mejorar la caseta de cloración para la desinfección del agua, el tanque de reserva se conservará. Se planteará una nueva distribución, para contar con agua continua y presión adecuada.

Los diseños propuestos están realizados en base a la Norma Ecuatoriana, para un período de diseño de 25 años.

Palabras clave: prefactibilidad, sistema de abastecimiento, periodo de diseño, desinfección

ABSTRACT

In this study, a pre-feasibility study of the new drinking water supply system for the community of Quimzhi, in the Canton of Gualaceo, will be conducted to improve the service with continuous and high-quality water, as well as to expand the coverage area, in addition to the fact that the current system has reached its useful life and its different components have deficiencies.

In response to the community's needs, an agreement was signed between the municipality of Gualaceo and the Catholic University of Cuenca to carry out a pre-feasibility study of the different components of the water supply system, such as collection, transmission, treatment plant, reservoir, and distribution.

The 4.2 liters per second will be collected at the site located on the San Francisco Andean River, 14 km from the treatment plant; the water will then be conveyed through a high-pressure siphon using 110 mm diameter PVC pipes and four-inch galvanized iron pipes for the sector where it will have the maximum load, next to the Santa Bárbara River.

The treatment plant will be readapted and equipped with two pre-filters, due to the turbidity variations in the source, and two slow filters; in addition, the chlorination house for water disinfection will be improved; the reserve tank will be preserved. A new distribution system will be proposed to provide continuous water and adequate pressure.

The proposed designs are based on the Ecuadorian standard, for a design period of 25 years.

Keywords: pre-feasibility, supply system, design period, disinfection

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	16
INTRODUCCIÓN	16
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2. JUSTIFICACIÓN	17
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. Objetivo General	18
1.3.2. Objetivos Específicos	18
1.4. ZONA DE ESTUDIO	18
1.5. CONTEXTO	20
1.6. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	21
1.7. METODOLOGÍA	22
CAPÍTULO II	23
MARCO CONCEPTUAL	23
2.1. CALIDAD DEL AGUA	23
2.1.1. Definiciones	23
2.1.2. Análisis de la calidad de agua	24
2.2. TRATAMIENTO DE AGUA	27
2.2.1. Tipos de tratamiento de agua	28
2.2.2. Probables tratamientos de desinfección de Agua	29
2.2.3. Tipos de plantas de tratamiento de agua potable	30
2.2.4. Elementos y procedimientos de la planta potabilizadora de agua	31
2.3. ESTUDIOS DE POBLACIÓN Y CAUDALES	33
2.3.1. Periodo de Diseño	33
2.3.2. Población de proyecto	34
2.3.3. Dotación	34
2.3.4. Población Futura	35
2.3.5. Demanda de caudales	35
2.4. CAPTACIÓN Y DESARENADOR	37
2.4.1. Fuente de abastecimiento	37
2.4.2. Captación	38
2.4.3. Rejilla de captación	39
2.4.4. Desarenador	39
2.5. LÍNEAS DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN	41
2.5.1. Caudal de conducción	41

2.5.2.	Velocidad en línea de conducción	41
2.5.3.	Control de presiones	42
2.5.4.	Pérdidas en Tubería	42
2.5.5.	Levantamiento Topográfico	43
2.5.6.	Elementos complementarios	44
2.5.7.	Diseño de anclaje en Sifón	44
2.1.1.	Red de Distribución.....	45
CAPÍTULO III.....		46
ANÁLISIS DE CAUDALES Y DISEÑO DE CAPTACIÓN		46
3.1.	EVALUACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO	46
3.1.1.	Período de diseño.....	46
3.1.2.	Población total actual.....	47
3.1.3.	Dotación	47
3.1.4.	Población total futura estimada.....	47
3.1.5.	Demanda	48
3.2.	DATOS DE PROYECTO.....	49
3.3.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA FUENTE.....	49
3.4.	DISEÑO DE CAPTACIÓN Y DESARENADOR	51
3.4.1.	Captación	51
3.4.2.	Desarenador.....	52
CAPÍTULO IV		54
DISEÑO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO		54
4.1.	LÍNEA DE CONDUCCIÓN.....	54
4.1.1.	Levantamiento topográfico	54
4.1.2.	Diseño de Sistema de Conducción.....	55
4.1.3.	Formulación para pérdidas en tubería.....	56
4.1.4.	Tipo de tubería	56
4.1.5.	Calculo hidráulico de línea de conducción.....	57
4.1.6.	Diseño de anclaje en Sifón	59
4.2.	DISEÑO DE PTAP CON FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FiME) DE ACUERDO A LA CALIDAD DE AGUA DE LA FUENTE	61
4.2.1.	Estructura de Entrada	61
4.2.2.	Prefiltro	63
4.2.3.	Filtro Lento	67
4.2.4.	Desinfección	71
4.3.	DISEÑO DE ALMACENAMIENTO.....	73
4.3.1.	Cálculo de almacenamiento.....	73

4.3.2. Análisis de diseño de tanque de almacenamiento con curva de consumo de una población similar a la de estudio.....	74
CAPITULO V.....	79
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCION Y ANÁLISIS ECONÓMICO.....	79
5.1. RED DE DISTRIBUCIÓN.....	79
5.1.1. Catastro de los usuarios.....	80
5.2. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	82
5.2.1. Diseño de Red Principal.....	82
5.2.2. Diseño SubMatriz 1.....	84
5.2.3. Diseño de SubMatriz 2.....	85
5.3. PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION.....	85
5.4. SOCIALIZACION DEL PROYECTO.....	86
5.5. PLAN TARIFARIO.....	88
5.6. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	90
5.7. ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	90
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	92
BIBLIOGRAFÍA.....	93
ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Puntos importantes del Sistema de abastecimiento de agua potable.....	18
Tabla 2 Análisis Físicos Parámetros I.....	25
Tabla 3 Análisis Físicos Parámetros II.....	25
Tabla 4 Análisis Químicos Parámetros III.....	25
Tabla 5 Compuestos Químicos peligrosos para la salud.....	26
Tabla 6 Compuestos Químicos (Sustancias tóxicas - metales pesados)	26
Tabla 7 Clasificación del Análisis bacteriológico.....	26
Tabla 8 Tratamientos probables según la norma CO 10.7 – 602	29
Tabla 9 Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable.....	33
Tabla 10 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua.....	34
Tabla 11 Dotaciones recomendadas por la norma	35
Tabla 12 Métodos de proyección poblacional.....	35
Tabla 13 Porcentaje de fugas	36
Tabla 14 Valor de constante "a" en función de diámetro.....	40
Tabla 15 Valores de constante "k" que varía de acuerdo con la forma y naturaleza	40
Tabla 16 Valor de constante K de acuerdo con velocidad de escurrimiento	41
Tabla 17 Valores de coeficiente K para accesorios.....	43
Tabla 18 Medición de caudales de la microcuenca del río San Francisco	46
Tabla 19 Datos de habitantes de la comunidad de Quimzhi	47
Tabla 20 Valores de proyección poblacional	48
Tabla 21 Datos para el diseño del sistema de abastecimiento.....	49
Tabla 22 Principales resultados de Análisis de calidad de agua de la fuente.....	50
Tabla 23 Medidas de estructura de captación	51
Tabla 24 Dimensionamiento de rejilla y cálculo de pérdidas en rejilla de captación	52
Tabla 25 Especificaciones Técnicas de tubo de PVC de 110mm de diámetro	56
Tabla 26 Especificaciones Técnicas de tubo de Hierro Galvanizado de 110mm de diámetro.....	56
Tabla 27 Cálculo Hidráulico de la línea de conducción.....	57
Tabla 28 Comparación de resultados de Presión en la línea de conducción.....	58
Tabla 29 Valores de variables para obtener la fuerza de empuje.....	59
Tabla 30 Valores para obtener la resistencia prevista de anclaje.....	60
Tabla 31 Características de grava para prefiltros verticales.....	65
Tabla 32 Cálculo de Tiempo de Retención Hidráulico de Prefiltro	66
Tabla 33 Especificaciones para lechos filtrantes de filtros lentos.....	68
Tabla 34 Criterios de diseño para filtros lentos.....	68
Tabla 35 Datos para el diseño del Filtro Lento de Arena.....	69
Tabla 36 Cálculo de agujeros para colector secundario de FLA.....	69
Tabla 37 Cálculo de pérdidas de carga en filtro lento.....	70
Tabla 38 Cálculo de Tiempo de Retención Hidráulica de Filtro Lento	71
Tabla 39 Datos de diseño de población similar a la de estudio.....	74
Tabla 40 Volumen de agua en tanque de almacenamiento según la altura.....	74
Tabla 41 Datos de consumo en 24 horas de una población similar a la de estudio.....	76
Tabla 42 Datos para diseño de tanque de almacenamiento de población similar	76
Tabla 43 Cálculo de altura de tanque que cubra el caudal máximo de la población similar.....	77
Tabla 44 Datos de tubería para red de distribución.....	80
Tabla 45 Ubicación de TRPs de la red principal.....	83
Tabla 46 Resumen de presupuesto para la construcción de la obra	86
Tabla 47 Activos de la Junta Administradora de Agua Potable de Quimzhi	89
Tabla 48 Costo de metro cúbico de agua	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de puntos importantes del Sistema de Abastecimiento en imagen satelital	19
Figura 2 Ubicación de la comunidad de Quimzhi.....	20
Figura 3 Microcuenca del río San Francisco.....	37
Figura 4 Perfil Longitudinal del cauce del Río San Francisco.....	38
Figura 5 Historial de caudales del río San Francisco	46
Figura 6 Ubicación de la captación en el río San Francisco	49
Figura 7 Almacenamiento y transporte de muestras de agua cruda de la fuente	50
Figura 8 Estructura de la Captación del sistema de abastecimiento.....	51
Figura 9 Diseño de Rejilla.....	52
Figura 10 Vista en corte lateral de captación y desarenador.....	52
Figura 11 Longitud de alcance del agua que atraviesa los agujeros	53
Figura 12 Vista en planta de levantamiento topográfico de la línea de conducción	55
Figura 13 Perfil de terreno de la línea de conducción.....	55
Figura 14 Simulación de la línea de conducción en EPANET.....	58
Figura 15 Resultados en los nodos en la línea de conducción	59
Figura 16 Resultados en las tuberías de la línea de conducción	59
Figura 17 Imagen referencial de anclaje de hormigón en un codo	60
Figura 18 Cajón recolector de agua cruda.....	62
Figura 19 Vertedero triangular de aforo.....	63
Figura 20 Zona de drenaje de prefiltro.....	63
Figura 21 Diseño de Prefiltro	65
Figura 22 Diseño de Filtro Lento.....	70
Figura 23 Equipo generador de Hipoclorito de Sodio L-90.....	71
Figura 24 Ficha técnica de Clorid L-90	72
Figura 25 Mezclador estático horizontal.....	72
Figura 26 Sistema de Desinfección de Agua filtrada.....	73
Figura 27 Gráfica Altura vs. Litros de agua almacenados	75
Figura 28 Gráfica de curva de consumo de población similar a la de estudio	76
Figura 29 Gráfica Altura vs. Caudal	77
Figura 30 Planta de tratamiento actual de la comunidad de Quimzhi.....	78
Figura 31 Propuesta de prefactibilidad del nuevo diseño de PTAP para la comunidad de Quimzhi.....	78
Figura 32 Redes de distribución del sistema de agua potable de la comunidad de Quimzhi.....	79
Figura 33 Catastros de la comunidad de Quimzhi	81
Figura 34 Catastro de usuarios del servicio de Agua Potable de Quimzhi	81
Figura 35 Diseño de red principal en EPANET.....	83
Figura 36 Ubicación de los TRP de la red de distribución.....	84
Figura 37 Diseño en EPANET de Submatriz1	84
Figura 38 Diseños de Submatriz 1 en software EPANET	85
Figura 39 Presentación del convenio para la realización de los estudios.....	86
Figura 40 Reuniones y recorridos con la directiva de la Junta de Agua de Quimzhi.....	87
Figura 41 Levantamiento de información para la línea de conducción	87
Figura 42 Reuniones para presentar avances del Diseño de abastecimiento	88

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El presente documento mostrará el diseño de prefactibilidad de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Quimzhi, cantón Gualaceo. Desde hace muchos años se ha buscado implementar agua potable en cada rincón necesario para la población, con el objetivo de asegurar el desarrollo personal y suministro del líquido vital. (Serrano Domínguez, 2010).

El suministro de agua potable es considerado un servicio básico que debería estar disponible para toda la población, mejorando así el nivel de vida de las actuales y futuras generaciones (SENAGUA, 2016a). A su vez se asegurará y se conservará la microcuenca de aporte del río San Francisco, regulando la reforestación, cuidado de la cobertura vegetal y regulación de pastoreo. (UNAM, 2018).

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, es esencial la correcta elección de la fuente de agua como también un diseño óptimo de captación, conducción, almacenamiento, tratamiento y distribución del agua. Estas fases asegurarán un servicio eficaz en cada uno de los sectores en los que se brinda el servicio (UNAM, 2018). De igual modo para lograr un alto grado de eficiencia en el diseño, se necesitará el conocimiento de variables como: población, topografía, normas y leyes vigentes que rigen el tema ambiental y el aprovechamiento del recurso agua. Estas regulaciones deberán ser respetadas para garantizar el suministro de agua potable de calidad.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El agua en la comunidad de Quimzhi está afectando a sus consumidores en su estilo y calidad de vida debido a la ineficacia y antigüedad de su sistema ya que no proporciona la cantidad de agua necesaria para los usuarios. Por ello, se da la necesidad de realizar el diseño de prefactibilidad en la cual se pueda considerar el uso de nuevos elementos para captación, conducción, almacenamiento y distribución, con el objetivo de minimizar el manejo operativo y maximizar el volumen de agua potable a la comunidad sin problemas prematuros.

El sistema de abastecimiento al haber cumplido con su periodo de diseño de 15 años tiene la obligación de regirse a un proceso de cambio en sus elementos, desde su captación ubicada en el río San Francisco hasta la entrega final de agua potable en cada una de las residencias de sus comuneros. El río San Francisco se ve afectada por daños frecuentes producidos por los deslizamientos llamados Ingamullo 1 e Ingamullo 2, ubicados en la vía Gualaceo – Limón (MTO, 2020).

El sistema actual cuenta con un caudal de diseño de entrada de 1 l/s, el cual no abastece a la población actual, de la misma manera no se pueden entregar más derechos de agua a nuevos integrantes de la comunidad por la falta de caudal y distribución domiciliaria al predio solicitado. En tal virtud se ha recurrido con urgencia a solicitar el diseño de prefactibilidad de un nuevo sistema, ya que los solicitantes están obligados a obtener agua de otros lugares sin conocer su procedencia e impurezas que pueden presentar.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La Organización Naciones Unidas establecido una resolución en el 2010 que registra el derecho humano al agua potable y saneamiento. En consecuencia, la comunidad de Quimzhi se planteará aumentar el caudal de su sistema de abastecimiento de agua potable en consonancia con el aumento de la población y su demanda, con el apoyo del GAD Municipal del cantón Gualaceo y la Universidad Católica De Cuenca. Por ende, al ser una zona suburbana, aumentarán la calidad de vida, desarrollo poblacional, disminución de enfermedades, entre otras. Sin embargo, el impacto social en Quimzhi será mayor aún, ya que ciudadanos externos comenzaran a poblar la comunidad al tener un derecho de agua de calidad para su vida cotidiana, así como podrían impulsar el desarrollo económico de la comunidad a futuro.

El sistema de abastecimiento actual de la comunidad de Quimzhi es deficiente y no abastece a toda su comunidad actual, por la misma razón la Junta de Agua no cuenta con toda la información del sistema existente que puedan aportar para un análisis del diseño actual. Posteriormente se realizó el acuerdo firmado entre las partes que como diseño de prefactibilidad de obtendrán información como: censos, diseños, simulaciones, entre otros. Que permitirán obtener como producto final un diseño de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable óptimo en todo su tiempo de vida útil.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Realizar un diseño de prefactibilidad para el sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Quimzhi, analizando sus componentes actuales para su reutilización, rigiéndonos a la necesidad de incrementar el caudal de acuerdo a la demanda actual y futura de la población para su distribución.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Levantar información necesaria para realizar el diseño de prefactibilidad del sistema de abastecimiento y recopilar información existente.
- Identificar la calidad de agua cruda y seleccionar el tipo de tratamiento óptimo para su desinfección.
- Diseñar un sistema de abastecimiento con base en un estudio de prefactibilidad que garantice la calidad, eficiencia y economía, considerando el uso de tubería suministrada por la comunidad.
- Elaborar el presupuesto referencial, plan tarifario y manual de operación y mantenimiento del sistema.

1.4. ZONA DE ESTUDIO

La comunidad de Quimzhi está localizada en la zona periférica de la cabecera urbana del cantón Gualaceo, al nororiente de la provincia del Azuay, con una altitud que varía entre 2300 a los 2550 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 17 grados. Algunos de los puntos importantes para el estudio se muestran en la Figura 1 y sus detalles se indica en la Tabla 1 a continuación:

<i>Detalle</i>	<i>Sector</i>	<i>Coordenadas</i>		<i>Altitud</i>
		<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>m.s.n.m.</i>
<i>Captación</i>	Ingamullo	752906,04	9677148,18	2670
<i>Punto más bajo de conducción (Sifón)</i>	Puente colgante, parque lineal Gualaceo	747273,21	9679697,99	2235
<i>Parque Central</i>	Centro de la comunidad de Quimzhi	745446.68	9678955,60	2408
<i>Planta de tratamiento</i>	Quimzhi	744763,96	9679195,31	2536

Tabla 1 Puntos importantes del Sistema de abastecimiento de agua potable
Fuente: Autor

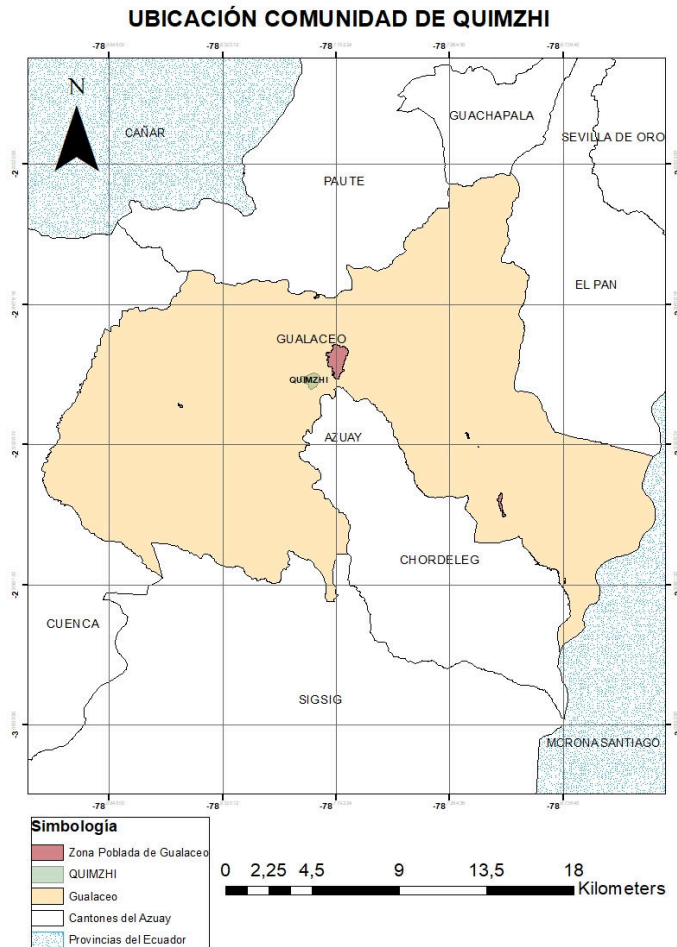
En la figura 1 se reflejan las ubicaciones de los puntos claves del sistema de conducción de agua. La línea azul representa la línea de la conducción, que inicia la captación hasta el punto más bajo (sifón). De la misma forma la línea roja representa la línea de subida de la conducción, desde el comienzo del sifon hasta la planta de tratamiento de agua (PTAP). El centro de la comunidad de Quimzhi es el punto de mayor concentración de usuarios de agua potable, estableciendo una zona de distribución de 86 hectáreas.



*Figura 1 Ubicación de puntos importantes del Sistema de Abastecimiento en imagen satelital
Fuente: Autor*

Gualaceo está situada en la región interandina del Ecuador, emplazada en el valle de Santa Bárbara donde atraviesan los ríos: Santa Bárbara, Guaymincay y el más importante, el río San Francisco por ser representada como la fuente de captación del sistema. (GAD.Gualaceo, 2014).

El cantón Gualaceo se ubica en la zona nor-oriental de la provincia del Azuay y limita al norte con los cantones: Paute y Guachapala; al sur con los cantones: Chordeleg y Sígsig; al este con los cantones: el Pan y Gral. Leonidas Plaza Gutiérrez de Morona Santiago y al oeste con el cantón: Cuenca. (Figura 1)



*Figura 2 Ubicación de la comunidad de Quimzhi
Fuente: Autor*

1.5. CONTEXTO

La junta de agua de Quimzhi fue fundada en el año de 1996, en la cual el señor Julio Gonzalo Torres Delgado se desempeñó como “Presidente del Directorio de Aguas De Quimzhi” y solicitó en el año 2000 al CNRH (Consejo Nacional de Recursos Hídricos) la posibilidad de captar agua para su uso y aprovechamiento, proveniente del río San Francisco ubicado en el cantón de Gualaceo.

La petición presentada estuvo acompañada de los estudios para abastecer alrededor de 100 habitantes carecientes de agua potable. Posteriormente, la solicitud fue aprobada y de esta manera la comunidad comenzó con la construcción de la planta de tratamiento localizada en la cota 2538 m.s.n.m. misma que finalizó en el año 2002, la cual está conformada por:

1. Caja de entrada.
2. Dos filtros lentos descendentes de estructura circular de hormigón armado con un diámetro de 4.95 metros.
3. Caja de agua claras, unidad de válvulas de operación de filtros.
4. Caseta de cloración, mediante el sistema de hipoclorito de sodio.
5. Tanque de reserva de hormigón armado con capacidad de 50 metros cúbicos.

1.6. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

- **Captación**

Se desarrolla en el río San Francisco en la ubicación que se indica en la Figura y Tabla 1, la misma sufre frecuentes daños provocados por las crecientes que se producen en época de invierno, además, fue afectado por los permanentes derrumbes de los cerros Ingamullo 1 e Ingamullo 2, ubicados aguas arriba de la captación. La captación de tipo lateral está construida de hormigón armado, con una rejilla de alrededor de 1.8 l/s, vertederos para a acumulación de material y un desagüe con tubo de 110mm de PVC para limpiar la acumulación de material.

- **Conducción**

La conducción nace en la captación y se dirige hacia la comunidad Quimzhi atravesando el río Santa Bárbara en el centro de la ciudad de Gualaceo mediante un sifón de Hierro Galvanizado. Al inicio de la conducción se utilizó una manguera de PVC de cuatro pulgadas con una longitud aproximada de 500 metros que a su vez se une a la tubería de hierro galvanizado de igual diámetro hasta llegar a la planta de tratamiento; su longitud aproximada es de 12 kilómetros.

El sifón que funciona actualmente a cumplido su vida útil y frecuentemente presenta fugas por corrosión de los tubos de hierro galvanizado que es con lo que está construido una parte del sifón.

Además, se ejecutó el sifón en áreas rurales sin mayor importancia, pero hoy, la ciudad está extendida y se ha urbanizado todo el sector, por consecuencia, los propietarios exigen reubicación de la tubería que pasa por sus predios. Por ende, el propósito del diseño, sería implementar la conducción sin afectar a terceros.

Planta potabilizadora de agua y almacenamiento

Se trata de una planta de tratamiento de agua potable que consta de dos filtros lentos descendentes, caseta de cloración y un tanque de almacenamiento. La caseta de cloración tiene unas dimensiones de 1.75m de largo, 1.30m de ancho y 1.90 de alto, en la misma se encuentra almacenada la materia prima y el equipo Clorid para la desinfección a través de hipoclorito de sodio. Los filtros lentos de ferrocemento necesitan mantenimientos físicos y estructurales. Se tiene un tanque de reserva de 50 m³ construido de ferro cemento soterrado el cual necesita solamente mejoras físicas, como: mantenimiento de pintura, mantenimiento de vegetación a su alrededor, desoxidación de escalerillas, mantenimiento de tapa y revisión de tuberías.

- **Red de distribución**

Se extiende a lo largo del centro poblado de la comunidad de Quimzhi, construido hace aproximadamente 20 años, obligando a la renovación puesto que ha cumplido su vida útil. La red principal más los ramales de derivación suman aproximadamente una longitud de 4200 metros. Además, la red de distribución actual no permite la expansión del sistema, puesto que en varios hogares donde se entrega el servicio no cuenta con la presión suficiente y menos aún si se entregara a nuevos usuarios.

1.7. METODOLOGÍA

Principiando el estudio de Quimzhi, se optará por un recorrido e inspección general de todo su diseño actual de sifón desde su captación hasta su entrada de agua. Como también se realizará una revisión técnica del sistema actual de agua potable, su distribución y abastecimiento.

Se tomarán puntos topográficos mediante GPS desde la captación hasta la distribución de agua siguiendo el diseño de sifón, para reflejar las curvas de nivel en Software de diseño 2D y 3D (AutoCAD, CivilCAD) y ajustarla mediante el Software georreferencial ArcGIS obteniendo perfiles topográficos, pendientes, cambios de altura, distancias, entre otros.

Posteriormente estos datos se trasladarán a programas de diseño hidráulico para realizar simulaciones de sistemas de conducción y distribución, para definir diámetros de tuberías. El software que se utilizara para los diseños de tuberías es EPANET.

Se calculará y diseñará el caudal para la población actual y futura, de acuerdo a los años de período de diseño, para obtener valores medios y máximos que servirán para dimensionar y diseñar la línea de conducción mediante sifón.

Se realizará un análisis de la fuente, para conocer las condiciones de su cuenca de aporte y socializar la importancia de su cuidado. El agua a captar debe ser analizada de acuerdo a la norma (Secretaría del Agua, 2011), para entregar el agua en calidad y cantidad adecuada que garantice la salud y aseo de sus usuarios.

Una vez analizada el agua y definida la conducción, hasta la planta de tratamiento, se propondrá la mejor alternativa para el tratamiento, su correcto almacenamiento y una distribución que cubra cada uno de los puntos donde se requiere el servicio en la comunidad.

CAPÍTULO II

MARCO CONCEPTUAL

2.1. CALIDAD DEL AGUA

La provisión de agua potable segura es un aspecto fundamental para la salud y bienestar de la población (Amaya, 2019). Para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano, la entidad llamada a este control es el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, la misma que han establecido una Norma Técnica que brindan un conjunto de criterios y reglas de calidad de agua. Estas normas garantizan que el agua no contenga sustancias tóxicas y/o microorganismos nocivos para la salud, brindando seguridad en el momento de consumo (Amaya, 2019). Es necesario destacar que el cumplimiento de estas normas es crucial para garantizar la salud pública de la población (Secretaría del Agua, 2011).

El abastecimiento de agua potable forma parte significativa del progreso de las comunidades, siendo visto como un servicio fundamental a la que todos los individuos pueden tener acceso con el fin de elevar la calidad de vida de las generaciones presentes y venideras (Amoroso & Marín, 2017). Por esta razón, dichas normas son totalmente aplicables en sistemas públicos como privados de agua potable en zonas urbanas o rurales (NTE INEN 5, 1992).

Entendiendo al agua apta para consumo humano y uso doméstico como aquella obtenida de cuerpos de agua superficiales o subterráneos y que una vez que ha sido tratada estará lista para ser utilizada por la población en actividades como (MAE, 2015):

- Bebida y preparación de alimentos para consumo humano (MAE, 2015).
- Higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios (MAE, 2015).

2.1.1. Definiciones

Con el objetivo de obtener una comprensión más precisa del tema abordado, se llevó a cabo un análisis del significado de palabras importantes para su adecuada interpretación. En este sentido, se utilizó como referencia la Norma CO 10.07 - 602 emitida por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA, 2016b), la cual proporciona las siguientes definiciones claras y específicas en relación a las palabras clave en estudio:

“Agua potable: es el agua idónea para el consumo humano, debe estar libre de microorganismos que pueden causar enfermedades y deben cumplir con los requisitos establecidos por las normas.”

“Agua cruda: se refiere al agua que se encuentra en su estado natural y no ha sido sometida a ningún tipo de tratamiento para modificar sus características químicas, físicas, biológicas o microbiológicas. Su contaminación se genera por procesos naturales propios de la cuenca o acuífero. Sin embargo, el agua que proviene de sistemas de alcantarillado u otros sistemas que trastornan sus propiedades y que requiere un tratamiento especial para ser apto para el consumo humano, no se considera agua cruda.”

“Consumidor: se considera al usuario del sistema de agua potable que satisface sus necesidades en usos domésticos, comerciales, industriales, incendios y otros.”

“Contaminación: cuando el agua presenta una calidad que es considerada peligrosa debido a la presencia de materia orgánica, radioactiva o biológica.”

“Contaminante: a causa de cualquier sustancia química, física, biológica o radiológica que se encuentre en el agua en cantidad que exceda los límites permisibles.”

“Coliforme fecal: (*Escherichia Coli*) tiene dependencia directa con la contaminación fecal procedente de animales de sangre caliente. Se la puede identificar gracias a la fermentación de lactosa producida con gas, a 44,5 °C o de crecer en otros medios de 44 °C a 44,5 °C.”

“Inspección sanitaria: se requiere la presencia de un experto en el lugar para llevar a cabo una evaluación completa que incluya todas las condiciones, técnicas y dispositivos que son parte del sistema de abastecimiento de agua y que sería una amenaza para la salud de los usuarios.”

“Límite máximo tolerable: es la presencia deseada de un componente en el agua, de modo que garantice que no causará riesgo en la salud y sea agradable al sentido del consumidor.”

“Límite máximo permisible: es la cantidad máxima de un componente que puede ser incorporada en el agua, en consecuencia, debe ser agradable a los sentidos y no causar daño a la salud de los consumidores.”

“Sistema de abastecimiento de Agua Potable: se lo conoce al aglomerado de obras construidas para captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua, comenzando en las fuentes de abastecimiento hasta la conexión domiciliaria del agua apta para consumo humano.”

“Periodo de diseño: Nos indica el número de años en el que el sistema funcionará en su máxima capacidad.”

“Dotación: Se refiere a la cantidad de agua necesaria para cubrir las demandas de una comunidad o población, generalmente es expresada en litros por habitante por día (l/hab/día).”

“Captación: La captación de agua en ríos es una estructura en cota de terreno en el cual prevalece el agua del efluente del mismo para suministrar a la población; la captación de agua puede ser mediante gravedad o bombeo.”

2.1.2. Análisis de la calidad de agua

Es imperativo garantizar la calidad y seguridad del agua, a fin de prevenir posibles efectos adversos en la salud de la población a lo largo de su vida. Por lo tanto, es crucial adoptar medidas y políticas adecuadas para lograr un suministro de agua seguro y confiable para toda la población (OMS, 2011).

La calidad del agua está determinada por diversas características físicas, químicas, biológicas, microbiológicas y radiológicas, las cuales son evaluadas mediante un análisis de múltiples parámetros. Estos parámetros son comparados con los valores referenciales establecidos en normas específicas, los cuales varían en función del uso y aprovechamiento del agua (SENAGUA, 2016a).

La Constitución vigente en Ecuador desde 2008 reconoce el uso y aprovechamiento del agua con base en los principios de equidad, derecho humano al agua y derechos de la naturaleza (SENAGUA, 2016a). El uso del agua se rige por la prioridad de garantizar la soberanía alimentaria, el consumo humano, los caudales ecológicos y los usos en áreas como riego, agropecuaria, acuicultura, agroindustria, turismo y generación de electricidad. Cada uno de estos usos y aprovechamientos requiere de una calidad específica del agua para cumplir con sus funciones de manera adecuada (SENAGUA, 2016a). El reconocimiento de estos principios en la nueva constitución refuerza la importancia de considerar no solo la cantidad, sino también la calidad del agua en la planificación y gestión de los recursos hídricos, con el fin de asegurar un uso sostenible y equitativo del agua en el país (SENAGUA, 2016a).

2.1.2.1. Análisis físicos

Son características que pueden diferenciarse en las condiciones estéticas que posee el agua, muchas de estas particularidades tienen gran influencia en la aceptabilidad del agua. Según la (NTE INEN 5, 1992) las características físicas para el agua potable son: turbiedad, color, olor, sabor y temperatura.

La Norma CO 10.07 – 602 en sus disposiciones específicas clasifica a los análisis físicos en dos grupos que son los Parámetros I y II, las mismas se muestran en las Tablas 2 y 3 e indican los valores máximos permitidos una vez que el agua cruda ha sido tratada.

a) Parámetros I

INDICADOR	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	UNIDADES
<i>Ph</i>	7 – 8.5	6.5 – 9.5	U
<i>Turbiedad</i>	5	20	NTU
<i>Cloro residual</i>	0.5	0.3 – 1.0	mg/l

Tabla 2 Análisis Físicos Parámetros I
Fuente: (SENAGUA, 2016b)

b) Parámetros II

INDICADOR	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	UNIDADES
<i>Coliformes totales</i>	NMP/100ml	Ausencia	Ausencia
<i>Color</i>	Pt-Co	5	30
<i>Olor</i>		Ausencia	Ausencia
<i>Sabor</i>		Inobjetable	Inobjetable

Tabla 3 Análisis Físicos Parámetros II
Fuente: (SENAGUA, 2016b)

2.1.2.2. Análisis Químicos

El agua es ampliamente reconocida en la ciencia como el disolvente universal debido a su capacidad de disolver una amplia variedad de componentes químicos, esta capacidad de disolución le permite mezclar y dispersar eficazmente diferentes tipos de sustancias en su interior, lo que resulta en la formación de soluciones homogéneas (Calle & Pauta, 2021). La (SENAGUA, 2016b) clasifica a los compuestos químicos de la siguiente manera:

c) Parámetros III

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
<i>Dureza total</i>	mg/l CaCO ₃	120	300
<i>Sólidos totales disueltos</i>	mg/l	500	1000
<i>Hierro</i>	mg/l	0.2	0.8
<i>Manganeso</i>	mg/l	0.05	0.3
<i>Nitratos, NO₃</i>	mg/l	10	40
<i>Sulfatos</i>	mg/l	50	400
<i>Fluoruros</i>	mg/l	Tabla 5	Tabla 5

Tabla 4 Análisis Químicos Parámetros III
Fuente: (SENAGUA, 2016b)

d) Compuestos peligrosos para la salud

En el caso de que se detecte la presencia de compuestos tóxicos en concentraciones que excedan los límites establecidos en las normas, esto constituye una justificación suficiente para rechazar la fuente de agua, ya que se considera inapropiada para el consumo humano. Esta medida se basa en la premisa de proteger la salud pública y garantizar la seguridad del suministro de agua potable

<i>Sustancias</i>	<i>Máxima concentración aceptada (mg/l)</i>
<i>Fluoruros</i>	1.5
<i>Nitratos</i>	4.5

Tabla 5 Compuestos Químicos peligrosos para la salud
Fuente: (NTE INEN 5, 1992)

e) Sustancias Tóxicas y Metales pesados

<i>PARÁMETRO</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>LÍMITE DESEABLE</i>	<i>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE</i>
<i>Arsénico</i>	mg/l	0.00	0.05
<i>Plomo</i>	mg/l	0.00	0.05
<i>Mercurio</i>	mg/l	0.00	0.00
<i>Cromo hexavalente</i>	mg/l	0.00	0.05
<i>Cadmio</i>	mg/l	0.00	0.005
<i>Selenio</i>	mg/l	0.00	0.01
<i>Cianuro</i>	mg/l	0.00	0.00
<i>Cloroformo</i>	mg/l	0.00	0.20

Tabla 6 Compuestos Químicos (Sustancias tóxicas - metales pesados)
Fuente: (SENAGUA, 2016b)

2.1.2.3. Análisis bacteriológicos

La interacción entre epidemias o endemias y el agua contaminada ha sido señalada en repetidas ocasiones por los profesionales de saneamiento de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Una vez que el agua se utiliza como medio de eliminación de heces y desechos orgánicos, se convierte rápidamente en un vehículo de transferencia de diversos microorganismos, especialmente aquellos de origen intestinal (Ávila de Navia & Estupiñán Torres, 2012). Por lo tanto, el objetivo del estudio bacteriológico de la calidad del agua es detectar la presencia de cualquier tipo de bacteria que pueda indicar contaminación debido al contacto con heces o materia orgánica (Ávila de Navia & Estupiñán Torres, 2012).

Al igual que los análisis anteriores la (NTE INEN 5, 1992) presenta un rango de valores para el análisis bacteriológico como se muestra en la Tabla 7, los mismos que permiten identificar un proceso de tratamiento específico para conseguir agua apta para el consumo humano.

<i>Clasificación</i>	<i>NMP/100 ml de bacterias coliformes</i>
<i>a) Requiere solamente tratamiento de desinfección</i>	0 - 50
<i>b) Necesita tratamientos convencionales</i>	50 - 5 000
<i>c) Requiere tratamientos activos para eliminar contaminación intensa</i>	5 000 - 50 000
<i>d) Aplicación de tratamientos especiales. Solamente en cuestiones extremas</i>	más de 50 000

Tabla 7 Clasificación del Análisis bacteriológico
Fuente: (NTE INEN 5, 1992)

Para mantener una correcta calidad de agua es necesario realizar monitoreos de periodos de los Parámetros I. Cuando la calidad se ve disminuida debido a sustancias químicas se debe realizar análisis con los parámetros III, caso contrario la población debe monitorear los compuestos tóxicos y metales pesados (SENAGUA, 2016b).

2.2. TRATAMIENTO DE AGUA

El tratamiento del agua es una de las formas más antiguas con lo que los seres humanos han logrado eliminar los desechos y mejorar la calidad del agua en propiedades tales como: sabor, color, olor y apariencia (Salamanca, 2017). Hace muchos años se trataba el agua con técnicas sencillas como hirviéndola, exponiéndola al sol o sedimentándola (Salamanca, 2017). Actualmente, las técnicas que permiten obtener como producto final agua potable se ayudan en un cambio de propiedades físicas, químicas o biológicas de acuerdo a estándares de calidad (Romero, 2008).

Los procesos de desinfección son considerados como los principales métodos para la eliminación de organismos, de este modo se puede evitar la propagación de enfermedades que se transmiten por el agua (CONAGUA, 2010). La mayor parte de los contaminantes biológicos son generados por restos orgánicos, los cuales se relacionan con los desechos que se arrojan a los cuerpos de agua y que provienen de hogares e industrias (CONAGUA, 2010). Dichos desechos contienen una gran cantidad de carga contaminante ya sea por materia orgánica o microorganismos fecales, siendo los causantes de enfermedades que pueden llegar a tener gran porcentaje de mortalidad en la población (CONAGUA, 2010). Los organismos que se desarrollan en cuerpos de agua contaminados son:

Virus: existen alrededor de 120 virus con la capacidad de afectar el sistema digestivo, si las temperaturas son bajas pueden sobrevivir por varias semanas, sin embargo, no se multiplican en el medio ambiente. Los malestares se muestran repentinamente mediante: fiebre, diarrea, vómito, entre otros (CONAGUA, 2010).

Bacterias: en el agua se pueden hallar varios tipos de bacterias, incluso algunas son nativas y pueden ayudar en el proceso de autopurificación del agua. Por otro lado, ciertas bacterias tienen su origen en las heces de humanos y animales, lo que convierte al agua en el medio de transporte ideal para propagar enfermedades relacionadas con el agua (CONAGUA, 2010).

Protozoarios: están conformados actualmente por conjuntos importantes para la medicina, provocan especialmente enfermedades gastroentéricas. Existen tres grupos de protozoarios: los flagelados, los sarcodinos que su parásito típico son las amebas y los ciliados (CONAGUA, 2010).

Helmintos: esta palabra significa “gusano”, la mayoría de estos parásitos se reproducen dentro del individuo, por lo que su severidad está directamente relacionada con la reinfección por la ingesta de estos parásitos (CONAGUA, 2010).

Por lo general, estas enfermedades causan trastornos en el sistema digestivo, tales como: diarrea, fiebre, cólera, entre otras (CONAGUA, 2010). El peligro que lleva el consumo de estas aguas contaminadas se puede clasificar de la siguiente manera:

- **Los transmitidos por agua:** provocan enfermedades como disentería, cólera, hepatitis A, fiebre tifoidea, poliomielitis (CONAGUA, 2010).
- **Generados en el agua:** estos se propagan mediante parásitos que desarrollan su ciclo biológico en el agua generando enfermedades como Ascariasis, clonorquiasis, paraginimiasis, esquistosomiasis (CONAGUA, 2010).
- **Vectoriales relacionadas con el agua:** la escasez de agua para la higiene personal y uso doméstico transmite enfermedades por vectores como: dengue, paludismo, filariasis (CONAGUA, 2010).

Esta serie de enfermedades gastrointestinales infecciosas son consecuencia de una agua de mala calidad, contaminada con diversos microorganismos, constituyendo hoy en día uno de los mayores inconvenientes

en la salud pública, esto es especialmente grave en la población infantil de países en progreso (CONAGUA, 2010). Los virus transmitidos por alimentos indican que una de cada diez personas se enferma después de ingerir alimentos contaminados (OMS, 2011). Durante el presente año (2023), la ONU ha emitido un informe sobre la situación actual del acceso a agua potable por parte de la población, en el que se señala que el porcentaje de personas sin acceso a la misma asciende al 26% a nivel mundial, y se espera que este porcentaje aumente en las próximas décadas. Según las cifras actuales de la ONU, se registran anualmente 297.000 muertes de niños menores de 5 años debido a esta situación (Garay, 2023).

2.2.1. Tipos de tratamiento de agua

A. Tratamiento Físico

La característica principal de este proceso es la reducción de los organismos presentes en el agua, disminuyendo significativamente la alteración fisiológica del recurso hídrico (CONAGUA, 2010). Por otra parte, este método no implica la generación de nuevas sustancias, sino que se basa en la agrupación y eliminación de los contaminantes existentes mediante la evaporación del agua o la filtración de los sólidos de mayor tamaño (Salamanca, 2017). Los tratamientos más comunes son:

- **Filtración**

Consiste en la separación física de sólidos, los mismos que son separados mediante un medio poroso o filtro, el cual realiza el trabajo de retener las partículas sólidas de diferentes tamaños y permitir el paso de los líquidos; la eficacia del proceso de filtración depende de la dimensión de los poros del medio filtrante (CONAGUA, 2010). Dependiendo de cómo se retengan los sólidos, la filtración se puede dividir en dos categorías:

1. **Filtración Superficial:** las partículas son retenidas en la superficie, realizando un trabajo como una especie de tamizado en la que el tamaño de los poros debe ser menor al de las partículas sólidas. El medio filtrante puede ejecutarse mediante telas, tamices o papel filtro (CONAGUA, 2010).
2. **Filtración de lecho profundo:** el medio de filtración está conformado por un lecho que es atravesado por el agua. El medio filtrante con el que se trabaja en estos tipos de filtros está hecho con arena y grava, en la que el agua fluye a través de los espacios que se encuentran entre estos elementos. La velocidad de filtración es otra característica con la que se determina si el filtro es lento (<1 m/h) o filtro rápido (>2 m/h) (CONAGUA, 2010).

- **Temperatura**

Este método es antiguo y se utiliza para desinfectar pequeñas cantidades de agua. Al hervir el agua hasta su punto de ebullición, se eliminan los agentes patógenos presentes en ella, siempre y cuando se mantenga hirviendo durante al menos tres minutos (CONAGUA, 2010). Entre las desventajas que presenta este proceso es que no brinda protección a una recontaminación, además el sabor del agua hervida es desagradable, el método no es del todo malo ya que es excelente destruyendo microorganismos presentes en el agua pueden ser: bacterias, protozoos, virus, entre otros, debido a su alto costo es utilizado solamente a nivel doméstico (CONAGUA, 2010).

- **Radiación**

Este tipo de procesos son muy efectivos para desinfectar aguas claras, su luz ultravioleta ataca a los microorganismos germicidas lo cual provoca daño a los ácidos, de esta forma desactivan el funcionamiento de las células, una de sus desventajas es que la célula sane y pueda crecer nuevamente al no existir un método de desinfección (CONAGUA, 2010).

B. Tratamientos Químicos

• Coagulación - Floculación

Este proceso se utiliza para desestabilizar partículas coloidales suspendidas en el agua, con el fin de eliminar la turbidez, la concentración de materia orgánica y microorganismos, aplicando coagulantes químicos para una favorable sedimentación de la materia gracias a la formación de flóculos, su eliminación se logra con la adición de coagulantes que desestabilizan en la partícula coloidal la cual le da estabilidad al sistema. Entre los coagulantes más conocidos se tiene a la alúmina y al cloruro férrico. La floculación se encarga de unir mayor cantidad de flóculos con el objetivo de agrandar su peso y volumen para una fácil decantación (Cabrera, Fleites, & Contreras, 2009).

• Desinfección

Este proceso se encarga de la eliminación y oxidación de los microorganismos que se encuentran en el agua, con el objetivo de descartar organismos patógenos, evitando enfermedades para los consumidores, en el tratamiento de aguas se lo considera una medida esencial en cuanto a la salud pública, la desinfección ha permitido disminuir considerablemente enfermedades como fiebre tifoidea, colera, entre otros (CONAGUA, 2010). Los equipos y desinfectantes se los debe escoger de manera que satisfaga la condiciones específicas, los desinfectantes químicos más utilizados son los siguientes: yodo, ozono, bromo, cloro, plata (CONAGUA, 2010).

• Ablandamiento

La técnica de ablandamiento del agua se utiliza para eliminar los iones que la hacen dura, como el calcio y el magnesio. Cuando el agua es dura, puede provocar obstrucciones en las tuberías y el jabón se disuelve con más dificultad, otro de los efectos es que tiene un alto riesgo de depósito de cal lo que puede llevar consigo la baja eficiencia de calderas o calefones incrementando el costo de calentamiento de agua para distintos fines. El ablandamiento se consigue a través de sistemas que tienen una base de resina que realiza un cambio iónico de calcio y magnesio por iones de sodio. Los ablandadores pueden funcionar de manera automática o manual (Moreira-Romero, 2016).

• Oxidación

El proceso de aireación implica poner en contacto el agua con el aire para modificar las concentraciones de sustancias volátiles presentes en ella, como disminuir la cantidad de CO₂, eliminar gases como metano, cloro y amoníaco, y oxidar el hierro y el manganeso, entre otros (Romero Rojas, 2000).

2.2.2. Probables tratamientos de desinfección de Agua

Según la norma ecuatoriana CO 10.7 - 602 establecida por (Secretaría del Agua, 2011) se recomienda seguir determinados tratamientos en base a los resultados de turbiedad obtenidos mediante análisis físicos de muestras de agua provenientes de la fuente en estudio. A continuación, la tabla 8 muestra algunos de los tratamientos que se puede realizar sobre el agua cruda cuyo valor de turbiedad esté dentro de un rango definido.

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	TRATAMIENTO PROBABLE
Turbiedad media < 10 UNT NMP < 1000 COL/100 ml	Filtración lenta
Turbiedad media < 50 UNT NMP < 1000 COL/100 ml	Filtración lenta con Pretratamiento
Turbiedad media < 150 UNT NMP < 1000 COL/100 ml	Filtración lenta con Sedimentación simple y pretratamiento.

Tabla 8 Tratamientos probables según la norma CO 10.7 – 602
Fuente: (Secretaría del Agua, 2011)

2.2.3. Tipos de plantas de tratamiento de agua potable

Una planta de tratamiento de agua potable está compuesta por diversas estructuras y sistemas de ingeniería cuyo propósito es el tratamiento de agua para que sea segura para el consumo humano (Acuatecnica, 2016). Hay una variedad de tecnologías disponibles para lograr este objetivo, pero todas deben seguir ciertos principios básicos como:

- Implementación de múltiples etapas de potabilización para minimizar los riesgos (Acuatecnica, 2016).
- Un enfoque integrado para lograr el efecto deseado y la utilización de diferentes etapas del proceso de tratamiento para abordar diferentes tipos de contaminantes (Acuatecnica, 2016).
- Dependiendo de las características del agua, se puede requerir un sistema de filtración simple o doble, especialmente en el caso de aguas con altos niveles de hierro y manganeso (Acuatecnica, 2016).

Existen varios tipos de plantas de tratamiento de agua potable disponibles para lograr este objetivo entre las cuales se tiene las siguientes:

2.2.3.1. Planta de tratamiento convencional

Las plantas convencionales de tratamiento de agua potable tienen la capacidad de eliminar diversos elementos no deseados, como turbiedad, sedimentos, microorganismos, dureza, olor y color, según el estado del agua cruda (Acuatecnica, 2016). Sin embargo, las variaciones ambientales pueden afectar considerablemente la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento, lo que exige que los procesos de potabilización se adapten a dichas variaciones y mantengan los estándares de calidad para producir agua segura (Acuatecnica, 2016). Estas plantas deben incluir todas las etapas necesarias para obtener agua potable, como la coagulación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, clarificación, filtrado y desinfección (Acuatecnica, 2016).

Para diseñar plantas de tratamiento de agua potable convencionales, es necesario realizar un análisis del agua y seguir un sistema modular que incorpore las etapas de tratamiento antes mencionadas (Acuatecnica, 2016). Estas plantas deben contar con tanques de acero o fibra de vidrio que contengan lechos filtrantes de grava, arena, antracita, carbón activado y/o resinas especializadas (Acuatecnica, 2016).

2.2.3.2. Planta de Tratamiento en múltiples etapas (FiME)

El sistema de Filtración en Múltiples Etapas FiME es la combinación de unidades de tratamiento que tiene como finalidad eliminar los microorganismos presentes, mejorar la turbiedad y color aparente del agua logrando de esta manera cumplir con los parámetros especificados en la Norma de diseño para abastecimiento de agua potable (Suarez, 2017). El sistema está constituido por un Filtro Grueso Dinámico, un Filtro Grueso Ascendente en Capas y un sistema de Filtración Lenta de Arena (Suarez, 2017).

La utilización del filtro grueso dinámico ayudará a minorar la contaminación biológica presente en el agua ya que retiene los sólidos arrastrados pasando así a la siguiente etapa de pretratamiento del agua mediante filtros gruesos ascendentes en capas como prefiltros de grava y finalmente ser llevados a filtros lentos de arena logrando reducir de gran manera los niveles de contaminación del agua, para luego pasar el proceso de desinfección logrando así un servicio de calidad durante todos los períodos del año (Suarez, 2017).

2.2.4. Elementos y procedimientos de la planta potabilizadora de agua

- **Prefiltro**

En muchas ocasiones, los diseños de las plantas de tratamiento de agua no toman en cuenta las variaciones en la calidad del agua en el lugar de captación, particularmente durante la época de lluvias, cuando la turbidez aumenta significativamente, provocando la obstrucción de los filtros. Con el fin de prevenir estos inconvenientes, se hace necesario implementar procesos adicionales, entre los cuales se encuentra la prefiltración (Marrón, 1999).

La prefiltración tiene como objetivo remover o eliminar la turbidez del agua, así como también bacterias, algas y otros contaminantes que puedan estar presentes (Marrón, 1999). La implementación de este proceso no solo previene la obstrucción de los filtros, sino que también prolonga su vida útil, lo que reduce los costos de mantenimiento a largo plazo de la planta de tratamiento de agua (Marrón, 1999).

- ❖ **Retrolavado:** Para llevar a cabo el proceso de retrolavado, se cierra la entrada del filtro utilizando una válvula y se permite que el agua fluya a través de la salida, atravesando las capas de grava y saliendo por la entrada, posteriormente el agua sucia se dirige hacia el drenaje a través de la válvula de retrolavado (Yamit, 2021). La limpieza es una parte vital del funcionamiento del prefiltro, ya que, durante el proceso de prefiltración, las gravas acumulan contaminantes que quedan atrapados en ellas, si esta acumulación no se atiende, el prefiltro no podrá funcionar correctamente, lo que reducirá su capacidad para detener las impurezas (Yamit, 2021). Por lo tanto, es importante llevar a cabo el proceso de retrolavado con precisión y regularidad para asegurar la efectividad máxima de la prefiltración y prolongar la vida útil del sistema (Yamit, 2021).

- **Filtro lento de arena**

El filtro lento es considerado uno de los métodos más antiguos, simples y efectivos para el tratamiento de agua, ya que imita el proceso de purificación natural (Cánepa de Vargas, 2018). Sin embargo, este método requiere un buen diseño, operación y mantenimiento apropiados para garantizar su eficiencia y preservar su mecanismo (Cánepa de Vargas, 2018).

El principio fundamental del filtro lento es la eliminación de impurezas mediante la filtración del agua a través de una capa de arena porosa, donde el agua entra por la superficie del filtro y sale por el fondo (NESC, 2009). El filtro se construye con una capa de grava que soporta la arena fina, y un sistema de tuberías de subdrenaje que recoge el agua filtrada. Cabe destacar que durante todo el proceso no se utilizan químicos para mejorar la filtración (NESC, 2009).

Las ventajas que tiene este tipo de filtros son su simplicidad de diseño y fácil operación. Su labor será reducir las bacterias y los niveles orgánicos, no requiere de la supervisión continua por parte del operador y se puede utilizar materiales y mano de obra disponibles en la zona (Cánepa de Vargas, 2018).

- **Desinfección**

En el área rural, los municipios y juntas de agua han recurrido al método de generación de cloro in situ mediante la electrólisis de salmuera o cloruro de sodio para desinfectar el agua destinada al consumo humano. Este método ofrece la ventaja de garantizar la disponibilidad inmediata del producto y reducir las pérdidas por degradación, lo que resulta en un ahorro económico significativo (Gratacós, 2014).

La producción del cloro in situ tiene las siguientes ventajas:

- La seguridad es una ventaja significativa del método de generación de cloro in situ por electrólisis de salmuera o cloruro de sodio, ya que se evita la manipulación y transporte de grandes cantidades de cloro e hipoclorito. La producción in situ es considerada una tecnología segura con un riesgo reducido de accidentes (Gratacós, 2014).

- Se reduce el impacto ambiental al no ser necesario tener un plan de emergencia para grandes fugas y así se evita las consecuencias negativas de una fuga (Gratacós, 2014).
- Se asegura la disponibilidad de una materia prima segura al utilizar sal en lugar de cloro e hipoclorito, lo que garantiza un producto de precio estable y fácil de conseguir, y sin riesgos en su almacenamiento o acumulación (Gratacós, 2014).
- Se puede obtener cloro de manera más económica mediante el proceso de electrólisis que comprando hipoclorito sódico, lo que beneficia al consumidor con costos menores (Gratacós, 2014).
- El suministro de la solución generada por electrólisis es flexible y puede adaptarse a la demanda, manteniendo siempre la misma concentración. (Gratacós, 2014).

El proceso de electrólisis para la generación in situ de cloro se basa en la disolución de cloruro de sodio o sal común en agua para formar una salmuera. El generador cuenta con dos electrodos, el ánodo (+) y el cátodo (-), que realizan la electrólisis para obtener una mezcla de hipoclorito de sodio de baja concentración, generalmente del 0,8% (Gratacós, 2014).

En la potabilización de agua, el hipoclorito de sodio debe tener una concentración máxima del 10%, y la cantidad de producto utilizado debe situarse entre 0.5 y 1 mg/l. Es importante destacar que el hipoclorito de sodio producido mediante electrólisis no es equivalente al cloro comercial, ya que este último puede contener productos químicos que resultan perjudiciales para la salud de los usuarios (Amoquimicos, 2018).

- **Tanque de Almacenamiento**

El diseño del tanque de almacenamiento de agua es tan importante como los diseños previos, ya que es esencial para garantizar el correcto funcionamiento del sistema hidráulico y el abastecimiento adecuado del sistema de distribución (Agüero Pittman, 2003). En algunos proyectos, se prefiere emplear tuberías de diámetros reducidos en la línea de conducción con el fin de construir un tanque de almacenamiento y cumplir con las necesidades proyectadas de agua, considerando aspectos económicos (Agüero Pittman, 2003).

Es crucial que el tanque de almacenamiento de agua esté diseñado y construido adecuadamente para asegurar su durabilidad y la calidad del agua almacenada. Además, se debe tener en cuenta la ubicación, el tamaño y la forma del tanque para garantizar su fácil acceso y limpieza para minimizar la posibilidad de contaminación del agua almacenada (Agüero Pittman, 2003). En resumen, un tanque de almacenamiento bien diseñado y construido es esencial para asegurar un suministro de agua potable seguro y confiable (Agüero Pittman, 2003). Algunas de las consideraciones para el diseño son las siguientes:

- **Capacidad de reservorio:** para su determinación se debe considerar las variaciones horarias, emergencias y previsión para cubrir interrupciones que puedan ocurrir por algún daño (Agüero Pittman, 2003). La capacidad del tanque de almacenamiento debe ser calculada de tal manera que pueda garantizar el suministro adecuado de agua durante la demanda máxima, incluso en caso de interrupciones en la línea de conducción que requieran reparaciones (Agüero Pittman, 2003).
- **Tipos de reservorio:** Existen diferentes tipos de tanques de almacenamiento para el agua, entre los que se incluyen los elevados, apoyados y enterrados (Agüero Pittman, 2003). Estos tanques pueden tener diferentes formas, como esférica, cilíndrica y rectangular (Agüero Pittman, 2003). Los tanques elevados se construyen sobre torres, columnas o pilotes, mientras que los tanques apoyados se construyen directamente sobre el suelo (Agüero Pittman, 2003). Por otro lado, los tanques enterrados, también conocidos como cisternas, se construyen debajo de la superficie del suelo (Agüero Pittman, 2003).
- **Ubicación del reservorio:** se la determina según la necesidad de presión para satisfacer el sistema de distribución, según su ubicación pueden ser reservorios de cabecera o flotantes (Agüero Pittman, 2003). Los de cabecera son los reservorios que son alimentados directo de la captación ya sea por gravedad o por bombeo, en el caso de los reservorios flotantes son utilizados como reguladores de presión (Agüero Pittman, 2003). En las áreas rurales, la mayoría de los proyectos de almacenamiento de agua utilizan tanques de cabecera que funcionan por gravedad debido a la

topografía del terreno, ubicando el tanque lo más cerca posible considerando una elevación mayor a la de la población de servicio (Agüero Pittman, 2003).

La fórmula aplicada para determinar el volumen del tanque de almacenamiento recomendado por la bibliografía de (Agüero Pittman, 2003) viene dado por la Ecuación 2, para lo cual, primero se debe determinar el caudal medio anual (ecuación 1).

$$Qa = Pf * Dotación; \text{(ecuación 1)}$$

Donde:

Qa = Caudal medio anual (lt/seg).

Pf = Población Futura (hab)

Dotación = Dotación por habitante (lt/hab/día)

(Agüero Pittman, 2003) considera para el cálculo de volumen un factor de consumo el cuál puede ser del 25 o 30%. En el caso del presente diseño de prefactibilidad se consideró usar el factor de 25%.

$$Valm = Qa * 0.25; \text{(ecuación 2)}$$

2.3. ESTUDIOS DE POBLACIÓN Y CAUDALES

2.3.1. Periodo de Diseño

Se refiere al período de tiempo en el que un sistema opera de manera eficiente para atender a una comunidad. La norma ecuatoriana CO 10.7 - 602 (SENAGUA, 2016b) establece disposiciones específicas en relación al periodo de diseño de una obra, indicando que esta debe ser diseñada teniendo en cuenta un periodo de 25 años. Asimismo, la norma establece especificaciones para la vida útil de las distintas partes que conforman la obra, las cuales se detallan en la Tabla 9. Estas especificaciones son de vital importancia para asegurar la durabilidad y el adecuado funcionamiento de la obra a lo largo del periodo de diseño. Es fundamental cumplir con las siguientes especificaciones para garantizar la seguridad y eficiencia de la obra a largo del plazo establecido.

ELEMENTO	VIDA ÚTIL (AÑOS)
<i>Obras de captación</i>	25 a 50
<i>Tanques de almacenamiento</i>	30 a 40
<i>Tubería de hierro dúctil</i>	40 a 50
<i>Diques grandes y túneles</i>	50 a 100
<i>Pozos</i>	10 a 25
<i>Planta de tratamiento</i>	30 a 40
<i>Conducciones de hierro dúctil</i>	40 a 50
<i>Conducciones de asbesto cemento o PVC</i>	20 a 30
<i>Tuberías de asbesto cemento o PVC</i>	20 a 25
<i>Otros materiales</i>	Depende de indicaciones de fabricante

Tabla 9 Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable
Fuente: (Secretaría del Agua, 2011)

Los aspectos considerados para determinar el periodo de diseño de un sistema:

- El crecimiento anticipado de la población puede tener varios impactos en la comunidad, incluyendo cambios en la demanda de servicios y recursos. Si la población crece lentamente, el periodo de diseño de un proyecto puede aumentar porque se espera que los cambios sean graduales (Collaguazo & Salinas, 2019).
- El ciclo de vida tanto de la estructura como la de sus componentes (Collaguazo & Salinas, 2019).
- El comportamiento de las estructuras en los inicios de su labor (Collaguazo & Salinas, 2019).

2.3.2. Población de proyecto

La población y la cantidad de miembros de los grupos familiares son factores clave para identificar y clasificar los niveles de servicio del sistema de abastecimiento de agua. Para tal efecto, se ha utilizado la Tabla 10 para realizar esta tarea.

<i>NIVEL</i>	<i>SISTEMA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
<i>0</i>	AP EE	Sistemas personalizados. Elaborados considerando las opciones técnicas disponibles, los usos proyectados para el agua, las preferencias y la capacidad financiera del usuario
<i>Ia</i>	AP EE	Llaves de agua públicas Letrinas sin traslado de agua
<i>Ib</i>	AP EE	Conexión de agua para baño, lavado de ropa y llaves de agua públicas. Letrinas sin traslado de agua
<i>IIa</i>	AP EE	Una llave de agua por casa Con o sin arrastre de agua para letrinas
<i>IIb</i>	AP EE	Más de una llave de agua por casa Alcantarillado sanitario
<p><i>Simbología utilizada:</i> <i>AP: Agua potable</i> <i>EE: Eliminación de heces</i> <i>ERL: Eliminación de restos líquidos</i></p>		

Tabla 10 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua
Fuente: (SENAGUA, 2016b)

Esta clasificación es fundamental para el diseño de prefactibilidad, ya que nos proporciona información precisa sobre las especificaciones y requisitos de la normativa aplicable. Por lo tanto, conocer la clasificación del sistema de abastecimiento de agua es esencial para garantizar que el diseño y la construcción cumplan con los estándares requeridos y proporcionen un suministro de agua potable seguro y confiable a la comunidad.

2.3.3. Dotación

El factor al que se hace mención reviste una importancia crucial en el proceso de diseño del sistema de abastecimiento de agua, dado que puede tener un impacto significativo en la eficiencia y efectividad del

mismo (Amaya, 2019). En este sentido, la norma establece una serie de valores recomendados de manera específica para el diseño, los cuales se detallan en la Tabla 12. Estos valores son fundamentales para garantizar un diseño adecuado y óptimo del sistema, en concordancia con los estándares establecidos por la normativa vigente.

HABITANTES	CLIMA	DOTACIÓN (l/hab/día)
<i>Más de 50000</i>	Cálido	> 230
	Templado	> 220
	Frío	> 200
HABITANTES	CLIMA	DOTACIÓN (l/hab/día)
<i>5000 a 50000</i>	Cálido	200 – 230
	Templado	190 – 220
	Frío	180 – 200
<i>Hasta 5000</i>	Cálido	170 – 200
	Templado	130 – 160
	Frío	120 – 150

Tabla 11 Dotaciones recomendadas por la norma
Fuente: (Secretaría del Agua, 2011)

2.3.4. Población Futura

La norma recomienda realizar la proyección con al menos tres métodos conocidos que permitan realizar una comparación. Al elegir la población futura, se tomarán en cuenta factores económicos, sociales y geopolíticos que puedan afectar los cambios demográficos. (Secretaría del Agua, 2011). Los métodos de cálculo escogidos se muestran en la Tabla 12.

MÉTODO	FÓRMULAS
<i>Aritmético</i>	$P_f = P_a * (1+r*n)$
<i>Geométrico</i>	$P_f = P_a * (1+r)^n$
<i>Exponencial</i>	$P_f = P_a * e^{(r*n)}$

Tabla 12 Métodos de proyección poblacional
Fuente:(Amoroso & Marín, 2017)

Donde:

Pf: Población futura (número de habitantes)

Pa: Población actual (número de habitantes)

r: factor de crecimiento poblacional

n: periodo de diseño (años)

2.3.5. Demanda de caudales

2.3.5.1. Caudal Medio (Qm)

El caudal medio será calculado mediante la ecuación 3:

$$Q_m = f * \frac{P_f * D}{86400} ; \text{(ecuación 3)}$$

Donde:

Q_m = Caudal medio (l/s)

f = factor de fugas

P_f = Población final del periodo de diseño

D = Dotación futura (l/hab/día)

- **Fugas**

La norma CO 10.7 – 602 recomienda los siguientes valores de fugas (Tabla 13) de acuerdo con el nivel de servicio en el que se haya clasificado el sistema de abastecimiento.

<i>NIVEL DE SERVICIO</i>	<i>PORCENTAJE DE FUGAS</i>
<i>Ia y Ib</i>	10%
<i>IIa y IIb</i>	20%

Tabla 13 Porcentaje de fugas
Fuente: (SENAGUA, 2016b)

2.3.5.2. Caudal máximo diario (QMD)

La fórmula presentada por la Norma CO 10.7 – 602 para el cálculo del caudal máximo diario se muestra a continuación en la ecuación 4.

$$QMD = KMD * Q_m ; \text{(ecuación 4)}$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario (l/s)

KMD = factor de mayoración máximo diario

- **Factor de mayoración KMD**

El factor KMD recomendado por la (SENAGUA, 2016b) para todos los niveles de servicio es de 1.25.

2.3.5.3. Caudal máximo horario (QMH)

La Norma CO 10.7 – 602 proporciona la fórmula que se muestra en la ecuación 5 para el cálculo del caudal máximo horario.

$$QMH = KMH * Q_m ; \text{(ecuación 5)}$$

Donde:

QMH = Caudal máximo horario (l/s)

KMH = factor de mayoración máximo diario

- **Factor de mayoración KMH**

El factor KMH recomendado por la (SENAGUA, 2016b) para todos los niveles de servicio tiene un valor de 3.

2.4. CAPTACIÓN Y DESARENADOR

2.4.1. Fuente de abastecimiento

El río San Francisco forma parte del sistema hidrológico de la cuenca del río Paute, ya que fluye hacia la subcuenca del río Santa Bárbara y descarga sus aguas en ella. El río inicia su recorrido en las coordenadas 747308E – 9679758S y finaliza en las coordenadas 759550E – 9665579S, el cual topográficamente refleja una pendiente media del 37% entre las cotas de 3930 msnm y los 2220 msnm. Además, la microcuenca del río San Francisco está conformada también por el área de vegetación y bosque protegido conocido como Collay, la misma que se ubica en la zona alta y colinda con el río cubriendo una superficie de 3.2km² (Zhicay Lombaida, 2020).

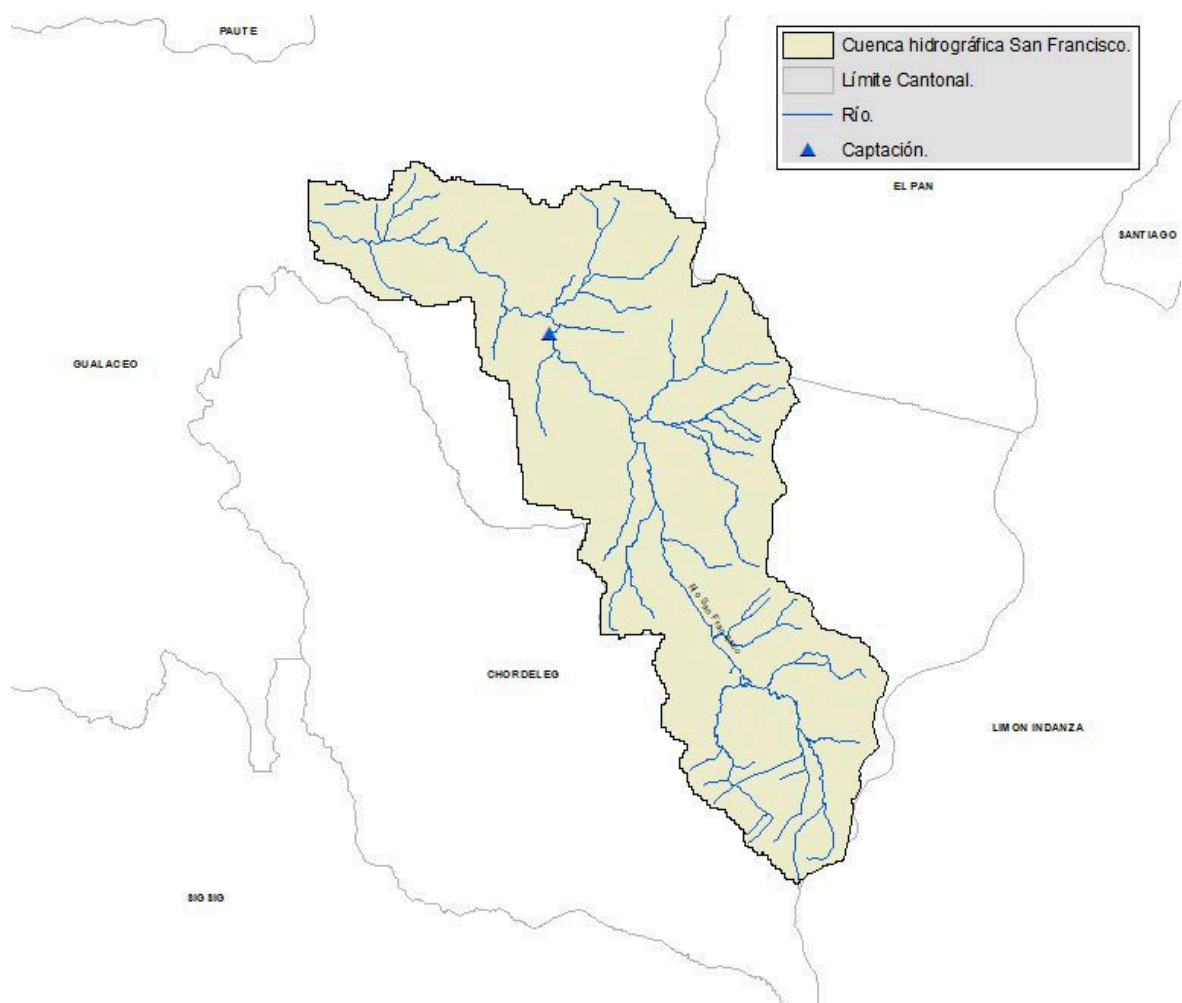


Figura 3 Microcuenca del río San Francisco
Fuente: Autor

La microcuenca del río San Francisco es alimentada por varias quebradas entre las que se tiene: Asmayacu, Leones, Charcus, Chorro Blanco, Palmas; Uchucay, Tasqui, Chaucán, entre otras que forman el cauce principal (Zhicay Lombaida, 2020). Su pendiente de alrededor de 37% lo clasifica como una pendiente empinada, aunque en algunos tramos su pendiente es fuerte pero la mayor parte tiene pendiente suave o baja (Zhicay Lombaida, 2020).

El perfil longitudinal presenta una pendiente dominante al inicio de la microcuenca, en la zona media se puede apreciar una pendiente pronunciada y en la zona baja se puede identificar una pendiente baja, en esta zona es donde sus aguas fluyen hasta desembocar en la subcuenca del río Santa Bárbara la misma que atraviesa la zona poblada de Gualaceo. La Figura 4 expone las pendientes a lo largo del cauce (Zhicay Lombaida, 2020).

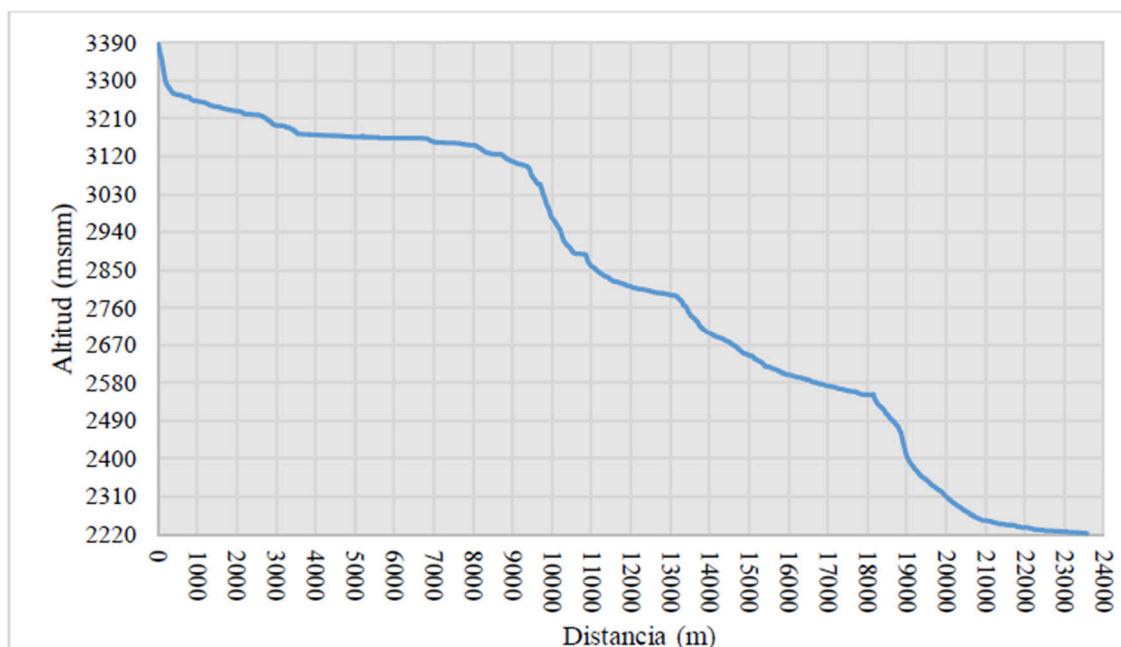


Figura 4 Perfil Longitudinal del cauce del Río San Francisco
Fuente: (Zhicay Lombaida, 2020)

La resolución actual (Anexo 2.4.1.) con la que cuenta la Junta de Agua de Quimzhi expone que el río San Francisco posee un caudal de 3.5 metros cúbicos por segundo en la zona de captación, el requerimiento por parte de la junta de agua fue que se les permita captar 1,20 litros por segundo para el sistema actual al existir suficiente caudal, por lo que el Consejo Nacional de Recursos Hídricos le otorgó el permiso de captación para uso doméstico.

2.4.2. Captación

La captación de agua en ríos es una estructura situada a una determinada cota, con el propósito redirigir controladamente el caudal del río como fuente de suministro de agua para la población (Amoroso & Marín, 2017). Esta captación puede llevarse a cabo mediante dos métodos principales: captación por gravedad o captación mediante bombeo (Amoroso & Marín, 2017).

La captación por gravedad implica la construcción de una estructura de captación en una ubicación adecuada en el río, de manera que el agua fluye naturalmente hacia la estructura debido a la fuerza de gravedad (Amoroso & Marín, 2017). Este método suele utilizarse cuando la fuente de agua está a una elevación más alta que la zona de distribución, lo que permite el flujo descendente del agua sin necesidad de utilizar energía adicional para su transporte (Amoroso & Marín, 2017).

Por otro lado, la captación mediante bombeo implica la utilización de bombas para extraer el agua del río y elevarla a una cota más alta, donde luego se distribuye a la población. Este método se utiliza cuando la fuente de agua se encuentra a una elevación más baja que la zona de distribución, lo que requiere el uso de energía para impulsar el agua a una mayor altura (Amoroso & Marín, 2017).

En ambos métodos, es esencial llevar a cabo un monitoreo constante de la calidad del agua captada para garantizar que cumple con los estándares de potabilidad establecidos, y aplicar adecuadas medidas de tratamiento y purificación del agua para su distribución a la población (Amoroso & Marín, 2017). Además, se deben tener en cuenta las regulaciones y normativas locales en cuanto a la captación de agua en ríos, con el fin de asegurar una gestión adecuada y sostenible de este recurso vital (Amoroso & Marín, 2017).

Se deberá garantizar que el aporte de la captación al sistema de abastecimiento sea equivalente al 20% más del caudal máximo diario (QMD) calculado al final del periodo diseño.

$$Q_{cap} = 1.2 * QMD ; (\text{ecuación 6})$$

Donde:

Q_{cap} = Caudal de captación (l/s)

QMD = Caudal máximo diario (l/s)

2.4.3. Rejilla de captación

Se puede suponer que la velocidad de carga es insignificante ya que, en una entrada lateral, la velocidad del agua en dicho sentido es considerada cero (Castaño, 2011). Aunque existen diversas ecuaciones (Creager, Kirschner, Metcalf & Eddy, Kynchammer) que calculan las pérdidas debido a la entrada en la rejilla basadas en la velocidad, estas pérdidas son muy bajas debido a su nula velocidad lo que ayudaría a prevenir la obstrucción de las mismas y garantizar un flujo adecuado de agua en el sistema de abastecimiento. Esto podrá ser útil en el diseño y dimensionamiento de sistemas de captación de agua (Castaño, 2011). A continuación, se presenta la Fórmula de Kynchammer que es la más usada para estos cálculos de pérdidas en rejilla de captación.

$$h_R = K_R * \left(\frac{t}{s}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{V_o^2}{2g} * \text{sen } \alpha; (\text{ecuación 7})$$

Donde:

h_R = pérdida de carga en rejilla parcialmente sumergida

K_R = Coeficiente de la forma de la reja $KR=1.79$ para barrotes circulares.

t = Ancho de los barrotes.

s = Separación de los barrotes

α = Ángulo de las varillas con la horizontal

V_o = Velocidad de aproximación como si no hubiera reja

2.4.4. Desarenador

El diseño de un desarenador se basa en la implementación de una estructura hidráulica diseñada para remover las partículas de agua que contengan un diámetro superior a un valor específico (Secretaría del Agua, 2011). El principal objetivo de esta estructura es proteger los accesorios y la línea de conducción que se encuentran aguas abajo de la captación de los efectos dañinos de las partículas que podrían obstruir el flujo de agua (Secretaría del Agua, 2011).

La norma NEC Co. 10-7 602 recomienda que cuando la conducción de agua cruda se realice por medio de tubería o túneles como el caso del presente estudio, el desarenador deberá ir adosado a la captación.

2.4.4.1. Velocidad de flujo horizontal

Principalmente se utilizan en comunidades de baja densidad poblacional para ampliar el canal de pretratamiento, disminuyendo la velocidad del flujo y permitiendo que las partículas se decanten (García-

Naranjo, 2015). La fórmula para determinar esta velocidad se presenta a continuación:

$$v = a * \sqrt{d} \text{ cm/s}; \text{ (ecuación 8)}$$

Donde:

d = diámetro (mm)

a = constante en función del diámetro de partículas

a	d(mm)
51	< 0.1
44	0.1 – 1
36	> 1

Tabla 14 Valor de constante "a" en función de diámetro

Fuente: (García-Naranjo, 2015)

2.4.4.2. Velocidad vertical o de sedimentación

Están diseñados para controlar la velocidad de ascenso del agua con el fin de hacer que la arena se decante y mantener las partículas orgánicas en la superficie, existe varias formas para determinar su valor pero la fórmula más utilizada es la Fórmula de Owens y se presenta a continuación (García-Naranjo, 2015):

$$w = k * \sqrt{d(\rho_z - 1)}; \text{ (ecuación 9)}$$

Donde:

w =velocidad de sedimentación (m/s)

d = diámetro de partículas (m)

ρ = peso específico del material (g/cm³)

k =constante que varía de acuerdo con la forma y naturaleza de los granos.

Forma y naturaleza	K
Arena esférica	9.35
Granos redondeados	8.25
Granos cuarzo $d > 3\text{mm}$	6.12
Granos cuarzo $d > 0.7\text{mm}$	1.28

Tabla 15 Valores de constante "k" que varía de acuerdo con la forma y naturaleza

Fuente: (García-Naranjo, 2015)

2.4.4.3. Longitud de desarenador

Para determinar la longitud adecuada del desarenador y asegurar la sedimentación de partículas de tamaño mayor al especificado, se utiliza la siguiente relación (ecuación 10), el cálculo de desarenadores de bajas velocidades se lo realiza con una corrección a través de una constante k, la misma que depende de la velocidad de escurrimiento del desarenador (García-Naranjo, 2015).

$$L = k \frac{Hv}{w}; \text{ (ecuación 10)}$$

Donde:

H = altura útil de desarenador (cm)

v = velocidad media de flujo (cm/s)

w =velocidad de sedimentación (m/s)

k =constante que varía de acuerdo con la velocidad de escurrimiento y se obtiene de la siguiente tabla:

Velocidad de escurrimiento (m/s)	K
0.20	1.25
0.30	1.5
0.50	2

Tabla 16 Valor de constante K de acuerdo con velocidad de escurrimiento (García-Naranjo, 2015)

2.5. LÍNEAS DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN

2.5.1. Caudal de conducción

El diseño de los sistemas de conducción de agua potable es una tarea de vital importancia en el suministro continuo y seguro de agua a los usuarios, salvaguardando su calidad y protegiéndola de la contaminación, garantizando su idoneidad para el consumo humano. Para lograr esto, es esencial diseñar la línea de conducción de agua de manera que sea capaz de transportar la cantidad necesaria de agua para satisfacer la demanda de los usuarios, y a la vez prevenir la entrada de sustancias o agentes contaminantes, tales como: basuras, microorganismos o sustancias químicas perjudiciales. Además, se debe tener en cuenta la facilidad de acceso para el mantenimiento de los componentes de la conducción, para permitir la ejecución oportuna de labores de reparación y reemplazo, a fin de garantizar la eficiencia y funcionalidad del sistema a lo largo de su vida útil planificada (Secretaría del Agua, 2011).

Las líneas de conducción de agua pueden dividirse en dos grupos:

- “Conducciones a flujo libre: se realiza mediante tubería que funcione parcialmente llena durante el 100% del tiempo” (SENAGUA, 2016b).
- “Conducciones a forzada: son impulsadas por medio de bombeo o puede ser por gravedad” (SENAGUA, 2016b).

Para elegir el método de transporte de agua se debe tomar en cuenta sus estudios de calidad de agua, tipo de fuente de abastecimiento, distancia entre la fuente y la zona de servicio, condiciones topográficas, geológicas y cantidad de agua.

Para determinar el caudal de diseño, el cálculo será igual a 1.1 veces el caudal máximo diario que tendrá el sistema al final del periodo de diseño, esta fórmula se utiliza cuando la línea de conducción no requiere de bombeo (SENAGUA, 2016b), entonces se tiene:

$$Q_c = 1.1 * QMD ; (\text{ecuación 11})$$

Donde:

Q_c = Caudal de conducción (l/s)

QMD = Caudal máximo diario (l/s)

2.5.2. Velocidad en línea de conducción

Al diseñar la línea de conducción, la selección de los diámetros de la tubería depende directamente de la velocidad. Al poseer como dato inicial los diámetros de los tubos de PVC y HG de 110mm conseguidos por la comunidad se utilizó la ecuación 12 para llevar un control de velocidad, considerando que la norma CO 10.7 – 602 sugiere una velocidad mínima de 0.5m/s y una máxima de 3m/s.

$$V = \frac{Q_c}{A} ; (\text{ecuación 12})$$

Donde:

$V =$ Velocidad de conducción (m/s)

$Q_c =$ Caudal de conducción (m^3/s)

$A =$ Área interna del tubo (m^2)

2.5.3. Control de presiones

Para el control de presiones en la línea de conducción se realizó una comprobación a partir de la diferencia de cotas en el rango que se requiere conocer la presión, este control permite garantizar la colocación de la tubería de acuerdo a sus especificaciones y a la presión de diseño de cada una de ellas. Para lo cual se utilizó la relación indicada en la ecuación 13.

$$P = C_o - C_f - h_f ; (\text{ecuación 13})$$

Donde:

$P =$ Presión (mca)

$C_o =$ Cota inicial (m)

$C_f =$ Cota final (m)

$h_f =$ pérdida unitaria (m)

2.5.4. Pérdidas en Tubería

- **Pérdidas Unitarias:** Las pérdidas unitarias en una línea de conducción de agua son resultado de la fricción generada entre las partículas de agua y la pared interna de la tubería. Estas pérdidas de carga debido a la fricción son un factor importante a tener en cuenta en el diseño y análisis de sistemas de conducción de agua. Existen diversas ecuaciones disponibles para el cálculo de estas pérdidas de carga debidas a la fricción en la tubería, siendo algunas de las más utilizadas las ecuaciones de Darcy-Weisbach, Hazen-Williams y Manning (Collaguazo & Salinas, 2019).

Para el presente diseño se utilizará el método de Hazen – Williams (ecuación 14), para lo cual es necesario conocer el diámetro, longitud y rugosidad de la tubería y el caudal de circulación.

$$h_f = \left(\frac{10.675}{C^{1.852}} \right) * \left(\frac{LQ^{1.852}}{D^{4.87}} \right); (\text{ecuación 14})$$

Donde:

$h_f =$ Perdida por fricción (m)

$D =$ Diámetro de tubería (m)

$L =$ Longitud de tubería (m)

$Q =$ Caudal (m^3/s)

$C =$ Valor de rugosidad (PVC = 140; Galvanizado = 110)

- **Pérdidas por accesorios:** Las obstrucciones, cambios de sección o dirección del flujo en las líneas de conducción de agua son causantes de pérdidas de energía. Estas pérdidas se deben a la fricción y turbulencia generada por elementos instalados en la tubería, tales como: válvulas, codos, tees, uniones de reparación, entre otros. Estos accesorios interrumpen el flujo de agua y generan cambios en la dirección y sección del flujo (Serch Jiménez, 2017).

La ecuación para determinar las pérdidas de energía por accesorios en la conducción se puede expresar como una fracción de la carga de velocidad y se presenta en la ecuación 15.

$$h_i = k * \frac{v^2}{2g}; \text{(ecuación 15)}$$

Donde:

h_i = Perdida local (m)

k = coeficiente de perdida por accesorio

v = velocidad media en el tramo (m)

g = aceleración de gravedad

El valor del coeficiente k , que es adimensional, depende de varios parámetros, como el número de Reynolds, la rugosidad, las relaciones geométricas y el tipo de accesorio que se esté analizando. Los valores correspondientes al coeficiente k se obtienen de tablas (Tabla 17) como se muestra a continuación:

ACCESORIO	K
<i>Codo corto de 90°</i>	0.90
<i>Codo corto de 45°</i>	0.75
<i>Codo largo de 90°</i>	0.40
<i>Codo largo de 45°</i>	0.20
<i>Codo largo de 22,5°</i>	0.10
<i>Ampliación gradual</i>	0.30
<i>Ampliación brusca</i>	0.20
<i>Reducción gradual</i>	0.25
<i>Reducción brusca</i>	0.35
<i>Válvula de compuerta abierta</i>	5.00
<i>Válvula de ángulo abierta</i>	5.00
<i>Válvula de globo abierta</i>	10.0
<i>Válvula alfarera</i>	2.00
<i>Válvula de retención</i>	2.50
<i>Tee con flujo en línea recta</i>	0.10
<i>Tee con flujo en ángulo</i>	1.50
<i>Tee con salida bilateral</i>	1.80
<i>Confluencia</i>	0.40
<i>Bifurcación</i>	0.10
<i>Pequeña derivación</i>	0.03
<i>Válvula de mariposa</i>	0.24

Tabla 17 Valores de coeficiente K para accesorios

Fuente: (Serch Jiménez, 2017)

Además, la línea de conducción requiere información y elementos como los que se presenta a continuación:

2.5.5. Levantamiento Topográfico

La fase de levantamiento topográfico consiste en la recopilación de datos precisos y relevantes sobre la localización de puntos de referencia en el terreno que son de interés para el proyecto de prefactibilidad (Maisincho, 2016). Esta recopilación de información es necesaria para obtener datos geoespaciales precisos y con la exactitud requerida del área de influencia del sistema de abastecimiento de agua (Maisincho, 2016). El mismo permite obtener datos geodésicos y cartográficos para la identificación y delimitación de áreas geográficas específicas, la caracterización del relieve del terreno, la ubicación de elementos naturales y artificiales relevantes, así como la obtención de datos altimétricos y planimétricos precisos (Ordoñez, 2016). Estos datos topográficos son la base para la posterior elaboración de los planos

y diseños de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua, asegurando la precisión y exactitud necesaria en la ubicación y trazado de los elementos del sistema en el terreno (SENAGUA, 2016b).

2.5.6. Elementos complementarios

- **Tanque rompe presiones (TRP)**

La función principal de los tanques rompe presiones (TRP) es reducir la energía total a cero en casos donde existe desnivel entre la captación y algún punto de la red, lo que podría generar presiones muy elevadas que la tubería no sería capaz de soportar (Amaya, 2019). En estas situaciones, una de las recomendaciones más comunes es la construcción de tanques rompe presión con el objetivo de impedir que la presión producida supere los límites permitidos de las tuberías seleccionadas. (Amaya, 2019).

Los TRP son estructuras conformadas por tres cámaras principales: una cámara de ingreso donde una válvula flotadora regula la cantidad de agua que entra, una cámara de recolección y una cámara de salida en la que se encuentran ubicadas las válvulas de control (Amaya, 2019).

- **Válvulas de Purga**

El propósito de las válvulas de purga es llevar a cabo un proceso periódico de remoción de los sedimentos que se depositan en la conducción de agua, especialmente en los puntos más bajos de la red donde estos sedimentos tienden a acumularse. Esta acumulación de sedimentos puede provocar una disminución del área por donde fluye el agua, lo que resulta en una restricción del flujo y una reducción del rendimiento del sistema. Por lo tanto, se vuelve imprescindible llevar a cabo la remoción de estos sedimentos para asegurar el correcto funcionamiento y la eficiencia del sistema de conducción de agua potable (Amaya, 2019).

- **Válvulas de aire**

Las válvulas mencionadas desempeñan una tarea crucial al permitir la liberación del aire acumulado en los puntos más altos del sistema de conducción. La presencia de aire en estas zonas puede disminuir el área de flujo del agua, lo que resulta en una pérdida de carga y una reducción del caudal en el sistema hidráulico.

La instalación adecuada de estas válvulas de aire en los puntos estratégicos del sistema de conducción de agua es esencial para garantizar un flujo hidráulico eficiente, prevenir la acumulación de aire y evitar la pérdida de carga y la reducción del caudal. El tipo de válvula de aire a utilizar ya sea manual o automática dependerá de las características y necesidades específicas del sistema de conducción de agua en consideración (Amaya, 2019).

2.5.7. Diseño de anclaje en Sifón

Cuando una tubería está sometida a presión interna, surge una fuerza de empuje axial cada vez que se presenta un cambio de dirección, reducción de diámetro o se cierra en algún extremo. Para impedir que estos empujes provoquen deformaciones o daños en la tubería, es importante asegurarla en estos puntos críticos mediante la fijación de la tubería a un bloque de hormigón (Monge, 2016).

2.5.7.1. Cálculo de empuje

Para determinar el empuje en codos o cambio de direcciones como en el sifón se presenta la siguiente fórmula:

$$E = 2 * \gamma * Pt * A * Sen(\phi/2); \text{(ecuación 16)}$$

Donde:

$E = \text{Empuje total (Kgf)}$

$\gamma = \text{Densidad del agua (kg/m}^3\text{)}$

$P_t = \text{Presión máxima de trabajo (mca)}$

$A = \text{Área de sección del tubo (m}^2\text{)}$

$\varnothing = \text{Ángulo de codo o cambio de dirección}$

2.5.7.2. Cálculo de resistencia de anclaje

La resistencia prevista para el anclaje se determina mediante la siguiente fórmula:

Resist. peso hormigón (Rp) + Resist. de terreno (Rt)

$$R_p = P * tg\varphi = V * \gamma h * tg\varphi; \text{(ecuación 17)}$$

Donde:

$P = \text{Peso del anclaje (Kg)}$

$\gamma h = \text{Peso específico del hormigón (kg/m}^3\text{)}$

$V = \text{volumen del macizo (m}^3\text{)}$

$\varphi = \text{Ángulo de rozamiento del terreno}$

$$R_t = C * A; \text{(ecuación 18)}$$

Donde:

$C = \text{capacidad máxima de resistencia del terreno (kg/cm}^2\text{)}$

$A = \text{Superficie de apoyo del anclaje sobre el lateral de la zanja (m}^2\text{)}$

2.1.1. Red de Distribución

El caudal ha sido determinado en base a la dotación requerida en los escenarios más adversos. Para llevar a cabo este análisis, es imperativo realizar el diseño de la red teniendo en cuenta el dato del caudal máximo horario (QMH) (Agüero Pittman, 2003). En relación a las presiones, estas deben satisfacer las condiciones más favorables y desfavorables del diseño con capacidad de abastecer una vivienda con una presión mínima o máxima permitida (Agüero Pittman, 2003).

La norma CO 10.7 – 601 (Secretaría del Agua, 2011) establece los valores de presión que el sistema de distribución debe cumplir, de esta manera, la presión dinámica máxima deberá ser de 50 metros columna de agua, mientras que la presión mínima recomendada para el área rural es de 7 metros columna de agua para los puntos de entrega en las situaciones más desfavorables.

La red de distribución se compone de tuberías de diversos tamaños, válvulas, tanques rompe presión y otros componentes adicionales (Agüero Pittman, 2003). El punto inicial se encuentra en la salida del depósito de almacenamiento de la planta de tratamiento de agua potable, que está situado en la zona de servicio más elevada (Agüero Pittman, 2003).

La red de distribución se emplaza por las calles de la comunidad y contará con el caudal y presión necesaria para suministrar el agua en todos los puntos de demanda (Agüero Pittman, 2003).

$$Q_d = QMH ; \text{(ecuación 19)}$$

Donde:

$Q_d = \text{Caudal de distribución (l/s)}$

$QMH = \text{Caudal máximo horario (l/s)}$

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE CAUDALES Y DISEÑO DE CAPTACIÓN

3.1. EVALUACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO

3.1.1. Período de diseño

El periodo de diseño escogido para el presente estudio de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Quimzhi es de 25 años, referenciándonos a las recomendaciones descritas anteriormente, así como también tomando en cuenta el aumento de población que se ha dado en la comunidad en estos últimos años. A su vez, considerando el comportamiento de algunos elementos y estructuras del sistema que han funcionado correctamente durante su función.

(Zhicay Lombaida, 2020) en su estudio “Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo” expone el valor de la medición de caudales en la zona alta de la microcuenca, siendo esta zona de interés para el presente estudio por la ubicación de la captación. Las mediciones de caudal fueron realizadas en los meses de septiembre y octubre del 2019 y se presentan en la siguiente tabla.

<i>Fecha:</i>	<i>PARTE ALTA</i>	
	<i>Nivel (m)</i>	<i>Caudal (m³/s)</i>
<i>16/09/2019</i>	0.21	0.38
<i>18/09/2019</i>	0.16	0.24
<i>26/09/2019</i>	0.19	0.34
<i>02/10/2019</i>	0.14	0.18
<i>11/10/2019</i>	0.22	0.42
<i>14/10/2019</i>	0.29	0.71

Tabla 18 Medición de caudales de la microcuenca del río San Francisco
Fuente: (Zhicay Lombaida, 2020)

La tabla 18 muestra algunos de los valores más representativos. A continuación, la Figura 5 presenta un historial de mediciones de caudal en m³/s durante un mes y medio.

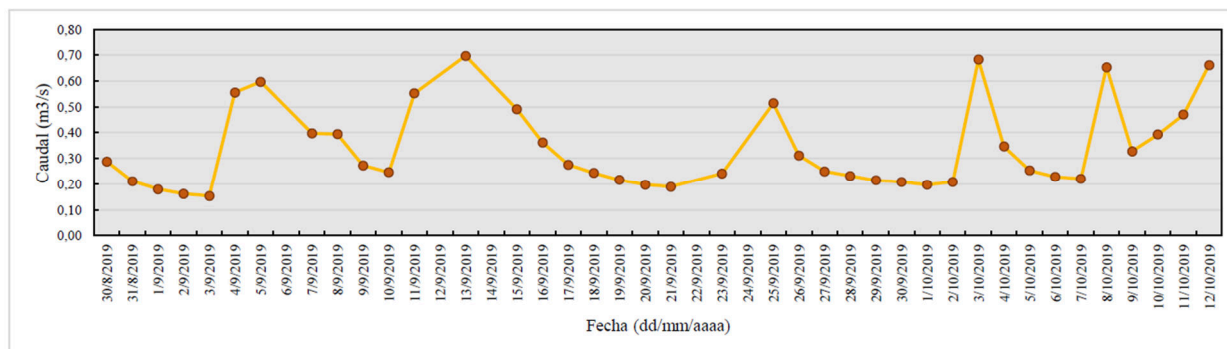


Figura 5 Historial de caudales del río San Francisco
Fuente: Autor

3.1.2. Población total actual

En la comunidad de Quimzhi, los asentamientos poblacionales con mayor concentración se encuentran en el centro, mientras que algunos de los predios restantes están situados en áreas más alejadas del área de distribución de agua. Según los registros de la Junta de Agua correspondientes a noviembre de 2022, existen 206 usuarios en la zona, siendo la mayoría de los grupos familiares conformados por cinco miembros por hogar.

Para recopilar la información se realizó un censo en la comunidad con el acompañamiento de los directivos de la Junta de Agua Potable de Quimzhi (Anexo 3.1.2). Además de obtener el número de habitantes, este censo fue utilizado como medio para recolectar datos importantes de los predios donde se distribuirá el agua potable. El diseño de prefactibilidad se elaboró con una población actual de 1006 habitantes como se detalla en la Tabla 19, los cuales podrán gozar de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable de acuerdo al estudio de prefactibilidad.

# Catastros	# Miembros del grupo familiar	Total, población
6	2	12
17	3	51
34	4	136
108	5	540
24	6	144
13	7	91
4	8	32

Tabla 19 Datos de habitantes de la comunidad de Quimzhi

Fuente: Autor

- **Nivel de servicio:** de acuerdo con los datos expuestos se ha determinado que el diseño de prefactibilidad de este sistema se clasificará en el nivel **IIIb** (Tabla 10), lo que permitiría realizar varias conexiones domiciliarias.

3.1.3. Dotación

La dotación asumida para el diseño es de 160 l/hab/día, tomando en cuenta los datos de población (1006hab), clima (templado) y valor máximo permitido de dotación presentado en la Tabla 11.

3.1.4. Población total futura estimada

La proyección de población para el presente estudio se determinará a partir del número total de habitantes indicado en la Tabla 19.

- **Factor de fugas:** el factor de crecimiento adoptado para este diseño de prefactibilidad es de **1,25%** el cual se basa en los datos de la última actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Catón Gualaceo (GAD.Gualaceo, 2021), así como de la revista “Analítika” (Villacís & Carrillo, 2012) del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC.

Los resultados obtenidos al final del periodo de diseño utilizando las fórmulas indicadas en la Tabla 12 nos muestran los siguientes valores:

MÉTODO	RESULTADO
<i>Aritmético</i>	P _f = 1320
<i>Geométrico</i>	P _f = 1372
<i>Exponencial</i>	P _f = 1375

Tabla 20 Valores de proyección poblacional
Fuente: Autor

El resultado obtenido de 1375 habitantes aplicando el método exponencial es el valor que se utilizará para el cálculo posterior de la demanda de caudales, tomando este valor como factor de seguridad al ser el mayor entre las tres opciones presentadas. La descripción detallada del proceso de cálculo de estos resultados se puede encontrar en el Anexo 3.1.4.

3.1.5. Demanda

A continuación, se detalla los valores de caudales necesarios para el diseño de prefactibilidad del sistema de abastecimiento. La norma de la (SENAGUA, 2016b) conoce a estos valores como: “*Variaciones de consumo*”

3.1.5.1. Caudal medio (Q_m)

Remplazando los valores obtenidos de la proyección de población y de la dotación en la ecuación 3 se obtiene:

$$Q_m = 1.2 * \frac{1375.039 * 160}{86400}$$

$$Q_m = 3.055 \text{ lt/s}$$

3.1.5.2. Caudal máximo diario (Q_{MD})

Al sustituir los valores en la ecuación 4, se puede obtener el resultado:

$$Q_{MD} = 1.25 * 3.055$$

$$Q_{MD} = 3.819 \text{ lt/s}$$

3.1.5.3. Caudal máximo horario (Q_{MH})

Al sustituir los valores en la ecuación 5, se obtiene:

$$Q_{MH} = 3 * 3.055$$

$$Q_{MH} = 9.166 \text{ lt/s}$$

En el Anexo 3.1.5 se pueden encontrar los valores obtenidos para el caudal medio, el caudal máximo diario y el caudal máximo horario calculados para cada uno de los años de proyección.

3.2. DATOS DE PROYECTO

A continuación, se presenta un cuadro de resumen con los datos del diseño del sistema de abastecimiento:

DATOS PARA PREFACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE QUIMZHI - GUALACEO		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
<i>Periodo de diseño</i>	25	Años
<i>Población Actual (P_a)</i>	1006	Habitantes
<i>Población futura (P_f) (método exponencial)</i>	1375	Habitantes
<i>Tasa de crecimiento</i>	1.25	%
<i>Nivel de servicio</i>	IIb	----
<i>Dotación</i>	160	lt/hab/día
<i>Porcentaje de fugas (f)</i>	20	%
<i>Número de predios</i>	206	Usuarios
<i>Caudal medio (Q_m)</i>	3.055	lt/s
<i>Caudal máximo diario (Q_{MD})</i>	3.819	lt/s
<i>Caudal máximo horario (Q_{MH})</i>	9.166	lt/s

Tabla 21 Datos para el diseño del sistema de abastecimiento

Fuente: Autor

3.3. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA FUENTE

El río San Francisco está ubicado en el cantón Gualaceo, provincia del Azuay con un área aproximada de 80 km². Esta zona es considerada una microcuenca según los estándares del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, ya que su área es menor a 100 km². Por consiguiente, el río San Francisco es uno de los principales afluentes al río Santa Bárbara, ocupando un territorio de más del 91% del Cantón Gualaceo en la parroquia de Remigio Crespo Toral (Gulag), y el porcentaje restante pertenece al cantón de Chordeleg (Zhicay Lombaida, 2020).

Para el análisis correspondiente a la calidad de agua de la fuente se tomaron 2 muestras simples en el sitio de captación (Figura 6), la primera muestra fue tomada el día 7 de septiembre de 2022 y la segunda muestra se tomó el día 11 de octubre del 2022, mes y medio posterior a la primera muestra. Los ensayos de laboratorio correspondientes fueron realizados con el mismo tiempo de diferencia, es decir una vez que han sido tomadas las muestras y transportadas hacia el laboratorio para su análisis.



Figura 6 Ubicación de la captación en el río San Francisco

Fuente: Autor

El total de cada muestra fue de 12 litros para los análisis de laboratorio, en el cual se realizaron análisis físicos y químicos con todos los protocolos de precaución, almacenamiento y transporte. El laboratorio entregó un informe con los resultados de las muestras lo que nos permite posteriormente elegir el tratamiento adecuado para la potabilización. A continuación, en la Tabla 22 se muestra un resumen con los resultados importantes que han sido obtenidos.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO SAN FRANCISCO				Estudio realizado en el año 2012 por la JAAP
Parámetros	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra (Marzo/2012)
<i>Color aparente</i>	U.C.	19	8	133
<i>Turbiedad</i>	U.N.T.	4,40	2,04	38
<i>pH</i>	-----	7,21	7,14	6.84
<i>Sólid. Suspend.</i>	mg/L	5	2	8
<i>Sólid. disueltos tot.</i>	mg/L	7,05	2,55	518
<i>Dureza</i>	mg/L	17,14	85,70	15.84
<i>Sulfatos</i>	mg/L	12	15	----

Tabla 22 Principales resultados de Análisis de calidad de agua de la fuente
Fuente: Autor

Los resultados reflejan que el tipo de agua es apta según los parámetros físicos expuestos en la Tabla 2 y 3, para que una vez realizado el tratamiento de potabilización del agua la misma sea apta para el consumo. Cabe recalcar que los meses en los que fueron tomadas las muestras son meses de verano, por lo cual, la calidad de agua, la turbiedad y su color aparente tiene valores bajos que pueden aumentar en invierno. La Junta de Agua de Quimzhi cuenta con análisis realizados anteriormente, los mismos que ayudaran a decidir los tratamientos necesarios para la potabilización del agua.

El informe completo del análisis de muestras de la fuente mencionado anteriormente, así como el análisis de años anteriores proporcionado por la Junta de Agua Potable de Quimzhi se lo puede revisar en el Anexo 3.4.



Figura 7 Almacenamiento y transporte de muestras de agua cruda de la fuente
Fuente: Autor

3.4. DISEÑO DE CAPTACIÓN Y DESARENADOR

3.4.1. Captación

El caudal necesario de captación para el funcionamiento del sistema de abastecimiento viene dado por la ecuación 6 descrita en el Capítulo II.

Remplazando valores se tiene:

$$Q_{cap} = 1.2 * 3.819$$

$$Q_{cap} = 4.583 \text{ l/s}$$

El sistema actual cuenta con una captación lateral construida hace 10 años y sus condiciones tanto físicas como estructurales están en buen estado, por lo que, en efecto es apta su reutilización, además que su diseño actual abastece el caudal reflejado en el estudio de prefactibilidad. Posteriormente se calculará el diseño de la rejilla que permita el ingreso de dicho caudal.

La estructura actual tiene las siguientes medidas:

MEDIDAS DE LA CAPTACIÓN	
Alto	1m
Ancho	0.8m
Largo	0.8m

Tabla 23 Medidas de estructura de captación
Fuente: Autor

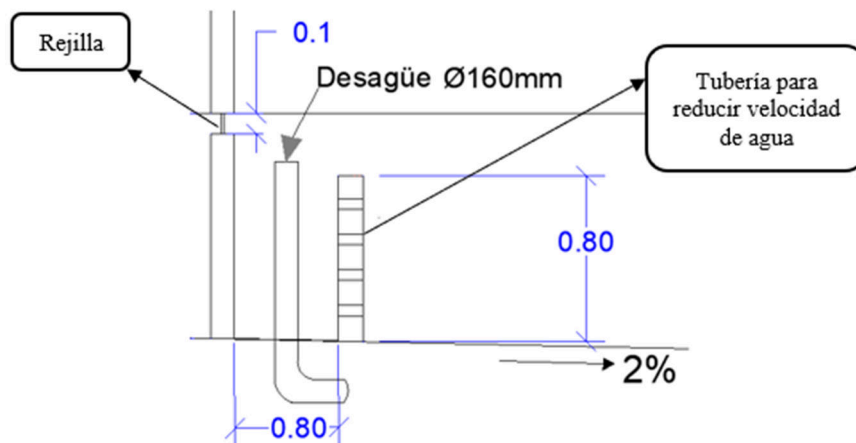


Figura 8 Estructura de la Captación del sistema de abastecimiento
Fuente: Autor

3.4.1.1. Rejilla de captación

El dimensionamiento de la rejilla se proporciona a través de la aplicación de la ecuación 7. Con el apoyo del software Excel se realizará iteraciones hasta que los valores de "hr" coincida con los valores de "hr*". Para dicho propósito se inicia el proceso con el valor de "hr" igual a cero y el valor de "hr*" es determinado por la ecuación 7. Las iteraciones finalizarán una vez que los valores de "hr" y "hr*" sean iguales como se observa en la última fila de la Tabla 24.

En la cuarta iteración coincide el valor de “hr” con “hr*”, quedando así definido el valor de la pérdida en la rejilla y el valor de la base de la rejilla en la columna denominada “**B**” igual a 0.185m. El valor de la altura de rejilla queda a consideración del diseñador en este caso se tomó un valor de 0.1m.

hr	b	n	n redon	B	v	hr*
0	0.105	4.249	4	0.153	0.392	0.016
0.016	0.136	5.817	6	0.208	0.288	0.008
0.008	0.119	4.948	5	0.179	0.335	0.011
0.011	0.125	5.251	5	0.185	0.324	0.011

Tabla 24 Dimensionamiento de rejilla y cálculo de pérdidas en rejilla de captación
Fuente: Autor

Rejilla

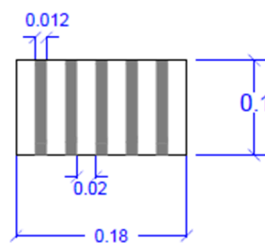


Figura 9 Diseño de Rejilla
Fuente: Autor

Sin embargo, en el Anexo 3.3.1. se puede revisar las tablas que determinaron las medidas del diseño de rejilla y el cálculo de pérdidas.

3.4.2. Desarenador

En el actual desarenador se realizó el cálculo con los elementos existentes, tomando en cuenta el requerimiento del caudal de captación. La decisión de reutilizar esta estructura de captación y desarenador se presenta debido a que los deslizamientos del cerro Ingamullo han sido en gran parte controlados y el material que afectaba a esta estructura y a la línea de conducción ya no provocaría daños posteriores.

A continuación, se presenta un esquema del diseño de la captación y del desarenador:

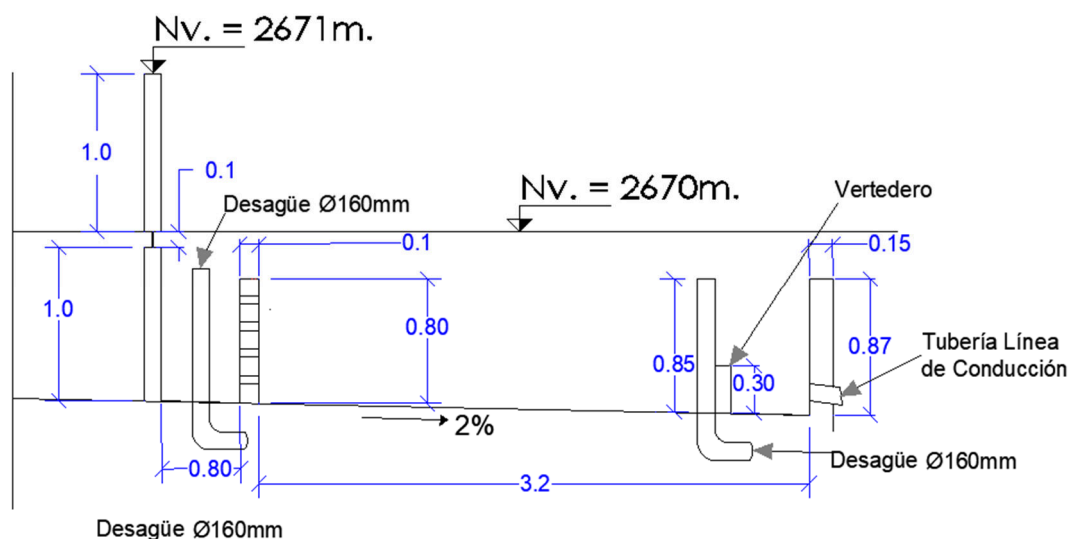


Figura 10 Vista en corte lateral de captación y desarenador
Fuente: Autor

Los planos completos correspondientes al diseño de captación y desarenador se encuentran en el Anexo 3.3.1. conjuntamente con los cálculos realizados.

Como dato para comprobación, se determinó el alcance del agua que fluye a través de la pantalla con agujeros, el cálculo se realizó mediante la ecuación de Bernoulli (Ecuación 17), en la que determinó que la máxima longitud que alcanza el agua que atraviesa dichos agujeros no sobrepasa el vertedero donde se acumula los sedimentos en el desarenador.

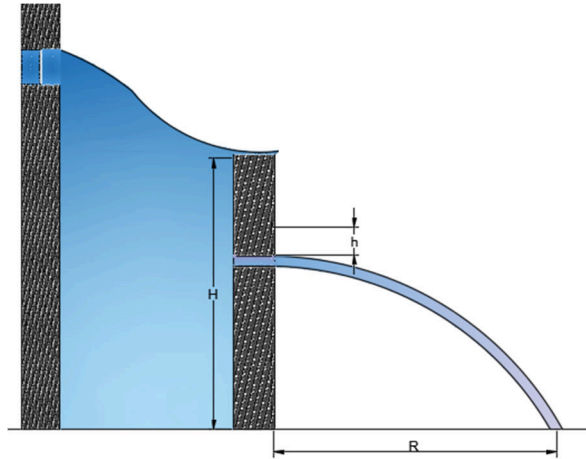


Figura 11 Longitud de alcance del agua que atraviesa los agujeros
Fuente: Autor

$$R = 2\sqrt{h(H - h)}; (\text{ecuación 20})$$

Donde:

R = Longitud máxima de alcance (m)

h = altura desde el agujero hasta el espejo de agua (m)

H = altura desde el fondo de la captación hasta el agujero (m)

$$R = 2\sqrt{0.12(0.8 - 0.12)}$$

$$R = 0.57\text{m}$$

Queda comprobado que el agua que atraviesa los agujeros nunca sobrepasará el vertedero de acumulación de sedimentos dado que la longitud del desarenador es de 3.2m

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO

4.1. LÍNEA DE CONDUCCIÓN

El diseño de la línea de conducción es mediante sifón que conecta desde la captación hasta el sistema de tratamiento. La colocación de dispositivos como válvulas de purga en las zonas más bajas y válvulas de aire en las zonas más altas, estará sujeta a la evaluación de la topografía que se obtendrá después de llevar a cabo el levantamiento topográfico.

Por consiguiente, se presenta a continuación un procesos importante para el realizar el diseño.

4.1.1. Levantamiento topográfico

En el estudio de prefactibilidad se necesitará que se realice el levantamiento topográfico en zonas de interés donde se diseñará e implementará algunos elementos del sistema como:

- Captación
- Puntos relevantes de la línea de conducción
- Punto más bajo de la conducción (sifón)
- Planta de tratamiento de agua

Previo a la ejecución del levantamiento topográfico, se llevó a cabo una inspección en compañía de los directivos de la Junta de Agua Potable de Quimzhi, así como algunos de sus usuarios para reconocer la zona, de acuerdo a los requerimientos de topografía para el diseño del sifón, se determinó que se realice el levantamiento con GPS diferencial para tomar información en los puntos de detalle más relevantes como el punto más bajo que resulta ser el de máxima carga hidráulica, datos requeridos para un diseño seguro con respecto a utilizar materiales de tubería adecuados para soportar determinada presión.

Una vez obtenido los puntos del levantamiento se realizó la corrección diferencial de la información tomada, mediante el software “*GPS Pathfinder office*” (Anexo 4.1.1) que se encarga de realizar el ajuste de dichos datos y entregar un nuevo resultado con un error máximo de 0.5m. Lo que dicho software realiza es la corrección entre la información levantada en campo y la compara con información satelital de alta calidad que maneja, al ser un software de pago la información con la que realiza la corrección es de satélites de alta precisión propios del programa y no los que maneja el Instituto Geográfico Militar (IGM), obteniendo de esta manera el error máximo mencionado anteriormente. Cabe mencionar que el proceso de corrección se lo debe realizar dentro de las 24 horas siguientes al levantamiento de la información, para que los datos con los que compara el software sean precisos. Además, con el “track” levantado en campo, se cotejo con información existente en sistemas de información geográficos de buena calidad y se generaron curvas de nivel, que sirvió luego para obtener la vista en planta (Figura 13) y el perfil del terreno (Figura 14) por donde se desarrollaría la nueva conducción, lo cual es el principal interés de los usuarios.

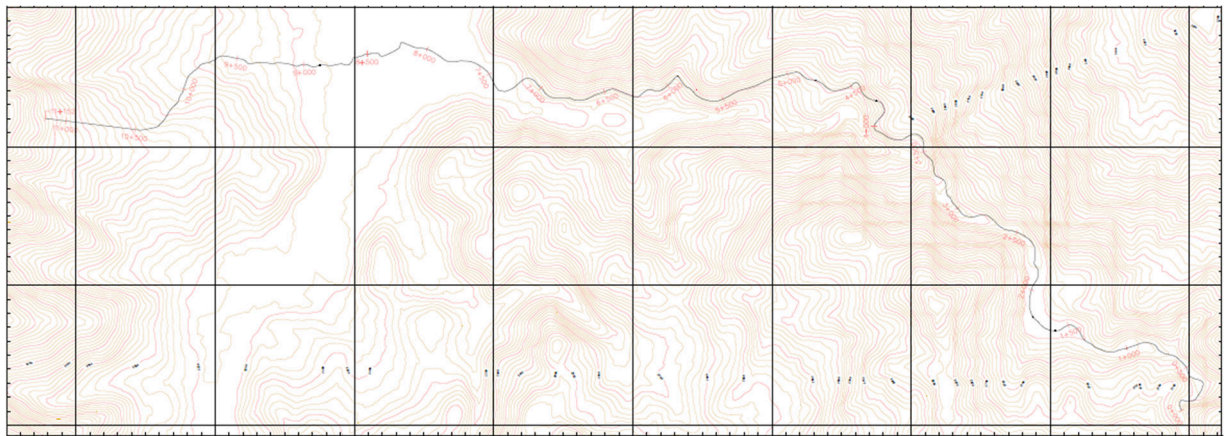


Figura 12 Vista en planta de levantamiento topográfico de la línea de conducción
Fuente: Autor

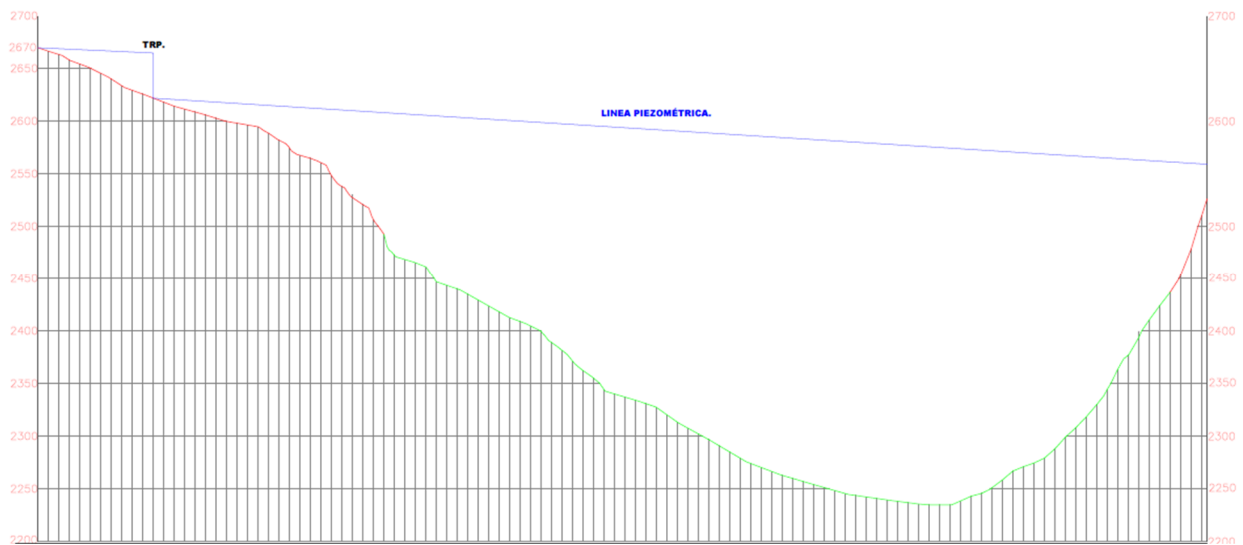


Figura 13 Perfil de terreno de la línea de conducción
Fuente: Autor

Los planos correspondientes a los perfiles en planta y de terreno se adjunta en el anexo 4.1.1.

4.1.2. Diseño de Sistema de Conducción

El tipo de conducción que se eligió es por gravedad, dadas las condiciones topográficas que permiten realizarlo de esta manera. Los parámetros que se debe verificar al momento de realizar el diseño de la línea de conducción son: presión, pérdidas, velocidad, caudal, diámetros y tipo de tubería (Collaguazo & Salinas, 2019).

4.1.2.1. Caudal de diseño

Una vez obtenido el valor del caudal medio diario (Tabla 21), reemplazamos los valores en la Ecuación 11, obteniendo el siguiente resultado:

$$Qd = 1.1 * 3.819$$

$$Qd = 4.16 \text{ lt/s}$$

Debido a la longitud de la línea de conducción y la experiencia que tienen los usuarios con la misma, se ha solicitado aumentar el caudal de conducción a 5 lt/s, esto debido a las pérdidas de agua que se tiene por fugas en las conexiones además de la pérdida por accesorios y por fricción como expone la línea

piezométrica en los planos correspondientes. La conducción al tener alrededor de 14km tiene varios accesorios que presentan pérdidas de caudal como uniones de Hierro Galvanizado (Gibault) que debido al flujo y la fuerza del río provoca que se aflojen y presenten “goteo” causando la pérdida de caudal que se conduce a la planta de tratamiento. La solicitud de aumento de caudal se deja a consideración de las instituciones pertinentes, mientras tanto, el diseño de prefactibilidad ha sido realizado con 4.2 lt/s, calculado tal como indica la norma.

4.1.3. Formulación para pérdidas en tubería

4.1.3.1. Pérdidas Unitarias

Las pérdidas unitarias calculadas en la línea de conducción son calculadas mediante la ecuación 14, sus resultados se pueden observar en la Tabla 27 o de manera completa en todo el sistema en el Anexo 4.1.3.1

4.1.3.2. Pérdidas localizadas o en accesorios

Una vez realizados los cálculos aplicando la ecuación 15 para pérdidas en accesorios, se obtuvo valor igual a 2.5m, como factor de seguridad de estas pérdidas el resultado obtenido se duplicará. Resultados en el Anexo 4.3.1.2.

4.1.4. Tipo de tubería

Actualmente la línea de conducción conformada por un sifón combina dos tipos de tubería, desde el punto de partida (captación) de la conducción está construido con tubo PVC con una longitud de 4.9 km y el tramo restante tiene tubería de hierro galvanizado cédula 40 con una longitud de 9.16 km. El diseño actual propone de igual forma ocupar estos dos tipos de tubería, verificando las presiones de diseño, reflejando hasta cierta longitud tubo PVC que tenga la capacidad de soportar la presión que va a ejercer el flujo de agua y en los tramos donde la presión es mayor a la permitida por el fabricante de tubos de PVC se ocupara tubos de hierro galvanizado, de esta forma se quiere abaratar costos con la combinación de estas tuberías disponibles en la comunidad.

- Tubería PVC

Los datos para este tipo de tubería se tomaron del catálogo de la empresa “Plastigama”, donde nos indica los siguientes valores para tubería de diámetro de 110mm:

Diámetro Comercial	Diámetro Útil	Espesor	Presión		
(mm)	(mm)	(mm)	MPa	PSI (lb/pulg ²)	Kgf/cm ²
110	99.6	5.2	1.25	181	12.75

Tabla 25 Especificaciones Técnicas de tubo de PVC de 110mm de diámetro

Fuente: (Plastigama, 2009)

- Tubería Hierro Galvanizado Cédula 40

Para las especificaciones de este tipo de tubería nos basamos en el catálogo de la empresa guayaquileña “Tuval” que maneja calidad y norma ISO. Las especificaciones del tubo de 110mm se muestran a continuación en la Tabla 26.

Diámetro Comercial	Diámetro Útil	Espesor	Presión			Peso
(mm)	(mm)	(mm)	MPa	PSI (lb/pulg ²)	Kgf/cm ²	Kg/m
114.3	107.1	3.6	4.82	700	49.2	10.8

Tabla 26 Especificaciones Técnicas de tubo de Hierro Galvanizado de 110mm de diámetro

Fuente: (Tuval, 2018)

Cabe mencionar que los usuarios cuentan con una gran cantidad de tubería ya adquirida de Hierro Galvanizado de 4 pulgadas, así como tubos de PVC de 110 mm, por lo que, insisten en colocar esta tubería, que por su puesto ayudaría mucho para no incurrir en gastos innecesarios.

4.1.5. Cálculo hidráulico de línea de conducción

Para llevar a cabo el cálculo hidráulico de la línea de conducción se empleó el software de cálculo Excel, en la cual se ingresaron datos como cotas iniciales y finales de tramos con su respectiva longitud, los datos están discretizados cada 100m, además, los datos de tubería correspondiente a cada tramo y las fórmulas que se han indicado para pérdidas (ecuación 14-15), velocidad (ecuación 12) y presión (ecuación 13). En la Tabla 27 se puede identificar los resultados de ciertos tramos de importancia en la línea de conducción, además, se realizó la comprobación de los resultados en el Software EPANET (Figura 14). En el Anexo 4.1.5. se muestra la tabla completa del cálculo hidráulico, con datos discretizados de abscisas cada 100 metros, en la misma se indica los valores calculados y características propias de cada tramo.

TRAMO #	COTAS (m)		ABSCISAS (m)		LON. TUB. (m)	TIPO DE TUBERIA	C	D (mm)	D. Int. (mm)	Hf (m)	V (m/s)	v ² /2g	P(m.c.a)	P(MPa)
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL										
0	2670	2670	0+000	0+000										
1	2670	2666.7	0+000	1+000	104.66	PVC	140	110	99.6	0.49	0.642	0.02	2.8	0.027
10	2629.6	2625.9	0+900	1+000	106.37	PVC	140	110	99.6	0.49	0.642	0.02	38.923	0.382
TANQUE ROMPE PRESIÓN													0	0
33	2506.8	2492.8	3+200	3+300	173.32	PVC	140	110	99.6	0.81	0.642	0.02	120.101	1.179
34	2492.88	2472.9	3+300	3+400	230.55	HG	110	110	107.1	1.18	0.555	0.01	138.846	1.363
86	2235.1	2235	8+500	8+600	100	HG	110	110	107.1	0.51	0.555	0.01	346.633	3.403
107	2410.8	2424.2	10+600	10+700	167.56	HG	110	110	107.1	0.86	0.555	0.01	142.064	1.395
108	2424.2	2437.1	10+700	10+800	163.34	PVC	140	110	99.6	0.76	0.642	0.02	128.378	1.25
112	2510.5	2536.5	11+100	11+152	168.06	PVC	140	110	99.6	0.78	0.642	0.02	24.436	0.24

Tabla 27 Cálculo Hidráulico de la línea de conducción
Fuente: Autor

La columna del tramo 1 que se muestra en la Tabla 27 indica los resultados para dicho tramo, desde la abscisa 0+00 que es la salida de captación e inicio de la conducción hasta la abscisa 0+100, en el tramo 10 se puede observar el valor de presión con la que llega hasta el TRP, su diseño se muestra en el Anexo 4.1.5.

El TRP está ubicado en la cota 2625, que luego de realizar los cálculos en Excel y comprobaciones en el software EPANET, permite desde esta cota llegar a la cota de la planta de tratamiento, ejerciendo una presión ejercida por gravedad suficiente para el normal funcionamiento del sistema de tratamiento.

Los tramos 33-34 indican el cambio de tubería de PVC a hierro galvanizado, como se puede observar en la celda correspondiente al valor de la presión del tramo 34, en la que se obtiene un valor de 1.363MPa que excede la presión permisible en tubería de PVC.

El tramo 86 corresponde a la llegada de la tubería a la parte más baja de la conducción, lugar donde se forma el sifón y la conducción comienza su camino de subida a la planta de tratamiento. Es el punto de mayor carga hidráulica que se presenta en la línea de conducción.

Los tramos 107-108 muestran nuevamente el cambio de tubería de hierro galvanizado a PVC en donde la presión disminuye para estar en el rango permitido de presión en tubería de PVC.

El tramo 112 es el último tramo para llegar al sistema de tratamiento, la misma que mantiene una presión y carga de energía óptima para el funcionamiento de elementos del sistema.

La extensión o longitud final de la línea de conducción es de 14080.58 metros (14.08km) desde su inicio en el punto de captación hasta su llegada en la planta de tratamiento de agua potable.

Se compararon los valores obtenidos en la hoja de cálculo con la simulación realizada en el software EPANET (Tabla 28). Los datos como cotas y longitudes fueron tomados del levantamiento topográfico, los diámetros se tomaron del catálogos correspondientes a las tuberías.

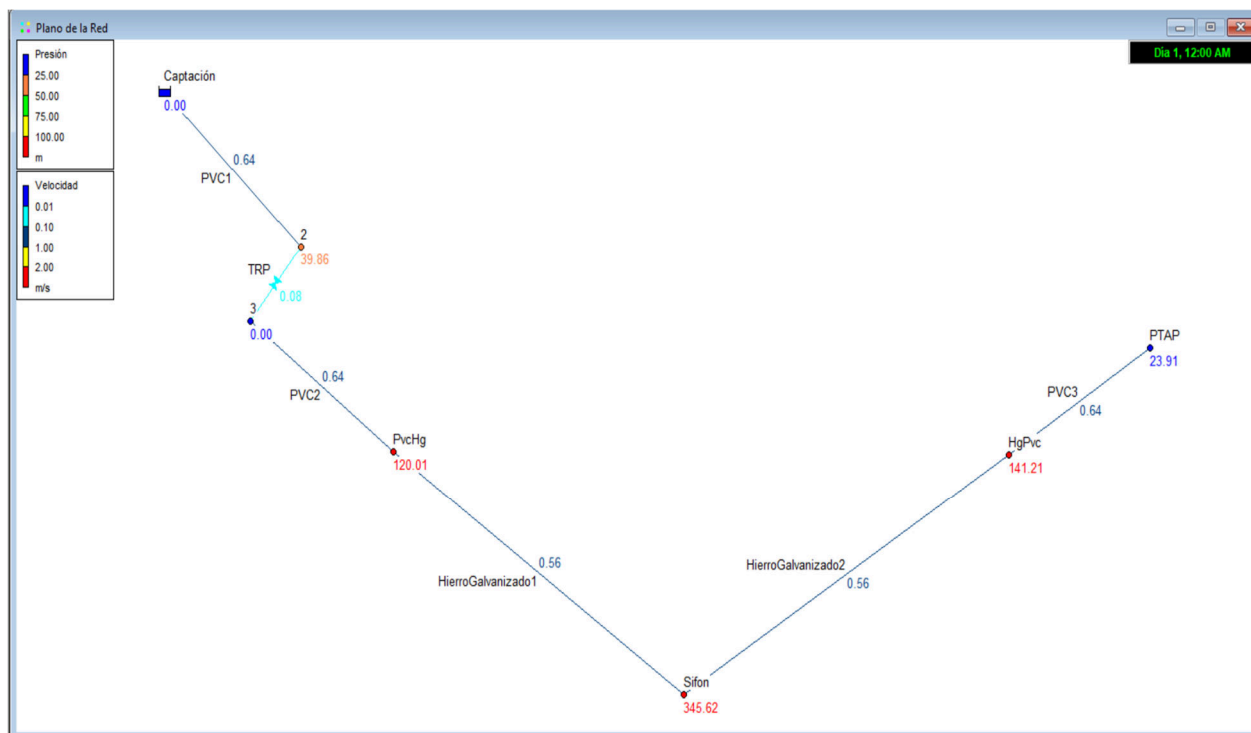


Figura 14 Simulación de la línea de conducción en EPANET

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos mediante la hoja de cálculo y el programa EPANET tienen relación. El rango de inequidad se da por el número de decimales que maneja el programa. Concluyendo con la comprobación de los resultados de la línea de conducción.

	<i>Nodo</i>	<i>EPANET</i>	<i>Hoja de cálculo</i>
<i>Presión (MPa)</i>	TRP	39.86	38.92
	PVC – Hg Galvanizado	120.01	120.1
	Sifón	345.62	346.63
	Hg Galvanizado - PVC	141.21	142.06
	PTAP	23.91	24.43

Tabla 28 Comparación de resultados de Presión en la línea de conducción

Fuente: Autor

A continuación, se muestra resultados de los informes brindados por el programa EPANET.

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 2	2625	0.00	2664.86	39.86
Conexión 3	2625	0.00	2625.00	0.00
Conexión PvcHg	2492	0.00	2612.01	120.01
Conexión Sifón	2235	0.00	2580.62	345.62
Conexión HgPvc	2424	0.00	2565.21	141.21
Conexión PTAP	2536	5.00	2559.91	23.91
Embalse Captación	2670	-5.00	2670.00	0.00

Figura 15 Resultados en los nodos en la línea de conducción
Fuente: Autor

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción
Tubería PVC1	1094.4	99.6	5.00	0.64	4.69	0.022
Tubería PVC2	2768.11	99.6	5.00	0.64	4.69	0.022
Tubería HierroGalvanizado1	6096.58	107.1	5.00	0.56	5.15	0.035
Tubería HierroGalvanizado2	2993	107.1	5.00	0.56	5.15	0.035
Tubería PVC3	1128.51	99.6	5.00	0.64	4.69	0.022
Válvula TRP	No Disponible	110	5.00	0.53	39.86	0.000

Figura 16 Resultados en las tuberías de la línea de conducción
Fuente: Autor

4.1.6. Diseño de anclaje en Sifón

4.1.6.1. Cálculo de empuje

Aplicando la ecuación 16 indicada en el capítulo II se obtiene los resultados indicados en la Tabla 29 que se presenta a continuación:

ETIQUETA	DETALLE	VALOR	UNIDAD
γ	Densidad del Agua	1000	kg/m ³
P_t	Presión máxima	360.35	mca
D	Diámetro tubo	107.1	mm
A	Sección Tubo	0.00901	m ²
\emptyset	Angulo del codo	90	°
$Sen(\emptyset/2)$	Seno de ángulo de codo/2	0.7071	-
E	Empuje total	4591.03	kgf

Tabla 29 Valores de variables para obtener la fuerza de empuje
Fuente: Autor

El valor de presión máxima se determinó de acuerdo a la hoja de cálculo realizada en el diseño de la línea de conducción (Anexo 4.1.5.).

El empuje total que va a tener el sistema en la parte del sifón es de 4591.03kgf, por este motivo se cree conveniente realizar un anclaje de hormigón que ayude a soportar esta fuerza y no exista daños por vibraciones o sacudones en la tubería.

4.1.6.2. Cálculo de resistencia de anclaje

Mediante la aplicación de la ecuación 17 se obtiene los siguientes resultados:

RESISTENCIA PREVISTA			
<i>L1</i>	<i>Lado 1 Anclaje</i>	0.80	m
<i>L2</i>	<i>Lado 2 Anclaje</i>	0.80	m
<i>H</i>	<i>Altura Anclaje</i>	0.25	m
<i>A</i>	<i>Superficie de anclaje</i>	0.64	m ²
<i>Va</i>	<i>Volumen de anclaje</i>	0.16	m ³
<i>P</i>	<i>Peso de anclaje</i>	384	kg
ϕ	<i>Angulo de rozamiento terreno</i>	30	°
<i>tan(φ)</i>	<i>tangente de ángulo</i>	0.58	-
<i>Rp</i>	<i>Resistencia peso de hormigón</i>	221.70	kg
<i>C</i>	<i>Capacidad portante de suelo</i>	0.8	kg/cm ²
		8000	kg/m ²
<i>Rt</i>	<i>Resistencia de terreno</i>	5120	kg

Tabla 30 Valores para obtener la resistencia prevista de anclaje

Fuente: Autor

Los valores correspondientes a los lados y altura del anclaje quedan a consideración del diseñador, el peso del anclaje se calculó considerando el peso específico del hormigón igual a 2400 kg/m³, el ángulo de rozamiento de terreno es igual a 30° para suelos de terreno natural conformados por arenas y una capacidad portante de 0.8 kg/cm² por ser un suelo blando o flojo al ubicarse en un depósito aluvial.

4.1.6.3. Verificación de condición de cumplimiento

$$R_p + R_t \geq 1,1 * E ; (\text{ecuación 21})$$

Reemplazando los valores obtenidos en la Tabla 28 y Tabla 29 se obtiene:

$$5341.7kgf \geq 5050.13kgf; \quad \text{CUMPLE}$$



Figura 17 Imagen referencial de anclaje de hormigón en un codo

Fuente: www.interempresas.net

4.2. DISEÑO DE PTAP CON FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FiME) DE ACUERDO A LA CALIDAD DE AGUA DE LA FUENTE

Los resultados obtenidos en la Tabla 22 del Capítulo III de los ensayos realizados sobre las muestras de agua nos permiten identificar los procesos necesarios para potabilizar el agua. En Ecuador los organismos responsables de la dotación de agua potable en zonas suburbanas o rurales son GAD Cantonal o la Prefectura, los cuales no cuentan con los suficientes recursos para cubrir estos gastos de sistemas de potabilización. En consecuencia las propias comunidades de dichas zonas, tienen sistemas básicos mediante prefiltros, filtros lentos de arena y desinfección mediante cloro. Por lo tanto tienen que autofinanciarse sus proyectos y la aplicación de estos métodos les asegura la potabilización de agua y una inversión no muy costosa.

La Tabla 8 nos permite elegir los tipos de tratamiento que se van a aplicar, escogiendo de esta manera la **Filtración Lenta con Pretratamiento**, esto debido a que según análisis realizados en muestras de agua por parte de la Junta de Agua en meses de invierno (Anexo 3.4) el agua presenta una turbiedad de 38 NTU, obteniendo un promedio de 25NTU, mientras que la turbiedad en meses de verano disminuye considerablemente como se muestra en la Tabla 22.

La comunidad de Quimzhi al formar parte de la zona suburbana del cantón Gualaceo presenta un aumento en su población, por lo tanto, se establecerá que el sistema de potabilización estará conformado por dos prefiltros, dos filtros lentos de arena para garantizar el servicio permanente cuando uno de ellos esté en mantenimiento, caseta de cloración y un tanque de almacenamiento, los mismos que se detallan a continuación con su respectivo diseño.

4.2.1. Estructura de Entrada

La estructura de entrada se encargará de recibir el agua cruda transportada por la línea de conducción, la misma que como primer punto recibirá todo este caudal en una cámara principal o cajón recolector y a partir de esta se derivará por medio de vertederos a las cámaras de derivación de caudal hacia los prefiltros. A continuación, se presenta el procedimiento de su diseño:

- **Cajón recolector:**

$$V = b * l * h$$

Tiempo de retención en cajón recolector: $t=120\text{seg}$ (valor recomendado)

Volumen de cajón recolector:

$$V = Q_{T\text{rat}} * t$$

$$V = 0.0042 \text{ m}^3/\text{seg} * 120\text{seg}$$

$$V = 0.504 \text{ m}^3$$

Ancho de cajón recolector: $b= 0.90\text{m}$ (valor asumido por el diseñador)

Longitud de cajón recolector: $l= 0.80\text{m}$ (valor asumido por el diseñador)

Profundidad de cajón recolector:

$$h = \frac{V}{b * l}$$

$$h = 0.7 \text{ m}$$

Profundidad asumida de cajón recolector:

$$h = 0.7m + 0.3m \text{ (borde libre)}$$

$$h = 1m$$

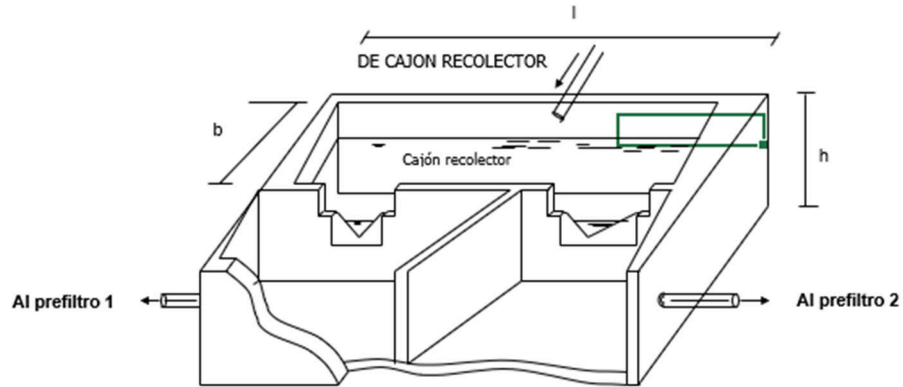


Figura 18 Cajón recolector de agua cruda
Fuente: (Salamanca, 2017)

- **Vertederos triangulares de aforo**

Carga sobre el vertedero de aforo:

$$h = \left(\frac{Qd}{1.40} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Caudal de diseño de un prefiltro:

$$Qd = 4.20 \text{ l/seg} ; 0.0042 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$h = \left(\frac{0.0042 \text{ m}^3/\text{seg}}{1.40} \right)^{\frac{2}{5}}$$

$$h = 9.79 \text{ cm}$$

Ancho de lámina de agua de vertedero:

$$b = 2 * h$$

$$b = 19.58 \text{ cm}$$

Altura de vertedero asumida:

$$H = 20 \text{ cm}$$

Ancho de vertedero:

$$B = 2 * H$$

$$B = 40 \text{ cm}$$

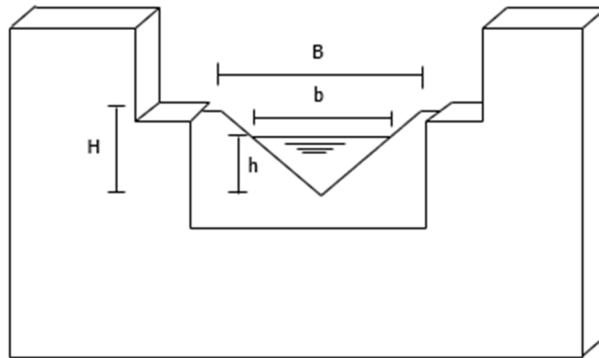


Figura 19 Vertedero triangular de aforo
Fuente: (Salamanca, 2017)

4.2.2. Prefiltro

Los prefiltros de flujo ascendente son más sencillos de mantener debido a que el lavado de las gravas se realiza con la extracción de las capas por separado y se lava en el tanque de lavado. El flujo ascendente es recomendado utilizar en agua con turbidez menores a 50 UT.

La tubería de ingreso al prefiltro se encuentra en el fondo de la unidad, la misma que se encarga de distribuir uniformemente a toda el área mediante tuberías secundarias en forma de espigas de pescado. A su vez la zona de filtración está compuesta por 3 capas de grava, comenzando desde la más gruesa a la más fina, la cual el agua atraviesa las zonas de filtración y es recogida por la tubería de salida en la parte superior.

En la parte del fondo del filtro se encuentra la zona de drenaje (Figura 20), se recomienda una pendiente del 12.5% para facilitar el deslizamiento del sedimento (Marrón, 1999). A continuación, se indica el diseño de los prefiltros:

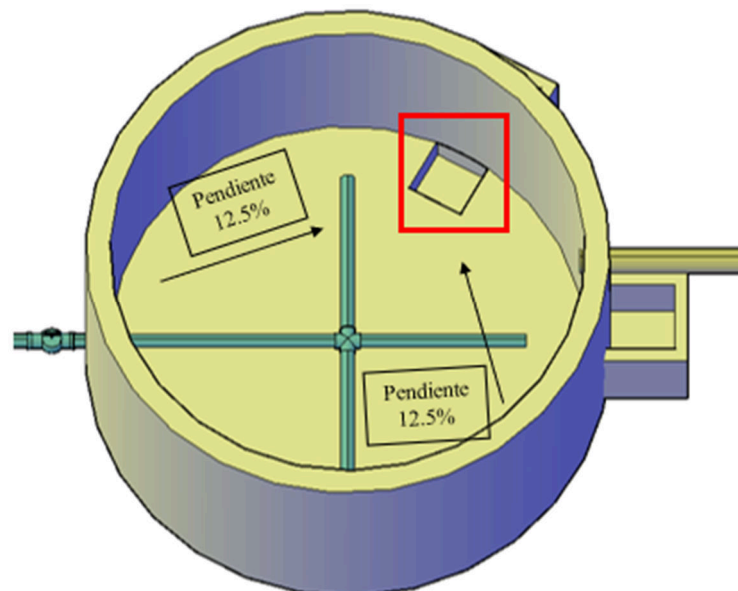


Figura 20 Zona de drenaje de prefiltro
Fuente: Autor

- **Caudal de diseño:**

$$Qd = 4.2 \text{ l/s}$$

$$Qd = 0.0042 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qd = 362.88 \text{ m}^3/\text{d}$$

- **Número de filtros:**

$$N = 0.044 * \sqrt{Qd}$$

$$N = 0.044 * \sqrt{362.88}$$

$$N = 0.84$$

- **Número de filtros aplicado:**

Por recomendación de la (Secretaría del Agua, 2011) se construirá 2 prefiltros.

- **Velocidad de filtración de prefiltro:**

El CEPIS recomienda un valor entre 0.1 y 0.6 m³/m² hora

$$Vf = 0.6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hora}$$

$$Vf = 0.6 \text{ m/hora}$$

$$Vf = 1.67 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

- **Área de cada filtro:**

$$As = \frac{Qd}{N * Vf}$$

$$As = \frac{0.0042}{2 * 1.67 \times 10^{-4}}$$

$$As = 12.6 \text{ m}^2$$

- **Diámetro de filtro:**

$$D = \sqrt{\frac{4 * As}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 12.6}{\pi}}$$

$$D = 4.01 \text{ m}$$

- **Diámetro de filtro asumido:**

$$Df = 4 \text{ m}$$

- **Gravas**

Las dimensiones de las capas de grava están diseñadas de acuerdo a las recomendaciones de la Norma CO 10.7 – 601, a continuación, en la tabla 30 se indica sus valores.

CAPA	PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO (mm)
1	0.1	15 – 25
2	0.2	10 – 15
3	0.5	5 - 10

Tabla 31 Características de grava para prefiltros verticales
Fuente: (Secretaría del Agua, 2011)

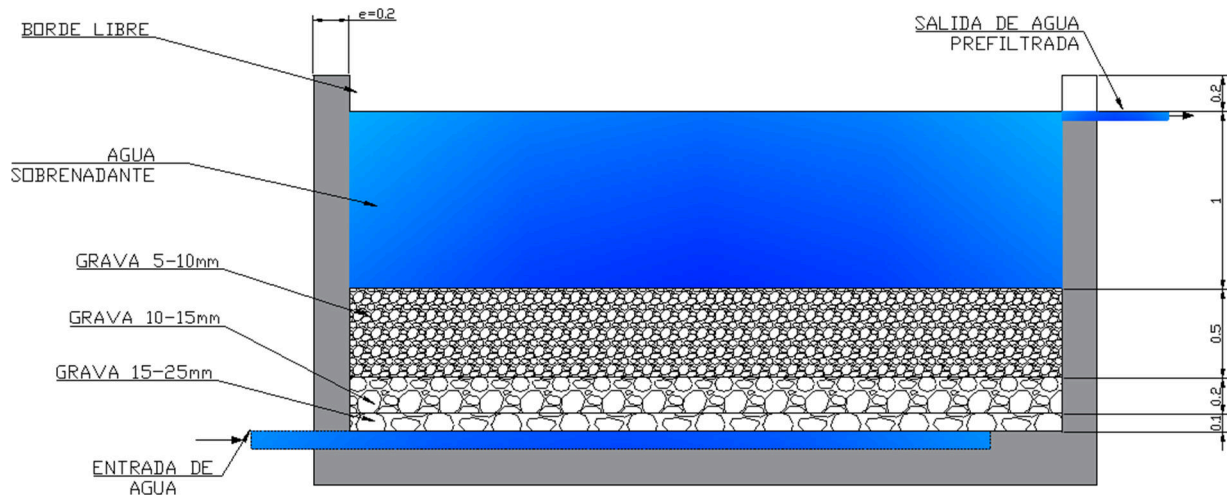


Figura 21 Diseño de Prefiltro
Fuente: Autor

- **Cálculo de pérdidas de carga en las gravas**

$$hg = \frac{Q * R^2}{4000 * d^{1.67} * L}$$

Donde:

hg = Pérdida de carga (pies)

d = Diámetro de gravas (pies)

Q = Caudal a filtrarse (pies³/seg)

R = Mitad de distancia entre laterales (pies)

L = Espesor de capa de grava (pies)

Primera capa

L = espesor de capa

$L = 0.5m$; 1.64pies

d = diámetro efectivo de grava

$d = 7.5mm$; 0.0246 pies

hg = Pérdida de carga

$$hg_1 = 0.1329 \text{ pies}$$

$$hg_1 = 4.053 \text{ cm}$$

Segunda capa

L = espesor de capa

$L = 0.2m$; 0.6562pies

$d = \text{diámetro efectivo de grava}$
 $d = 12.5\text{mm} ; 0.0410 \text{ pies}$

$hg = \text{Pérdida de carga}$

$$hg_2 = 0.1416 \text{ pies}$$

$$hg_2 = 4.317 \text{ cm}$$

Tercera capa

$L = \text{espesor de capa}$
 $L = 0.1\text{m} ; 0.3281 \text{ pies}$

$d = \text{diámetro efectivo de grava}$
 $d = 20\text{mm} ; 0.0656 \text{ pies}$

$hg = \text{Pérdida de carga}$

$$hg_3 = 0.1292 \text{ pies}$$

$$hg_3 = 3.939 \text{ cm}$$

Pérdida Total

$$hg = hg_1 + hg_2 + hg_3$$

$$hg = 4.053 + 4.317 + 3.939$$

$$hg = 12.31 \text{ cm}$$

- **Cálculo de tiempo de retención hidráulica**

$$TRH = \frac{V_{util}}{Q}$$

Donde:

$TRH = \text{Tiempo de retención hidráulica (seg)}$

$V_{util} = \text{Volumen útil de prefiltro (m3)}$

$Q = \text{Caudal de prefiltro (m3/seg)}$

TRH PREFILTRO		
DIAMETRO	4	m
ALTURA UTIL	1.8	m
AREA	12.5664	m ²
VOLUMEN UTIL	22.61952	m ³
CAUDAL	0.0042	m ³ /s
TRH	5385.6	s
	89.76	min

Tabla 32 Cálculo de Tiempo de Retención Hidráulico de Prefiltro

Fuente: Autor

4.2.3. Filtro Lento

La efectividad que posee en el retiro de partículas llegando a tener un 99% de reducción en bacterias o virus (NESC, 2009). A continuación, se detalla el proceso de diseño del FLA:

- **Caudal de diseño:**

$$Qd = 4.2 \text{ l/s}$$

$$Qd = 0.0042 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qd = 362.88 \text{ m}^3/\text{d}$$

- **Número de filtros:**

$$N = 0.044 * \sqrt{Qd}$$

$$N = 0.044 * \sqrt{362.88}$$

$$N = 0.84$$

- **Número de filtros aplicado:**

Por recomendación de la (Secretaría del Agua, 2011) se construirá 2 filtros.

- **Velocidad de filtración de filtro lento:**

El CEPIS recomienda un valor entre 0.1 y 0.3 m³/m² hora

$$Vf = 0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hora}$$

$$Vf = 0.3 \text{ m/hora}$$

$$Vf = 8.33 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

- **Área de cada filtro:**

$$As = \frac{Qd}{N * Vf}$$

$$As = \frac{0.0042}{2 * 1.67 \times 10^{-4}}$$

$$As = 25.2 \text{ m}^2$$

- **Diámetro de filtro:**

$$D = \sqrt{\frac{4 * As}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 12.6}{\pi}}$$

$$D = 5.66 \text{ m}$$

- **Diámetro de filtro asumido:**

$$D_f = 5.70 \text{ m}$$

- **Lecho filtrante**

Las dimensiones de las capas tanto de arena, gravas y agua sobrenadante fueron definidas de acuerdo a la tabla de especificaciones para lechos filtrantes de filtros lentos (Tabla 33), presentadas en la Norma CO 10.7 – 601 (Secretaría del Agua, 2011) y la tabla de criterios de diseño para filtros lentos (Tabla 34) del libro Purificación del Agua (Romero Rojas, 2000).

<i>Tamaño efectivo de la arena</i>	0.3 mm
<i>Coefficiente de uniformidad</i>	1.7 a 2
<i>Dureza</i>	7 (escala de Mohr)
<i>Solubilidad al HCl</i>	< 5%
<i>Espesor de la capa de arena</i>	0.7 a 1.1 m
<i>Tamaño de la grava</i>	4.76 a 1.59 mm
<i>Espesor de la capa de grava</i>	0.45 a 0.6 m

Tabla 33 Especificaciones para lechos filtrantes de filtros lentos

Fuente: (Secretaría del Agua, 2011)

<i>Velocidad de filtración</i>	2.4 – 4.8 m/d
<i>Área de filtro</i>	10 – 200 m ²
<i>Número de filtros</i>	>2
<i>Altura de capa de agua sobrenadante</i>	1 – 1.5 m
<i>Profundidad del medio filtrante</i>	1 – 1.4 m
<i>Medio filtrante, arena limpia</i>	TE = 0.15 – 0.35mm CU = 2 – 5; preferible <3
Lecho de soporte del filtro:	3 capas (0.3 – 0.4 m)
<i>Arena gruesa de 1 – 1.4 mm</i>	0.10 m
<i>Grava de 4 – 5.6 mm</i>	0.10 m
<i>Grava de 16 – 23 mm</i>	0.15m
Lecho de drenaje de tubos perforados:	
<i>Velocidad máxima en el principal</i>	0.3 m/s
<i>Velocidad máxima en los laterales</i>	0.3 m/s
<i>Espaciamiento de los laterales</i>	1 – 2 m
<i>Agujeros en los laterales, diámetro</i>	2 – 4 mm
<i>Espaciamiento entre agujeros en los laterales</i>	0.1 – 0.3 mm
<i>Capa de grava de 25 – 50 mm</i>	0.15 m

Tabla 34 Criterios de diseño para filtros lentos

Fuente: (Romero Rojas, 2000)

Los valores presentados en la Tabla 35 fueron seleccionados para el diseño del FLA:

<i>Capa</i>	<i>Espesor</i>
<i>Arena limpia 0.3 mm</i>	0.80 m
<i>Arena gruesa de 1 – 1.4 mm</i>	0.10 m
<i>Grava de 4 – 5.6 mm</i>	0.10 m
<i>Grava de 16 – 23 mm</i>	0.15m
<i>Agua sobrenadante</i>	1.0 m
<i>Borde libre</i>	0.3 m

Tabla 35 Datos para el diseño del Filtro Lento de Arena
Fuente: Autor

A continuación, se presenta el cálculo necesario para los agujeros del colector secundario del FLA:

DATO	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIONES
CALCULO DE COLECTOR PRINCIPAL FILTRO			
<i>Caudal</i>	4.20	l/s	Datos de diseño
	0.0042	m ³ /s	
<i>Diámetro nominal</i>	152.2	mm	Tubería d=160mm - 0,63 Mpa
	0.1522	m	
<i>Sección</i>	18193.665	mm ²	
	0.01819	m ²	
<i>Velocidad</i>	0.231	m/s	V=Q/A (V _{max} =0,30m/s) CUMPLE
CALCULO DE LATERALES COLECTOR DE FILTRO			
<i>Cantidad</i>	7	u	6 largos y 2 cortos (equivalentes a 1 largo)
<i>Caudal de lateral</i>	0.0006	m ³ /s	
<i>Diámetro nominal</i>	59.8	mm	Tubería d=63mm - 0,63 MPa
	0.0598	m	
<i>Sección</i>	2808.622	mm ²	
	0.00281	m ²	
<i>Velocidad</i>	0.214	m/s	V=Q/A (V _{max} =0,30m/s) CUMPLE
<i>Sección requerida</i>	18193.665	mm ²	CUMPLE
<i>Sección total</i>	19660.35271	mm ²	
CALCULO DE AGUJEROS DE LATERALES			
<i>Longitud Lateral</i>	2.50	m	
<i>Cantidad Laterales</i>	7	u	
<i>Longitud total</i>	17.5	m	
<i>Sección requerida</i>	19660.353	mm ²	Sección transversal de colector principal
<i>Diámetro de agujero</i>	4	mm	Recomendado entre 2 y 4 mm
<i>Area agujero</i>	12.5664	mm ²	
<i>Agujeros requeridos</i>	1565	u	
<i>Separación máxima</i>	11.18	mm	
<i>Separación máxima</i>	1.12	cm	

Tabla 36 Cálculo de agujeros para colector secundario de FLA
Fuente: Autor

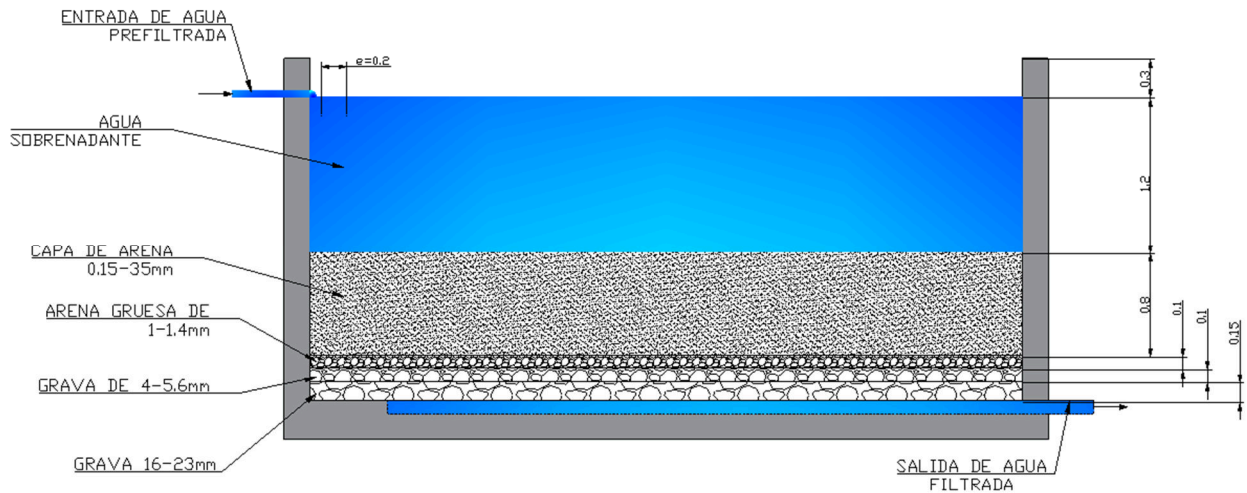


Figura 22 Diseño de Filtro Lento
Fuente: Autor

- **Cálculo de pérdidas de carga en las gravas**

$$h = 1,067 * C_D * \frac{1}{e^4} * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{g}$$

$$C_D = \frac{24}{N_{RE}} + \frac{3}{\sqrt{N_{RE}}} + 0.34$$

$$N_{RE} = \frac{\rho * v * d}{\mu} = \frac{vd}{\nu}$$

CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CARGA				
DETALLE	ETIQUETA	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIÓN
Profundidad de Lecho	L	0.70	m	Espesor de lecho
Densidad del agua	p	1000	kg/m ³	Dato
Velocidad de filtración	Vf	8.23E-05	m/s	Calculado
Diámetro característico de lecho filtrante	d	0.45	mm	Dato a elegir, se escoge el mayor diámetro debido a la calidad del agua cruda
		0.00045	m	
Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s ²	Dato
Viscosidad dinámica	μ	0.001	Pa.s	Dato a 20°C para agua
Viscosidad cinemática	ν	1.51E-05	m ² /s	Dato a 20°C para agua
Numero de Reynolds	NRE	3.70E-02	-	Calculado
Coefficiente de arrastre	CD	6.64E+02	-	Calculado
Porosidad de lecho	e	0.28	-	Dato
Pérdida de Carga	h	0.124	m	Calculado

Tabla 37 Cálculo de pérdidas de carga en filtro lento
Fuente: Autor

- **Cálculo de tiempo de retención hidráulica**

$$TRH = \frac{V_{util}}{Q}$$

Donde:

$TRH =$ Tiempo de retención hidráulica (seg)

$V_{util} =$ Volumen útil de prefiltro (m)

$Q =$ Caudal de prefiltro (m³/seg)

TRH DE FILTRO LENTO		
DIAMETRO	5.7	m
ALTURA UTIL	2.15	m
AREA	25.517646	m ²
VOLUMEN UTIL	54.8629389	m ³
CAUDAL	0.0042	m ³ /s
TRH	13062.60	s
	217.71	min

Tabla 38 Cálculo de Tiempo de Retención Hidráulica de Filtro Lento

Fuente: Autor

4.2.4. Desinfección

La comunidad de Quimzhi va a hacer uso del tratamiento de desinfección mediante hipoclorito de sodio mediante el producto L-90 (Figura 23) de la empresa Clorid. Este producto garantiza a la comunidad obtener un hipoclorito de sodio fresco, garantizando una capacidad de producción de hipoclorito de 90 litros por día, considerando una dosificación de 3ppm.



Figura 23 Equipo generador de Hipoclorito de Sodio L-90

Fuente: www.clorid.com

Clorid

Cliente:		<input style="width: 100%;" type="text"/>	
Nº Serie:	<input style="width: 50%;" type="text"/>	Año de Fabricación:	<input style="width: 50%;" type="text"/>
Producto:	<input style="width: 50%;" type="text"/>	AF.Nº:	<input style="width: 50%;" type="text"/>
F.D.N. Nº:	<input style="width: 50%;" type="text"/>	D.W.G. Ref:	<input style="width: 50%;" type="text"/>
TAG Nº:	<input style="width: 50%;" type="text"/>	TAG Cliente	<input style="width: 50%;" type="text"/>
Servicio	Generador de hipoclorito de sodio en situ		
Modelo:	Modelo Clorid L-90		
Capacidad:	1.125kg/día cloro	Cantidad	1
Concentración:	12,5 g/ litro	Paso	90 L
Temperatura Operación	25 ° C	Presión Máxima de operación	Bacheo
Tem. Máx..	45 ° C	Presión Proyecto	<input style="width: 50%;" type="text"/>
Temperatura Proyecto	50 ° c		
Peso Vacío	<input style="width: 50%;" type="text"/>	Peso Lleno	<input style="width: 50%;" type="text"/>

FUENTE DE ALIMENTACION

<p style="color: red; margin: 0;">Entrada</p> <p style="margin: 0;">110 V A C (monofasica)</p> <p style="margin: 0;">60 Amperios</p> <p style="margin: 0;">60 HZ</p>	<p style="color: red; margin: 0;">Salida</p> <p style="margin: 0;">5.2 V C V</p> <p style="margin: 0;">0 A 30 Amperios CC</p>
---	--

Figura 24 Ficha técnica de Clorid L-90
Fuente: www.clorid.com

El sistema para mezclar el agua filtrada con el hipoclorito de sodio es simple, en la caseta de cloración se ubicará el equipo generador del hipoclorito, el tanque de almacenamiento de la solución desinfectante y un bloque hueco de hormigón donde llegará el agua filtrada y se mezclará con el hipoclorito de sodio el mismo que caerá por goteo mediante una manguera según la calibración necesaria, para que la mezcla sea homogénea entre el agua filtrada y el hipoclorito de sodio, se instalará un mezclador estático de tubería horizontal de 110mm e irá colocado en la tubería de paso al tanque de almacenamiento para su distribución. En la Figura 25 se muestra los elementos que intervienen en la desinfección.

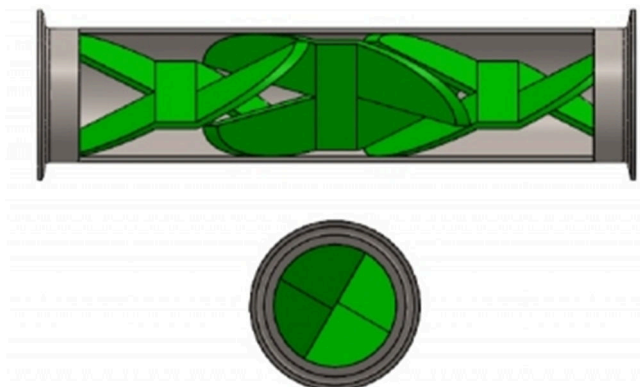


Figura 25 Mezclador estático horizontal
Fuente: Autor

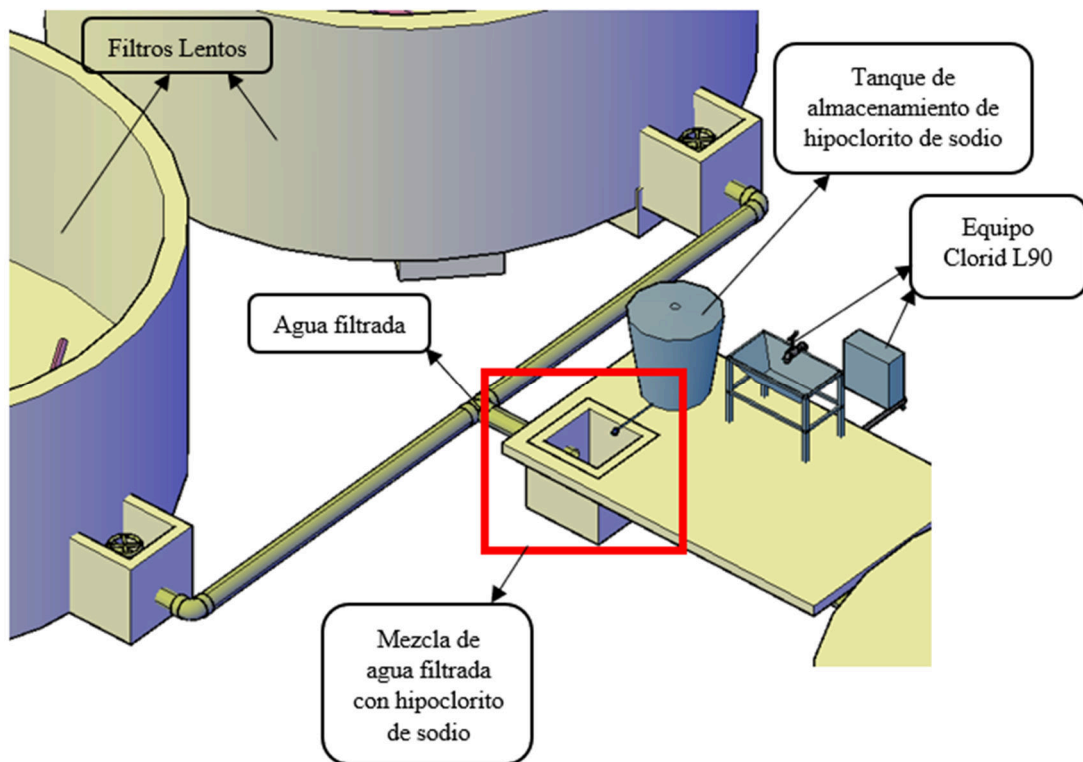


Figura 26 Sistema de Desinfección de Agua filtrada
Fuente: Autor

4.3. DISEÑO DE ALMACENAMIENTO

4.3.1. Cálculo de almacenamiento

La Junta Administradora de Agua no cuenta con un historial de consumos acumulados o consumo por horas que permita utilizar el método gráfico o analítico para determinar el volumen necesario de almacenamiento, por tal razón, la bibliografía de (Agüero Pittman, 2003) recomienda el uso de la ecuación 3 para la cual se requiere una capacidad de almacenamiento entre el 25 y 30% del consumo promedio anual ecuación 2. Obteniendo los siguientes resultados:

Datos:

Población Futura (Pf) = 1375 habitantes

Dotación = 160 lt/hab/día

Resultados:

$$Qa = 1375 \text{ hab} * 160 \text{ lt/hab/día}$$

$$Qa = 220000 \text{ lt}$$

$$Qa = 220 \text{ m}^3$$

Volumen de tanque de almacenamiento (Valm): consideramos el 25% de consumo

$$Valm = 220 * 0.25$$

$$Valm = 55 \text{ m}^3$$

Actualmente la planta potabilizadora cuenta con un tanque de almacenamiento de 50m³, en buenas condiciones para reutilizarlos apoyándonos en la norma CO 10.7 – 602 (Tabla 9) donde indica que para los tanques de almacenamiento la vida útil es de 30 a 40 años y el tanque existente tiene 22 años de construcción.

4.3.2. Análisis de diseño de tanque de almacenamiento con curva de consumo de una población similar a la de estudio

A continuación, se presenta una curva de consumo de una población similar a la población de estudio, los datos que se van a presentar pertenecen a una población rural de Manabí, la Tabla 39 muestra los datos de diseño de esta población.

DATOS		Unidades
PERIODO DE DISEÑO:	20	años
POBLACIÓN:	1200	Habitantes
r Crecimiento Población:	0.015	
DOTACIÓN:	150	l/hab/día
FACTOR DE FUGA	20%	

Tabla 39 Datos de diseño de población similar a la de estudio
Fuente: (Jiménez, 2022)

El tanque de almacenamiento de esta población similar presenta los siguientes valores de almacenamiento de agua según el dato de altura

Altura	Volumen				
	m	m3			
2.50	49.09	49087.39	1.55	30.43	30434.18
2.45	48.11	48105.64	1.50	29.45	29452.43
2.40	47.12	47123.89	1.45	28.47	28470.68
2.35	46.14	46142.14	1.40	27.49	27488.94
2.30	45.16	45160.39	1.35	26.51	26507.19
2.25	44.18	44178.65	1.30	25.53	25525.44
2.20	43.20	43196.90	0.75	14.73	14726.22
2.15	42.22	42215.15	0.70	13.74	13744.47
2.10	41.23	41233.40	0.65	12.76	12762.72
2.05	40.25	40251.66	0.60	11.78	11780.97
2.00	39.27	39269.91	0.55	10.80	10799.22
1.95	38.29	38288.16	0.50	9.82	9817.48
1.90	37.31	37306.41	0.45	8.84	8835.73
1.85	36.32	36324.67	0.40	7.85	7853.98
1.80	35.34	35342.92	0.35	6.87	6872.23
1.75	34.36	34361.17	0.30	5.89	5890.49
1.70	33.38	33379.42	0.25	4.91	4908.74
1.65	32.40	32397.67	0.20	3.93	3926.99
1.60	31.42	31415.93	0.15	2.95	2945.24
			0.10	1.96	1963.50
			0.05	0.98	981.75
			0.00	0.00	0.00

Tabla 40 Volumen de agua en tanque de almacenamiento según la altura
Fuente: (Jiménez, 2022)

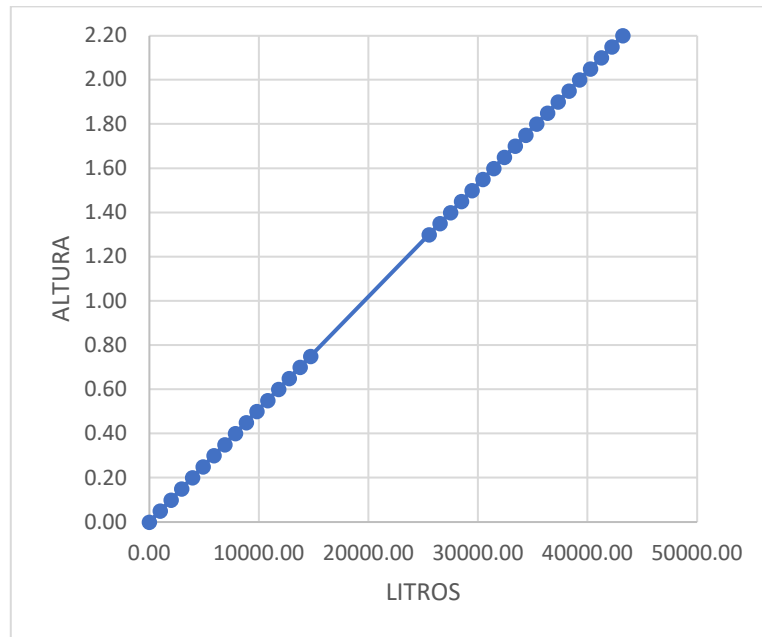


Figura 27 Gráfica Altura vs. Litros de agua almacenados
Fuente: (Jiménez, 2022)

Ahora se presenta los datos con los que se graficó la curva de consumo de dicha población, en la Tabla 41 se muestra los diferentes caudales de consumo de esta población en las 24 horas del día.

El caudal medio horario de esta población es igual a **7.50lts/ seg.**

HORA	CAUDAL	Coef.	CAUDAL
	lts/s		lts/hora
0:00	0.38	0.05	1350.00
1:00	0.45	0.06	1620.00
2:00	0.45	0.06	1620.00
3:00	0.53	0.07	1890.00
4:00	0.75	0.10	2700.00
5:00	0.90	0.12	3240.00
6:00	4.95	0.66	17820.00
7:00	5.85	0.78	21060.00
8:00	7.50	1.00	27000.00
9:00	5.55	0.74	19980.00
10:00	3.98	0.53	14310.00
11:00	4.50	0.60	16200.00
12:00	4.88	0.65	17550.00
13:00	5.33	0.71	19170.00
14:00	4.65	0.62	16740.00
15:00	3.30	0.44	11880.00
16:00	1.80	0.24	6480.00
17:00	2.25	0.30	8100.00
18:00	4.28	0.57	15390.00
19:00	5.33	0.71	19170.00
20:00	6.60	0.88	23760.00
21:00	4.43	0.59	15930.00
22:00	2.48	0.33	8910.00

HORA	CAUDAL	Coef.	CAUDAL
	lts/s		lts/hora
23:00	0.83	0.11	2970.00
0:00	0.4	0.05	1350.00

Tabla 41 Datos de consumo en 24 horas de una población similar a la de estudio
Fuente: (Jiménez, 2022)

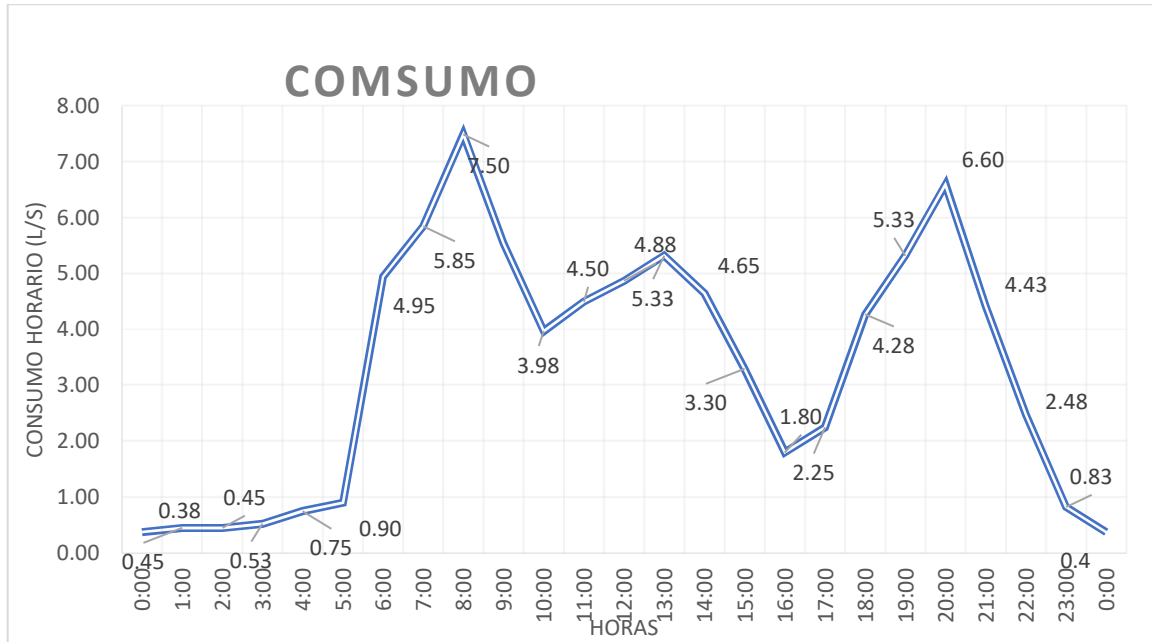


Figura 28 Gráfica de curva de consumo de población similar a la de estudio
Fuente: (Jiménez, 2022)

A continuación, se muestra el diseño del tanque del almacenamiento de la población analizada y utilizada como comparación de los resultados del diseño realizado.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO.			
Di	5	m	Diametro interno del tanque.
c	0.5		Coefficiente de orificio
di	99.2	mm	Diametro interior de la tubería
ai	0.00773	m ²	Area interna de la tubería

Tabla 42 Datos para diseño de tanque de almacenamiento de población similar
Fuente: (Jiménez, 2022)

H	v	Q	Q
m	m/s	m ³ /s	l/s
0.1	0.700	0.005	5.413
0.2	0.990	0.008	7.655
0.3	1.213	0.009	9.375
0.4	1.401	0.011	10.826
0.5	1.566	0.012	12.104
0.6	1.716	0.013	13.259
0.7	1.853	0.014	14.321
0.8	1.981	0.015	15.310
0.9	2.101	0.016	16.239
1	2.215	0.017	17.117
1.1	2.323	0.018	17.953

H	v	Q	Q
m	m/s	m³/s	l/s
1.2	2.426	0.019	18.751
1.3	2.525	0.020	19.517
1.4	2.620	0.020	20.253
1.5	2.712	0.021	20.964
1.6	2.801	0.022	21.652
1.7	2.888	0.022	22.318
1.8	2.971	0.023	22.965
1.9	3.053	0.024	23.594
2	3.132	0.024	24.207
2.1	3.209	0.025	24.805
2.2	3.285	0.025	25.389
2.3	3.359	0.026	25.960
2.4	3.431	0.027	26.518
2.5	3.502	0.027	27.065

Tabla 43 Cálculo de altura de tanque que cubra el caudal máximo de la población similar
Fuente: (Jiménez, 2022)

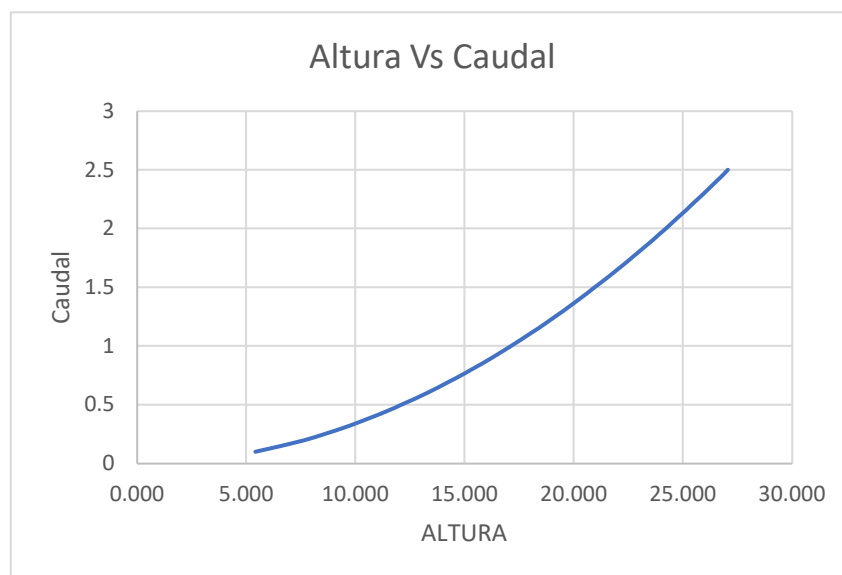


Figura 29 Gráfica Altura vs. Caudal
Fuente: (Jiménez, 2022)

El diseño del tanque de almacenamiento de dicha población utilizada como comparación tiene un diámetro de 5 metros y una altura de 2.5 metros, este tanque le permite almacenar 49.09 m³.

Finalmente, la Figura 30 presenta la planta de tratamiento que está en uso actualmente por la comunidad de Quimzhi la cual está compuesta por dos filtros lentos, un tanque de lavado de arena, caseta de cloración y su tanque de almacenamiento, mientras que en la Figura 31 se muestra un esquema de la propuesta de para la nueva planta potabilizadora de agua que se ha desarrollado a lo largo de este capítulo para el diseño de prefactibilidad del nuevo sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad de Quimzhi.



Figura 30 Planta de tratamiento actual de la comunidad de Quimzhi
Fuente: Autor

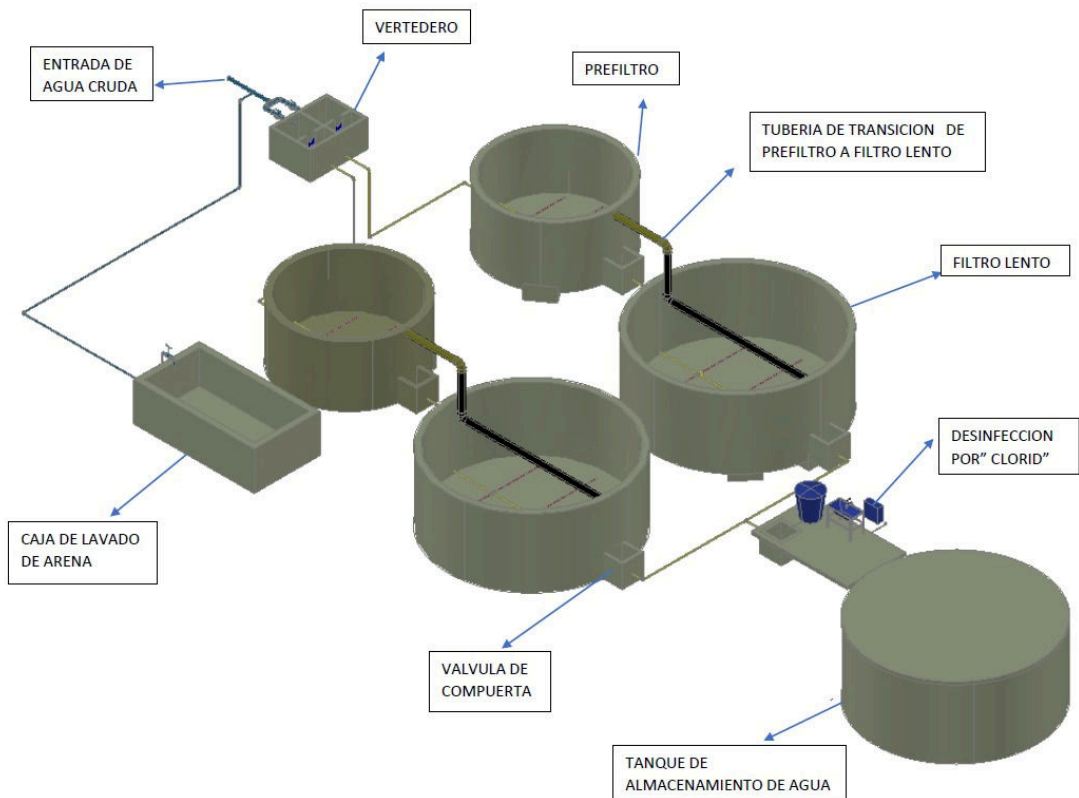


Figura 31 Propuesta de prefactibilidad del nuevo diseño de PTAP para la comunidad de Quimzhi
Fuente: Autor

Se adjunta en el Anexo 4.2 lo planos correspondientes a la planta potabilizadora de agua.

CAPITULO V

DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCION Y ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. RED DE DISTRIBUCIÓN

De la misma forma, en la red de distribución se recomienda instalar válvulas que admitan la desvinculación por sectores para mantenimiento o funcionamiento, con el fin de suspender el servicio por zonas y no totalmente. Su diseño puede desarrollarse o conformarse por ramales o mallas abiertas como se muestra en la Figura 32, o la combinación de estos dos métodos. El material permitido para tubería es: PVC, hierro dúctil, hierro galvanizado y asbesto-cemento; cada una con sus respectiva protección a la corrosión las tuberías que así lo requieran (SENAGUA, 2016b).

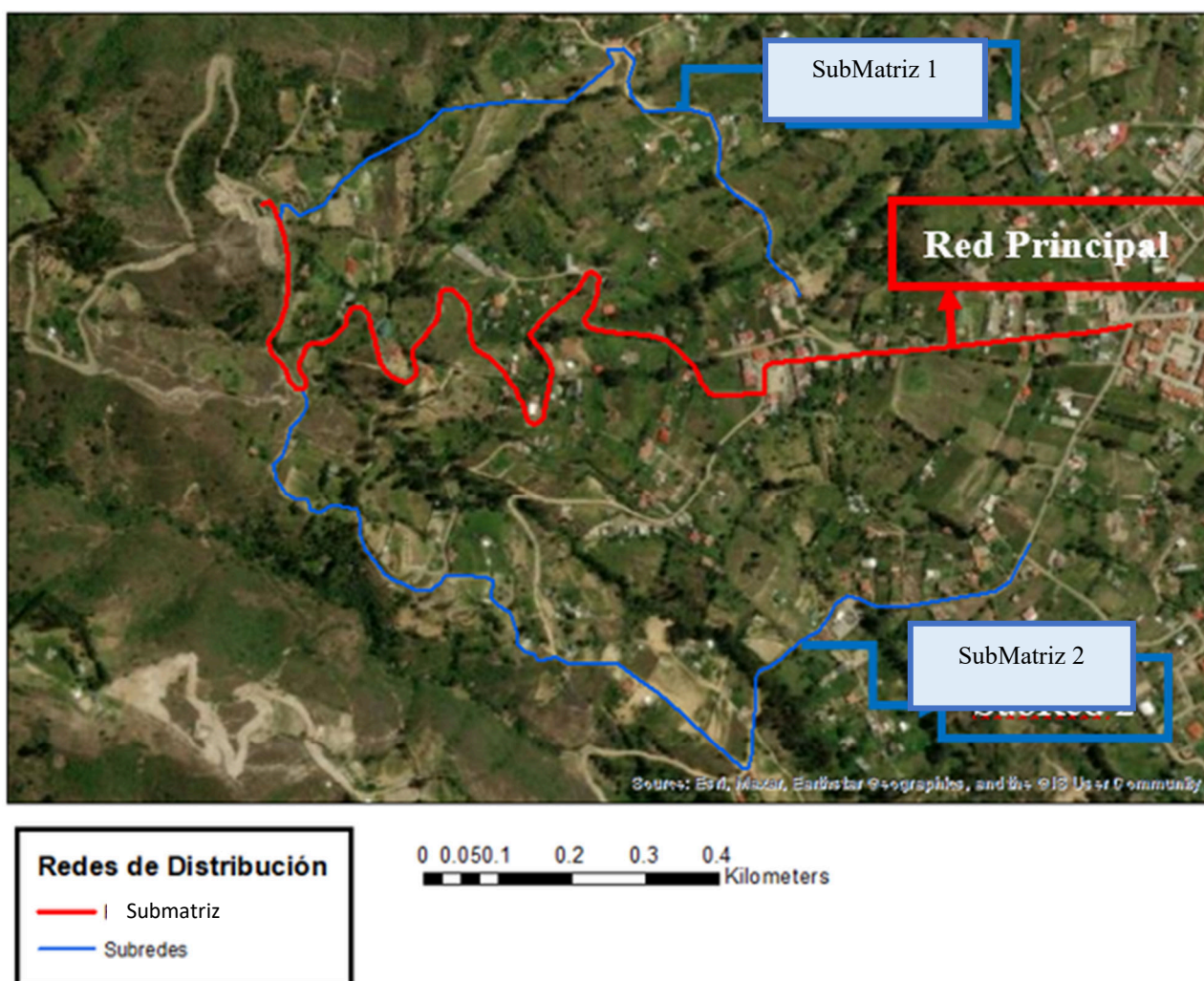


Figura 32 Redes de distribución del sistema de agua potable de la comunidad de Quimzhi
Fuente: Autor

La Figura 32 expone la ubicación de las redes de distribución; la red principal representada con color rojo nos indica su localización dentro de la comunidad. Al ser la red que conduce a más usuarios y se deriva a las submatrices, se la denomina como la red principal. Las submatrices están simbolizadas por el color azul, las cuales se las denominará como Submatriz 1 (superior) y Submatriz 2 (inferior) que conduzcan caudal para un número menor de usuarios.

La red principal como las submatrices cuentan con su válvula de control para independizar los ramales.

Para el presente diseño de distribución se utilizó tubos de PVC, en la Tabla 44 se puede observar las características de cada uno de los tubos utilizados. Los diámetros fueron escogidos con el objetivo de mejorar las condiciones hidráulicas necesarias que garanticen el buen funcionamiento del sistema respecto a las presiones máximas y mínimas de servicio y en un futuro sea posible absorber la capacidad necesaria de nuevas conexiones.

MATRIZ PRINCIPAL			
Longitud (m)	Material	Presión (MPa)	Diámetro comercial(mm)
1408	PVC	1	Ø90
280	PVC	1	Ø63
253	PVC	1	Ø50
SUBMATRIZ 1			
236	PVC	1	Ø50
52	PVC	1	Ø40
780	PVC	1	Ø32
175	PVC	1	Ø25
SUBMATRIZ 2			
103	PVC	1	Ø50
1395	PVC	1	Ø32

Tabla 44 Datos de tubería para red de distribución

Fuente: Autor

5.1.1. Catastro de los usuarios

La Junta Administradora de Agua de Quimzhi actualmente cuenta con 206 socios (usuarios), número que ha crecido con los años ya que al inicio se contaba con alrededor de 140 socios. Debido al aumento en la demanda de suministro de agua, la Junta de Agua Potable se encuentra en la necesidad de regular y evitar el mal uso del recurso hídrico, a través de medidores de agua que permitan llevar un control de gastos de agua en metros cúbicos y verificar si el uso de agua potable está dentro de lo normal.

La comunidad de Quimzhi tiene una extensión de 86 hectáreas, pero no todos los predios han hecho solicitud para contar con el servicio, siendo así, se puede observar en la Figura 33 los límites de la comunidad y los más de setecientos predios con los que cuenta, en la Figura 34 se ha realizado la depuración de predios llegando a obtener como resultado los sitios que poseen el derecho de agua pertinente para ejecutar el diseño de prefactibilidad de la red de distribución, los mismos que coinciden con el levantamiento de información realizado en campo.

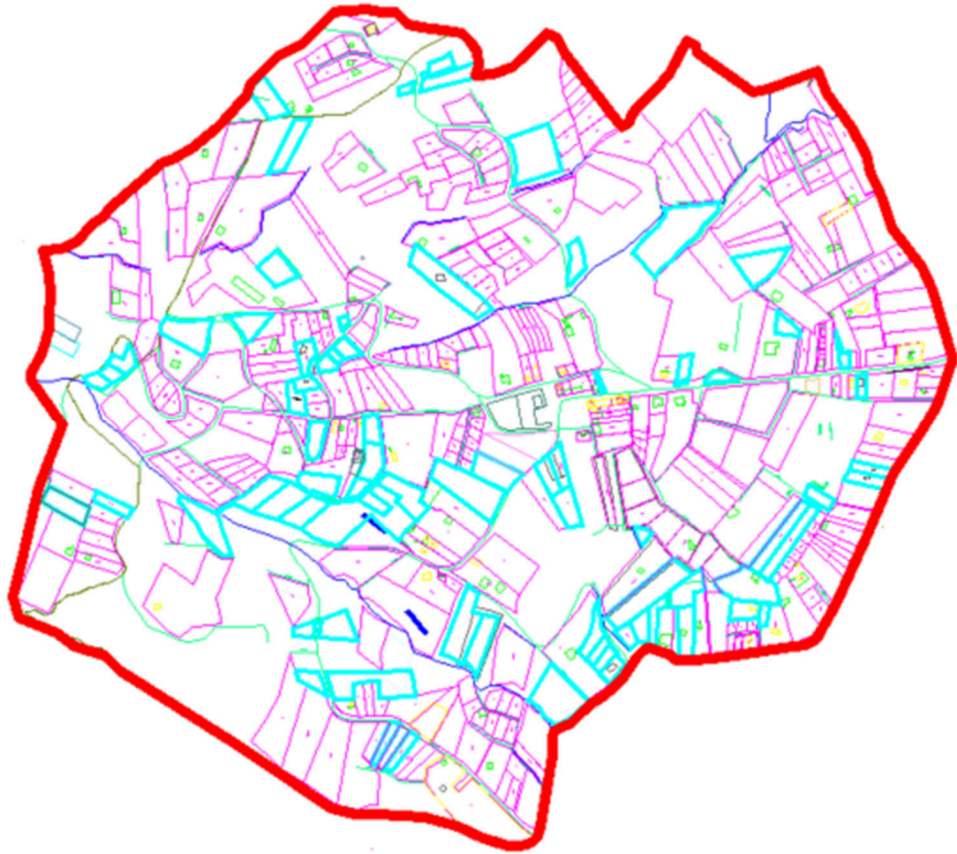


Figura 33 Catastros de la comunidad de Quimzhi
Fuente: Autor

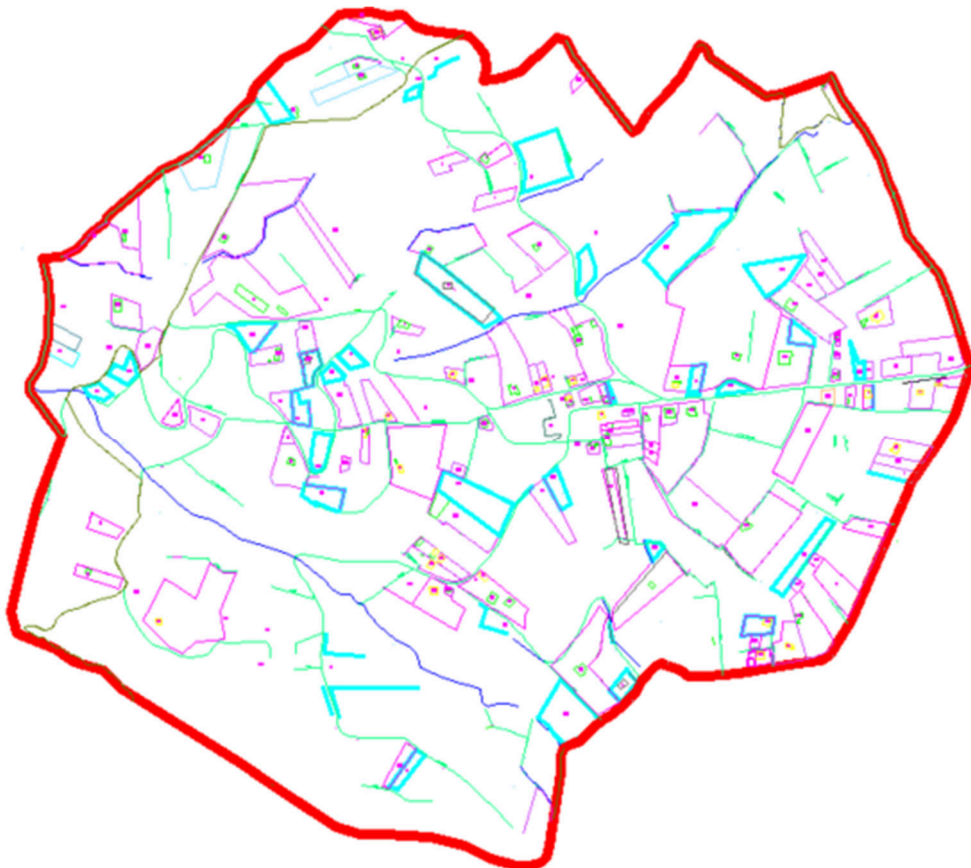


Figura 34 Catastro de usuarios del servicio de Agua Potable de Quimzhi
Fuente: Autor

5.2. DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Hay múltiples técnicas para asignar caudales a los nodos en el diseño de tuberías, por ejemplo: el método de áreas, repartición media, entre otros., como también entra en juego la probabilidad de simultaneidad y utilización de agua. En todos los casos existe un criterio lógico, en este caso, por ser una zona suburbana donde las casas de los usuarios se encuentran muy dispersas, se ha calculado el caudal en función del caudal máximo horario y la población a servir.

Una vez asignado caudales a nodos y cumpliendo la sumatoria de entradas y salidas para el diseño del sistema de distribución se utilizó el software EPANET. Para ello, inicialmente se realizó el cálculo de consumo por vivienda, tomando en cuenta que la mayoría de las viviendas cuentan con 5 miembros (Tabla 19) por casa obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{dotación } x \text{ habitante} = \frac{Q_{mh}}{\text{población}} ; (\text{ecuación 22})$$

$$\text{dotación } x \text{ habitante} = \frac{9.166 \text{ lts/seg}}{1006}$$

$$\text{dotación } x \text{ habitante} = 0.01 \text{ lts/seg/hab}$$

$$\text{dotación } x \text{ vivienda} = 0.01 \text{ lts/seg/hab} * 5 \text{ habitantes}$$

$$\text{dotación } x \text{ vivienda} = 0.05 \text{ lts/seg}$$

La topografía de la zona (Anexo 5.1.) nos permite que la totalidad el sistema de distribución funcione sin la necesidad de realizar bombeo. El empleo del software EPANET nos brinda la capacidad de poder controlar los valores de presiones, velocidades y diámetros de tubería, alcanzando a garantizar un diseño óptimo al mismo tiempo que permita abaratar costos.

5.2.1. Diseño de Red Principal

Debido a las condiciones de dispersión de las viviendas se consideró un sistema de distribución de malla abierta. A continuación, la Figura 35 presenta el diseño final de la red principal, el sistema se encuentra optimizado y el diseño de los ramales se lo realizó considerando todos los puntos de entrega de agua.

Se ha considerado un sistema de distribución de malla abierta debido a las condiciones de dispersión de las viviendas en el área de estudio. El diseño hidráulico de prefactibilidad de la red principal realizado en EPANET se presenta en la Figura 35, donde se ha optimizado el sistema. Asimismo, se ha llevado a cabo el diseño de los ramales teniendo en cuenta todos los puntos de entrega de agua en el zona de estudio.

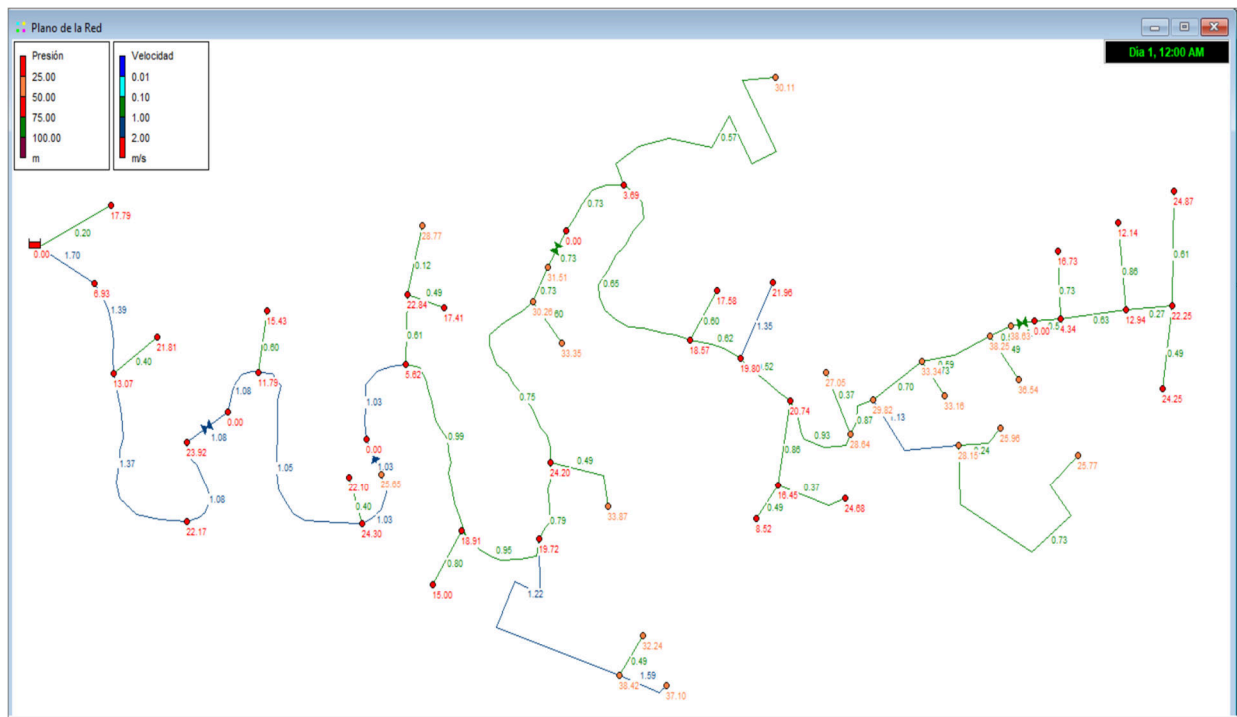


Figura 35 Diseño de red principal en EPANET
Fuente: Autor

El Anexo 5.2. presenta un gráfico más amplio del diseño.

La matriz principal del sistema de distribución se compone de cuatro tanques rompe presión, los cuales son útiles para regular la presión y se recomienda que se ubiquen a una distancia aproximada de 40 metros de desnivel entre sí. La información detallada sobre las coordenadas de cada uno de estos tanques se presenta en la Tabla 45. Además, se puede visualizar la ubicación exacta de cada uno de estos tanques en la Figura 36:

TANQUE ROMPE PRESIÓN		
Coordenada X	Coordenada Y	Cota
744815	9678965	2505
744983	9679019	2475
745185	9679081	2438
745595	9678994	2394

Tabla 45 Ubicación de TRPs de la red principal
Fuente: Autor

5.2.3. Diseño de SubMatriz 2

El diseño de la Submatriz 2, traslada caudal para aproximadamente 30 viviendas, la Figura 38 presenta el diseño de prefactibilidad de esta sub matriz, de igual forma se puede observar la imagen de forma más amplia en el Anexo 5.2.3 junto a los informes entregados por EPANET con los valores correspondientes a las tuberías y nodos.

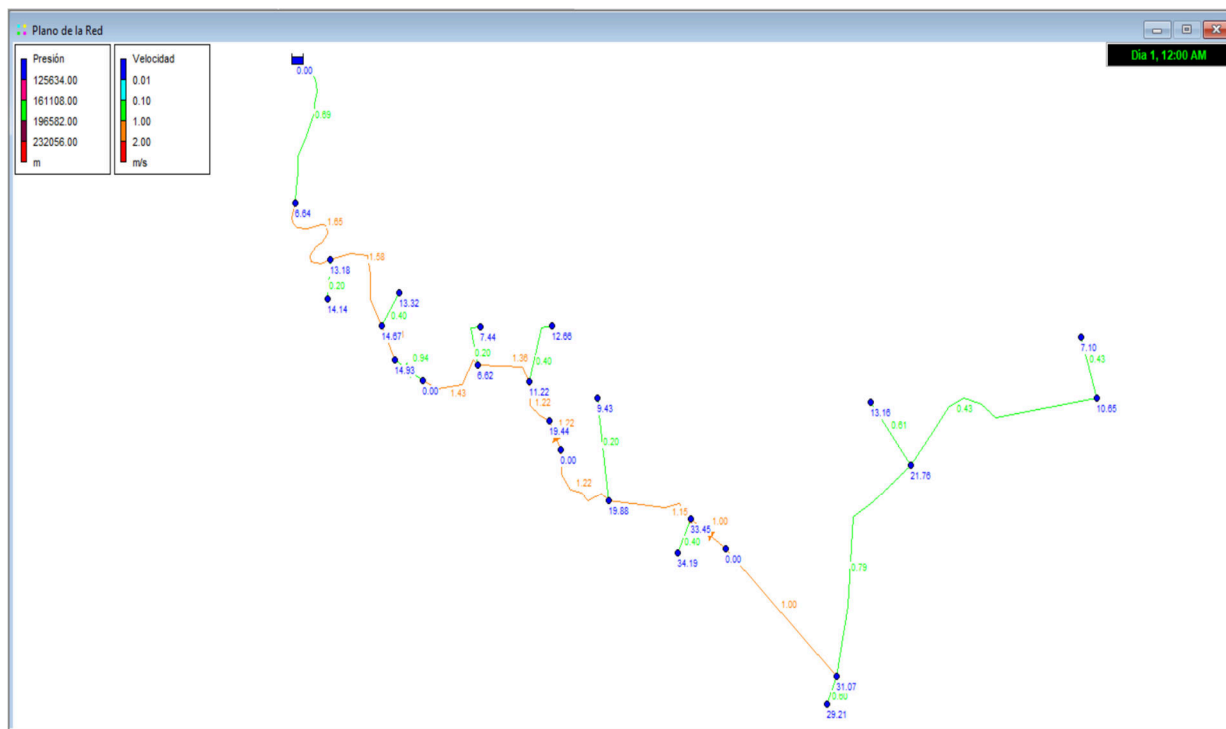


Figura 38 Diseños de Submatriz 1 en software EPANET
Fuente: Autor

5.3. PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCION

El presupuesto de construcción es un análisis o estudio del costo aproximado para construcción de la obra en estudio, una vez obtenido los diseños de prefactibilidad definitivos del sistema de abastecimiento se procede a realizar el cálculo de cantidades de obra por rubros necesarios para la construcción y el cálculo de presupuesto general de la obra, se utilizó la herramienta de hoja de cálculo Excel para llevar a cabo esta tarea y se consideró rubros de obra civil, acometidas domiciliarias e instalaciones hidrosanitarias. Se armó una base de datos con costos actualizados al mes de marzo del año 2023, la Tabla 45 presenta un resumen del presupuesto y en el Anexo 5.3. se puede revisar la tabla completa de presupuesto.

“PRESUPUESTO PARA EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE QUIMZHI”		
OBRA CIVIL \$ 40.617,51	Tanque para lavado de arena	\$ 1.645,57
	Prefiltros de grava ascendentes	\$10.811,49
	Filtros de arena descendentes	\$20.008,21
	Cajas de válvulas de tanques	\$1.790,09
	Cajas de paso drenaje	\$1.037,34
	Tanque rompe presión	\$4.215,05
	Captación	\$1.109,76

INSTALACIONES DE AGUA EN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO \$484.732,61	Línea de conducción	\$332.493,96
	Red de distribución	\$130.936,67
	Instalaciones en la planta de tratamiento	\$2.656,91
	Suministro e instalación de accesorios de red de agua potable	\$18.645,06
	TOTAL	\$525.350,12

Tabla 46 Resumen de presupuesto para la construcción de la obra
Fuente: Autor

5.4. SOCIALIZACION DEL PROYECTO

Se realizó la presentación del acuerdo entre la Universidad Católica de Cuenca a través de su Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción, el GAD Municipal del cantón Gualaceo y la Junta Administradora de Agua, la cual ha solicitado la ayuda de la academia para llevar a cabo un estudio de prefactibilidad sobre un nuevo sistema de suministro de agua potable. Debido a que el sistema actual no es suficiente para satisfacer las necesidades de la comunidad y el aumento de la población ha sido la razón principal por la cual los líderes de la Junta Administradora de Agua han buscado ayuda.

Posteriormente se definió el nombre del presente proyecto de grado como “Diseño del nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Quimzhi, cantón Gualaceo”.



Figura 39 Presentación del convenio para la realización de los estudios

Por consiguiente, se mantuvieron reuniones con la directiva de la Junta de Agua para solicitar información necesaria para iniciar con el estudio de prefactibilidad y definir fechas para realizar el censo poblacional y recorridos en la actual línea de conducción para constatar el estado de la misma y comenzar a definir la nueva línea de conducción y distribución.



Figura 40 Reuniones y recorridos con la directiva de la Junta de Agua de Quimzhi

El levantamiento de información para la elaboración del diseño de la línea de conducción se realizó en varios recorridos, atendiendo las necesidades y escuchando nuevas alternativas presentadas por gente de la zona. En algunas ocasiones se suspendieron los recorridos por el mal clima o por la creciente del río San Francisco que impedía el acceso a sus márgenes para realizar el levantamiento de información necesaria de la bajada de la línea de conducción en el sifón que se forma. Una vez obtenida esta información se realizó un análisis de las alternativas para la parte ascendente de la conducción, y conjuntamente con el presidente de la Junta de Agua el Sr. Roberto Matute, se definió la mejor opción procediendo a realizar el levantamiento de información necesario para el diseño de prefactibilidad de la línea de conducción.



Figura 41 Levantamiento de información para la línea de conducción

De la misma forma, se realizaban reuniones mensuales para poner en conocimiento de la directiva y de los usuarios los avances del estudio, así como solicitar información que se requería conforme iba avanzando el diseño del sistema. La comunidad siempre tuvo buena predisposición para brindar su apoyo en todo lo solicitado.



Figura 42 Reuniones para presentar avances del Diseño de abastecimiento

5.5. PLAN TARIFARIO

El plan tarifario nos permite calcular el precio por metro cúbico que los usuarios deben pagar para garantizar la sostenibilidad financiera del sistema de agua en términos de operación, mantenimiento y administración, así como futuras ampliaciones para nuevos usuarios. Se calculó considerando los valores correspondientes a:

- Sueldo mensual del operador de la planta de tratamiento.
- Costo mensual de los químicos que se debe adquirir para desinfección.
- Pagos de planillas eléctricas.
- Gastos varios en implementos para oficina.
- Compra de materiales y herramientas para mejoras, ampliaciones o reposición de accesorios en el sistema de abastecimiento.
- Otro valor importante que se consideró en el cálculo es el costo total del proyecto (Tabla 46), con el valor presupuestado se estableció el valor mensual de \$2189 que se dividirá para el caudal producido mensualmente y será pagado por los próximos 20 años. El valor obtenido se puede observar en la Tabla 48

Además, se presenta a continuación los activos con los que cuenta la Junta Administradora de Agua de Quimzhi en la siguiente tabla:

DESCRIPCION	CANTIDAD	MEDIDA	ESTADO
<i>Escritorio</i>	1		Mal Estado
<i>Computadora de Escritorio</i>	1		Excelente
<i>Archivador</i>	1		Excelente
<i>Sillas Plásticas</i>	40		Mal Estado
<i>Sillas Madera</i>	40		Mal Estado
<i>Tubos de PVC</i>	25	50mm	Excelente
<i>Tubos de PVC</i>	4	20mm	Excelente
<i>Tubos de PVC</i>	3	25mm	Excelente
<i>Tubos de PVC</i>	4	30mm	Excelente
<i>Tubos de PVC</i>	3	32mm	Excelente
<i>Tubos de Hg</i>	160	50mm	Regular
<i>Gibault</i>	15	50mm	Mal Estado
<i>Reducciones de PVC</i>	4	75mm a 50mm	Excelente
<i>Herramientas Varias</i>			Mal Estado
<i>Tubería de Hg</i>	85	110mm	Excelente
<i>Gibault</i>	85	110mm	Excelente
<i>Tubería de PVC</i>	170	110mm	Excelente

Tabla 47 Activos de la Junta Administradora de Agua Potable de Quimzhi
Fuente: Autores

PLAN TARIFARIO (usd)	
<i>Costo operación y mantenimiento</i>	\$ 988.39
<i>Costo proyecto a ser pagado en 20 años</i>	\$ 2189
<i>Costos indirectos (administrativos, trabajo social)</i>	\$296.52
<i>Costo total</i>	\$ 3473.91
<i>Caudal producido</i>	10886,40 m ³ /mes
<i>Costo total por m³ producido</i>	\$ 0.35

Tabla 48 Costo de metro cúbico de agua
Fuente: Autores

En el Anexo 5.5. se muestra el desglose de cada uno de los ítems del plan tarifario que se ha tomado en cuenta para determinar del costo del metro cúbico de agua potable.

5.6. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La operación en un sistema se refiere a las medidas o acciones externas que se llevan a cabo para garantizar el funcionamiento adecuado de sus componentes, en este caso la instalación. Es deber del personal técnico elaborar un manual y reglas de operación, el mismo que este dentro de las condiciones del personal que trabajará en la operación del sistema de abastecimiento de la comunidad, el cual está formado por varios componentes que convierten su operación en una acción compleja (Amoroso & Marín, 2017).

Los manuales de operación deben ser elaborados para cada elemento o equipo que conforma la planta potabilizadora, en la misma se indispensable indicar las obligaciones extras que se tiene que realizar por parte del operador pudiendo ser acciones como: limpieza de los elementos, mantenimiento de equipos y proporcionar los materiales necesarios para operar la planta con el objetivo de evitar interrupciones en su funcionamiento correcto. Se denomina mantenimiento a las acciones que se realiza en los equipos de manera interna, con el propósito de advertir daños en los mismos y realizar una correcta reparación o prevención, asegurando de esta manera que el sistema funcione de forma óptima (Amoroso & Marín, 2017). EL mantenimiento se lo puede dividir en dos clases:

- **Mantenimiento Preventivo:** Debe aplicarse a todos los componentes del sistema, con el propósito de evitar que se presente daños para lo cual se realiza un debido mantenimiento de forma semanal, quincenal o mensual según el funcionamiento del elemento incluso de acuerdo a la estación de invierno o verano.
- **Mantenimiento correctivo:** este tipo de mantenimiento se ejecuta sobre elementos que han sufrido daños y se lo debe realizar de manera inmediata, son daños que se producen en el momento menos esperado por lo que se tiene que contar con personal especializado para realizar estas reparaciones de forma inmediata.

En la planta potabilizadora el operador se encargará de realizar mediciones de caudales, suministrar al sistema de hipoclorito y verificar su correcta inyección en el sistema, además de un correcto aseo del medio en donde se sitúa la planta potabilizadora. El mantenimiento debe ser preventivo ya que ayudará a que los elementos tengan un mejor tiempo de vida útil, ya que se evitaría que realicen esfuerzos extras por algún daño.

El manual de operación y mantenimiento se puede observar en el Anexo 5.6.

5.7. ESPECIFICACIONES TECNICAS

Las especificaciones técnicas del proyecto se encuentran en el Anexo 5.7. y se han elaborado cumpliendo con los requisitos necesarios para garantizar el funcionamiento óptimo del diseño de prefactibilidad del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la comunidad de Quimzhi. Las especificaciones deben elaborarse de forma que se cumpla con las características que debe poseer el material su medición, formas de pago, y está obligadamente relacionado con cada uno de los rubros que son parte del presupuesto analizado.

CONCLUSIONES

El diseño de prefactibilidad del nuevo sistema de abastecimiento de agua para la comunidad de Quimzhi cubre las necesidades que hoy en día se presentan en la comunidad, tomando en cuenta variables como: población actual y futura, factor de crecimiento poblacional y dotación acorde a las necesidades del ser humano; todo esto regido a las normas ecuatorianas de construcción y calidad de agua que ayudan a un correcto diseño y su posterior funcionamiento.

La junta de agua de Quimzhi no cuenta con los diseños del sistema de abastecimiento actual, únicamente poseen su listado de socios y análisis de agua de la fuente que últimamente tampoco lo ha realizado, por lo cual, para el presente diseño se ha recopilado información necesaria como: levantamientos topográficos, censo poblacional, análisis de estructuras actuales del sistema, recorridos junto a directivos de la junta para definir la mejor alternativa de diseño.

El río San Francisco es la fuente de agua del sistema, este río es conocido por ser uno de los más cristalinos de la zona, adicionalmente la captación al estar ubicada en un punto alto de esta microcuenca en la que no existe mucha contaminación por agentes externos, permite obtener un agua cruda de “buena calidad” establecidos en las normas, posterior al análisis de laboratorio. Por consiguiente, para conocer el proceso óptimo de desinfección del agua, se estableció un tratamiento a través de prefiltros de grava que en época de invierno ayudará a reducir la turbidez del agua, filtros lentos de arena y sistema de desinfección aplicando hipoclorito de sodio mediante el equipo Clorid L-90, este diseño se realizó tomando como una referencia y dato importante la turbiedad del agua cruda analizada y comparada con la norma, la cual nos reflejó un resultado promedio de 25 NTU mientras la norma recomienda para este valor un proceso de tratamiento igual al diseñado.

Para realizar y garantizar el presente diseño de prefactibilidad se ha utilizado software de diseño como CivilCAD, software de información geográfica ArcGIS, software para corrección de levantamiento topográfico GPS Pathfinder office, software diseño hidráulico EPANET y AutoCADPlant para la elaboración de los elementos que conforman la planta de tratamiento de agua potable. Estas herramientas han permitido obtener como resultado un diseño optimizado colocando las tuberías de 110mm de HG y PVC a lo largo de su diseño. La tubería de HG se utilizó en los tramos de mayor presión cubriendo una longitud de 9.25 kilómetros descendentes y ascendentes, a su vez la tubería de PVC cubrió una longitud restante de 4.8 kilómetros, los mismos que a su vez garantizan a la comunidad la calidad del agua que van a consumir o hacer uso en sus hogares.

Para la ejecución del proyecto la Junta de Agua y la comunidad a más del aporte económico que ellos pueden realizar buscan el apoyo de entidades públicas, por tal motivo se realizó un presupuesto referencial de la obra en el mismo que se ha tomado en cuenta importantes gastos como: tubería, accesorios, obra civil, arriendos, mantenimiento, operación, entre otros. La comunidad está dispuesta a dar su aporte con la mano de obra mediante mingas que les representaría un ahorro, lo cual debería ser cuantificado al momento

de realizar convenios con instituciones que brinden su apoyo. Dada la evaluación previamente analizada, el costo por m³ de agua sería de 0.35 ctvs. A comparación del actual costo del plan tarifado de 0.40ctvs. por m³ de agua, que no es 100% potable y tiene sus falencias e interrupciones de servicio. Así mismo, se elaboró el plan tarifario y manual de operación y mantenimiento que se debe tener en cuenta para el correcto funcionamiento y alargar la vida útil de elementos que forman parte del sistema de abastecimiento.

RECOMENDACIONES

Una vez que la Junta de Agua Potable de Quimzhi reciba el presente diseño de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable deberán realizar la contratación de un consultoría para la elaboración detallada de cada una de las fases que componen el sistema, en la cual se elabore estudios con mayor detalle en áreas como geotecnia, hidrológica, hidráulica y estructurales que respalden los resultados tomando como base el presente estudio de prefactibilidad.

Una vez que se ejecute el proyecto se deberá hacer un seguimiento de la correcta instalación de materiales de acuerdo a las cargas de trabajo. La directiva de la Junta de Agua Potable de Quimzhi deberá concretar la autorización de uso de agua, debido a que las entidades públicas no pueden apoyar y otorgar los recursos económicos si no se cuenta con este documento.

Se deberá comenzar a socializar del proyecto con las autoridades del GAD Municipal con quienes se deberá gestionar la debida autorización para el paso de tubería de la nueva conducción por el centro poblado.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuatecnica. (2016). CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE CONVENCIONALES. Retrieved from <https://acuatecnica.com/caracteristicas-las-plantas-tratamiento-agua-potable-convencionales/>
- Agüero Pittman, R. (2003). Agua Potable Para Poblaciones Rurales. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1–169.
- Amaya, P. (2019). Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades de Sarar Alto y Buena Vista, Parroquia Ludo, Cantón Sígsig, provincia del Azuay. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6819/1/07260.pdf>
- Amoquimicos. (2018). Hipoclorito de sodio: usos, características y recomendaciones de manejo. Retrieved from <https://www.amoquimicos.com/hipoclorito-de-sodio-para-prevenir-enfermedades>
- Amoroso, J. F., & Marín, B. E. (2017). “ *Diseño del Sistema de Agua Potable para la comunidad de Las Peñas de Mollenpongo, perteneciente al cantón Pucará, Provincia del Azuay*”. Universidad Del Azuay.
- Ávila de Navia, S. L., & Estupiñán Torres, S. M. (2012). Calidad bacteriológica del agua de consumo humano de la zona urbana y rural del municipio de guatavita, Cundinamarca, Colombia. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 50(2), 163–168.
- Cabrera, X., Fleites, M., & Contreras, A. (2009). Floculación De Aguas Residuales De La Empresa Textil “Desembarco Del Granma” a Escala De Laboratorio. *Tecnología Química*, XXIX, núm, 64–73. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760009.pdf>
- Calle, D., & Pauta, J. (2021). *Evaluación y plan de mejoramiento para el sistema de agua potable de la comunidad de santa teresita, parroquia Chiquintad*. Univesidad del Azuay.
- Cánepa de Vargas, L. (2018). FILTRACIÓN LENTA COMO PROCESO DE DESINFECCIÓN. *Cepis-Pos*, 17.
- Castaño, F. (2011). Análisis y revisión del funcionamiento hidráulico de las rejillas de captación de los sistemas de acueducto: Marinilla, Santa Fe de antioquia y el Capiro operados por Conhydra E.S.P. *Facultad de Ingeniería*, 139. Retrieved from https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8512/FernandoLeon_CastanoVillegas_2011.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Collaguazo, C., & Salinas, M. (2019). *Diseño del Sistema de Abastecimiento de agua potable para la comunidad Guablid, ubicado en el sector Arañahuayco, cantón Guachapala*. 93. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9480>
- CONAGUA. (2010). Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento. Desinfección Para Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Comisión Nacional del Agua. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Desinfección Para Sistemas de Agua Potable y Saneamiento*, pp. 1–181. Retrieved from <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro23.pdf>
- GAD.Gualaceo. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- GAD.Gualaceo. (2021). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Gualaceo*.
- Garay, J. (2023). En 2023, el 26% de la población mundial carece de agua potable. Retrieved from <https://es.wired.com/articulos/una-cuarta-parte-de-la-poblacion-mundial-carece-de-agua-potable>
- García-Naranjo, M. (2015). *Diseño de Desarenadores*. Retrieved from <https://es.slideshare.net/mgarcianaranjo/diseo-de-desarenadores>
- Gratacós, M. (2014). Generadores de cloro por electrólisis de salmuera con tecnología de célula con

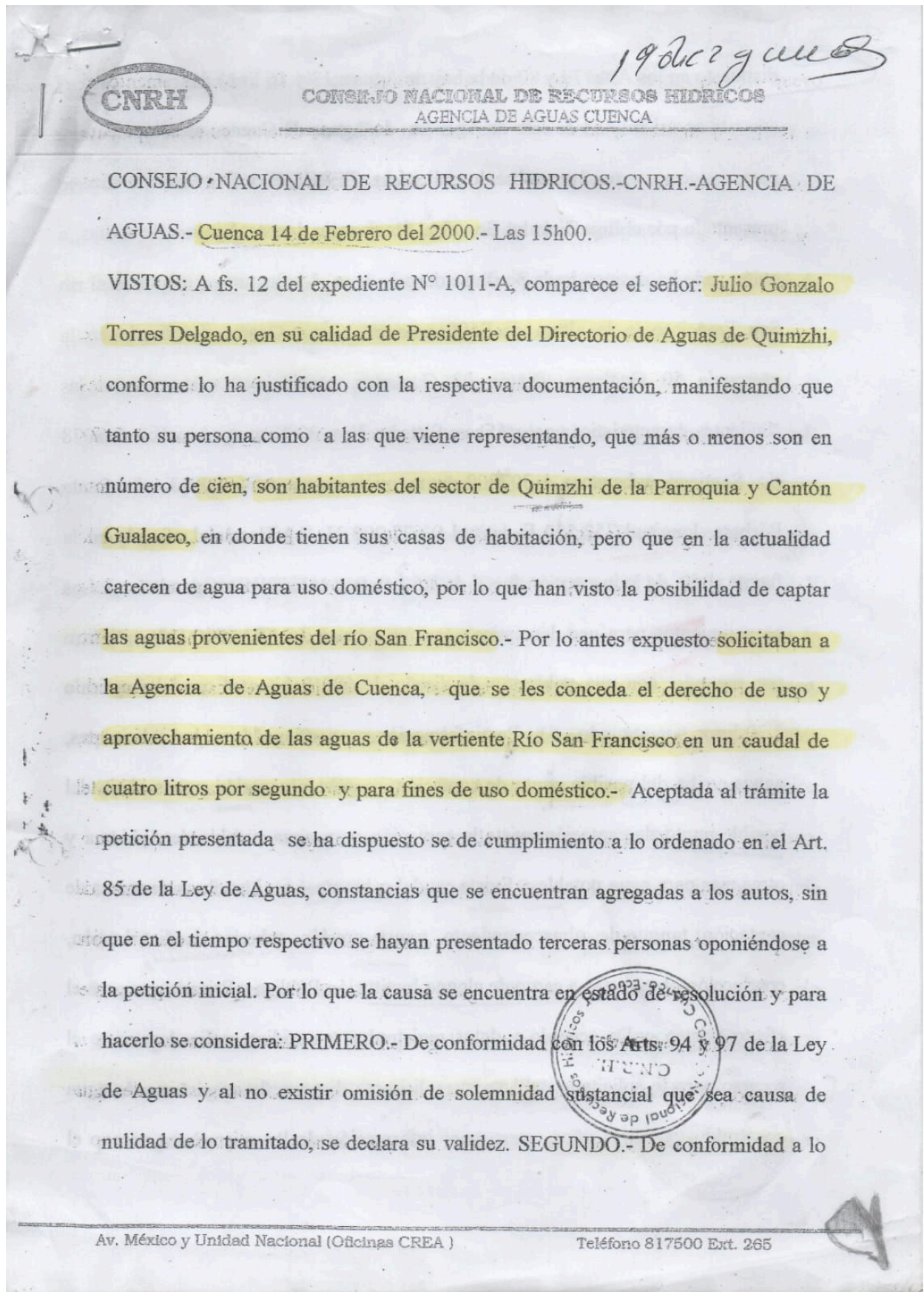
- membrana. *Tecnoaqua*, 108–114.
- Jiménez, Serch. (2017). Pérdidas de carga localizadas o en accesorios. Retrieved from <https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html>
- Jiménez, Stalin. (2022). *MODELACIÓN DINÁMICA DEL TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN RURAL DE MANABÍ DE 625 HABITANTES CON TASAS CONSTANTES Y VARIABLES*.
- MAE. (2015). REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516. *REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516, 0*, 18–34. Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- Maisincho, L. M. (2016). *Diseño del sistema de agua potable para comunidad de Casharumi Chico, del cantón Paute, provincia del Azuay*. Universidad católica de cuenca.
- Marrón, C. (1999). *plantas de tratamiento por filtración lenta*. Retrieved from <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/MTA0.pdf>
- Monge, M. A. (2016). Calculando las dimensiones de anclajes para tubos. Retrieved from <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/calculando-dimensiones-anclajes-tubos>
- Moreira-Romero, Á. (2016). Consideraciones actuales sobre ablandamiento del agua Current Water Softening Considerations Considerações de amaciamento de água corrente. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias*, 2, 334–345. Retrieved from <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/indexCienciasnaturalesComunicacióncorta>
- MTOP. (2020). *Reconstrucción durante 15 meses y mantenimiento durante 24 meses de la Carretera Gualaceo-Llmon*. Retrieved from chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/10/LOTAIP_9_K001-MTOP-Reconstruccion-durante-15-meses-Gualaceo-Llmon-Gualaceo-Plan-de-Milagro.pdf
- NESC. (2009). Filtración Lenta con Arena. *Tecnología En Breve*, 4. Retrieved from http://www.nesc.wvu.edu/pdf/dw/publications/ontap/2009_tb/spanish/slow_sand_filtration_DWFS OM143.pdf
- NTE INEN 5. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 21.
- OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. *Organización Mundial de La Salud*, 4, 608. Retrieved from <https://bitly.co/7FYT>
- Ordoñez, H. (2016). *Diseño de la red de distribución de agua potable para la comunidad de San José ubicado en la provincia del Cañar, del proyecto regional Tigsay*. Universidad Católica de Cuenca.
- Plastigama. (2009). Tuberías y Accesorios de PVC y PE BD. Retrieved from <https://www.ditecna.com.ec/wp-content/uploads/2020/08/PGA-6-Catalogo-de-Tuberias-y-Accesorios-de-PVC-y-PE-BD-Plastigama-Agricultura.pdf>
- Romero, M. (2008). Tratamientos Utilizados En La Potabilización De Agua. *Tratamientos Utilizados En Potabilización de Agua*, pp. 1–12.
- Romero Rojas, J. A. (2000). *Purificación del Agua* (Escuela Co). Bogotá.
- Salamanca, E. (2017). Tratamiento de aguas para el consumo humano. *Módulo Arquitectura CUC*, 17(1), 29–48. <https://doi.org/10.17981/moducuc.17.1.2016.02>
- Secretaría del Agua. (2011). Normas Para Estudio De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable Y

- Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes. *Código Ecuatoriano de La Construcción*, (6), 420. Retrieved from http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf
- SENAGUA. (2016a). Estrategia Nacional de Calidad del Agua. *Ministerio de Ambiente, Ecuador*, 97. Retrieved from <https://n9.cl/1klc>
- SENAGUA. (2016b). Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. *Secretaria Del Agua*, 1–44. Retrieved from https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5_Parte_9-2.pdf
- Serrano Domínguez, J. (2010). El acceso al agua y saneamiento : Un problema de capacidad institucional local Análisis en el estado de Veracruz. *Gestión y Política Pública*, 19(2), 3–41.
- Suarez, D. (2017). *Diseño de una planta de tratamiento de agua potable mediante un sistema a gravedad utilizando tecnología de Filtración en múltiples Etapas*.
- Tuval. (2018). TUBERÍA GALVANIZADA. Retrieved from http://www.tuvalsa.com/wp-content/uploads/2021/05/CATALOGO-TUB-GALVANIZADA_compressed-1.pdf
- UNAM. (2018). Estudio sobre la protección de ríos, lagos y acuíferos desde la perspectiva de los derechos humanos. *Comision Nacional de Los Derechos Humanos (CNDH)*, 313. Retrieved from http://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Informes/Especiales/ESTUDIO_RIOS_LAGOS_ACUIFERO S.pdf
- Villacís, B., & Carrillo, D. (2012). País atrevido: la nueva cara sociodemográfica del Ecuador. *Analitika*, 52. Retrieved from http://www.inec.gob.ec/publicaciones_libros/Nuevacarademograficadeecuador.pdf
- Yamit. (2021). *F600 Sistema De Filtración Con Gravas* (p. 48). p. 48. Retrieved from <https://www.yamit-f.com/wp-content/uploads/2021/05/9006206000-F600-YAMIT-Spanish-Bermad.pdf>
- Zhicay Lombaida, J. (2020). Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.*, 120. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18364/1/UPS-CT008684.pdf>

ANEXOS

Anexo 2.4.1.

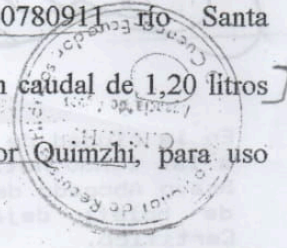
- Resolución de permiso de captación de Agua



dispuesto en los Arts. 79 y 80 de la Ley de Aguas, 13 y 16 lit.b) del reglamento, el suscrito en mi calidad de Jefe de Agencia de Aguas de Cuenca es el competente para conocer y resolver sobre lo solicitado. TERCERO.- Del informe técnico presentado por el Ing. Giovany Genovez, funcionario de esta Agencia de Aguas, a quién se le ha designado de perito se desprende: a) La fuente corresponde al río San Francisco, a la altura de 2600 ms.n.m., sector Oceras, localizada en la parroquia 50 Gualaceo, cantón 03 Gualaceo, provincia 01 Azuay, con las siguientes características geográficas: Sistema Nro. 30 Santiago, cuenca A 3078 río Santiago, subcuenca A 307809 paute, microcuenca A 30780911 río Santa Bárbara, longitud 752.550 E, latitud 9'677.200 N.- b) El caudal aforado en la fuente el día de la inspección fue el de 3,50 metros cúbicos por segundo.- c) Los requerimientos para uso doméstico, (según normas del SSA. 500 hab. = 1 litro por segundo, con una población de diseño de 600 habitantes caudal requerido 1,20 litros por segundo.- d) Por información proporcionada por los solicitantes, aguas arriba del posible punto de captación no existen usuarios, aguas abajo del posible punto de captación existe la captación para agua potable de Ayaloma y otras mas para agua potable.- Existe caudal sobrante.- e) Las obras de tomas de captación, tanque de almacenamiento, rompe presión, tuberías de distribución, conducción obras estas a cargo de alguna Institución Pública o Privada que para el efecto existen.- De acuerdo a datos registrados y estudios realizados existe el recurso para lo solicitado.- El sector solicitante dispone de un sistema de agua construido ya varios años, pero por información de los mismos en verano el

20 de Abril de 2018

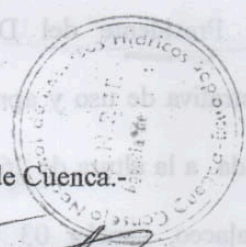
sistema presenta problemas de funcionamiento por falta de agua.- El nuevo proyecto cuenta con los estudios respectivos, cuya documentación se adjunta al expediente.- Por lo anteriormente expuesto recomienda conceder el caudal calculado de 1 litro por segundo de la fuente del río San Francisco a favor de los solicitantes representados por el señor Julio Torres Delgado, en su calidad de Procurador común, recurso que será utilizado en su uso exclusivo doméstico.- a Fs. 57 Comparece el señor Manuel Antonio Ulloa Guillén, en su calidad de actual Presidente del Directorio de Aguas de Quimzhi, conforme lo ha justificado con la respectiva documentación, manifestando que en lo posterior se cuente con su persona, en la calidad con la que viene compareciendo.- Por las consideraciones expuestas ADMINISTRANDO JUSTICIA EN NOMBRE DE LA REPUBLICA Y POR AUTORIDAD DE LA LEY, Aceptándose la demanda propuesta y por lo expuesto en los considerandos anteriores y en mérito al informe técnico, presentado por el Ing. Perito, se concede a favor del señor Manuel Antonio Ulloa Guillén Presidente del Directorio de Aguas de Quimzhi, la autorización administrativa de uso y aprovechamiento de las aguas de la Río San Francisco, localizada a la altura de 2600 ms.n.m., sector Oceras, localizada en la parroquia 50 Gualaceo, cantón 03 Gualaceo, provincia 01 Azuay, con las siguientes características geográficas: Sistema Nro. 30 Santiago, cuenca A 3078 río Santiago, subcuenca A 307809 paute, microcuenca A 30780911 río Santa Bárbara, longitud 752.550 E, latitud 9'677.200 N, en un caudal de 1,20 litros por segundo, para beneficio de 600 habitantes del sector Quimzhi, para uso



doméstico. Los peticionarios en forma previa a ocupar el recurso en un plazo de 30 días presentarán en esta oficina el plano del banco de división de caudales en el que conste las obras de toma correspondientes, la misma que debe cumplir con las normas técnicas exigidas por el Consejo Nacional de Recursos Hídricos para su aprobación. Sin este requisito no entra en vigencia esta resolución. Se respetarán concesiones dadas con anterioridad a la presente, y usos de terceros para servicio doméstico mediante recipientes y abrevadero de ganado.- La presente concesión se lo otorga por plazo indeterminado, esto es mientras dure la vida económicamente útil de la empresa beneficiada.- Los concesionarios realizarán los trabajos de protección y conservación de las fuentes cuya área y control lo determinará la Agencia de Aguas de Cuenca, de conformidad con lo que dispone el Art. 101 del Reglamento de la Ley de Aguas.- Ejecutoriada esta resolución, inscribese en los libros correspondientes y las copias envíese a los Organismos Superiores del CNRH.- Notifíquese.-

Certifico que la presente xerocopia es fiel a su original.
repositorio: 10/11/00 A
Cuenca: 15-05-2000

El Jefe de la Agencia de Aguas de Cuenca.-



[Handwritten signature]

f) Ing. Galo Delgado Arichávala.-

En la ciudad de Cuenca, a los 14 días del mes de Febrero del 2000 a las 15h30 notifique con la resolución que antecede al Dr. Miguel Bravo Abogado defensor del señor Manuel Antonio Ulloa, por medio de boleta dejada en los casilleros judiciales señalados.-
Certifico.

[Handwritten signature]
La Secretaria

Anexo 3.1.2

- Censo poblacional de los usuarios de agua en la comunidad de Quimzhi

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	N° C. IDENTIDAD	NACIONALIDAD	TERRITORIO				FIRMA
				COMUNIDAD	PARROQUIA	CANTON	PROVINCIA	
				QUIMZHI	GUALACEO	GUALACEO	AZUAY	
✓ 1.	AGUILAR BUENO JAIME PATRICIO	010457327-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓ 2.	ANGAMARCA LLIVICURA GEOVANNY	010473941-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 3.	ANGAMARCA LLIVICURA JUAN DIEGO	010497553-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓ 4.	ANGAMARCA TIGRE FELIX ANTONIO	010051043-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓ 5.	ANGAMARCA TIGRE JULIO ENRIQUE	010117088-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
✓ 6.	ANGAMARCA TIGRE ROSA ELVIRA	010094679-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 7.	ARGUDO CUJI EDISON ADRIAN		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 8.	ARGUDO MATUTE SAUL HERIBERTO	010206015-9	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 9.	ARICHAVALA CALLE JORGE LEONARDO	010371269-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 10.	ATARIGUANA BANEGAS PATRICIO RUFINO	010328855-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 11.	ATARIGUANA BANEGAS CESARIO	010254306-3	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓ 12.	ATARIGUANA BANEGAS ELVIA ELENA	01089092-9	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 13.	ATARIGUANA BANEGAS FRANKLIN GENARO	010423345-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	2
✓ 14.	ATARIGUANA BANEGAS IRENE DE LA CRUZ	010247217-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 15.	ATARIGUANA BANEGAS TEODORO EUSEBIO		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 16.	ATARIGUANA LLIVICURA ROSA LETICIA	010431361-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓ 17.	ATARIGUANABANEGAS LOURDES DE JESUS	0102089-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 18.	ATIENCIA LLIVICURA LAURO ALEJANDRO	0107109829	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
✓ 19.	BOCANSACA ORTEGA MIGUEL ANGEL	010303969-0	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 20.	BONILLA BUENO YOLANDA DE JESUS	01204140-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 21.	BORJA ARICHABALA ANGEL LEONARDO	0101883437	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓ 22.	BORJA AYORA PABLO ANDRES		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓ 23.	BORJA BORJA JORGE ELOY		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 24.	BORJA DUCHIMAZA LUIS ADRIANO	010191396-0	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓ 25.	BORJA PEÑARANDA MONICA BEATRIZ	010509722-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 26.	BRITO BRITO ANGEL AUGUSTO	010150336-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓ 27.	BUENO CORAYZACA ROSA BALVINA	10011883437	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 28.	CABZACA MERCHANT BLANCA SUSANA	010248587-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓ 29.	CABZACA MERCHANT ROSARIO MAGDALENA	14004312-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 30.	CAJAMARCA CHUNGATA MARIA ALEJANDRINA	010345298-3	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 31.	CAJAMARCA LLIVICURA ANGEL MARIA	010050370-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓ 32.	CAJAMARCA TENEZACA ZOILA VICTORIA	010181174-3	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 33.	CAJAMARCA TIGRE MANUEL JESUS	0101936235	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓ 34.	CALDAS CURILLO GLADYS MARIA	0102088671	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓ 35.	CARCHI QUINDE LUIS MARIA	0103196390	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4

X 36.	CARCHI QUINDE LUIS MARIA (der-mamá)	0103193690	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 37.	CARDENAS VAZQUEZ ROSARIO NARCISA		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 38.	CASA COMUNAL		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
X 39.	CASTRO GLORIA CARMELINA		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
X 40.	CRIOLO CRIOLLO MARIA LUZ	0103833380	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 41.	CUJI LLIVICURA RUTH PATRICIA	010447431-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
X 42.	CUJI CAJAMARCA JAIME OSWALDO	010490123-6	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 43.	CUJI CAJAMARCA JOSE		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 44.	CUJI CAJAMARCA JULIO ALBERTO	010252983-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 45.	CUJI LLIVICURA RUTH PATRICIA	010447431-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 46.	CUJI TIGRE ZOILA ESTHER	010110286-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
X 47.	CUJI TIGRE JESUS MESIAS	010078602-9	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 48.	CUJI TIGRE LUIS ENRIQUE	010177163-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
X 49.	CUMBICUS CABZACA MARIA ANGELICA	010428891-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
X 50.	CUMBICUS CABZACA DIANA ELIZABETH	010428893-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 51.	CUMBICUS CABZACA FERNANDA ESTEFAN	010531885-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 52.	CUMBICUS CABZACA MANUEL ALBERTO	171608076-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 53.	CUMBICUS MANUEL HIPOLITO	010197992-9	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 54.	CUMBICUS MANUEL HUMBERTO	110194167-0	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
X 55.	ENCALADA NIVEL MARIA ROSALIA	0103291795	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 56.	ENCALADA NIVEL ZOILA ROCILDE	0103291795	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
X 57.	ENCALADA PEÑARANDA ZOILA ELENA	010167819-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 58.	ESCUELA		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	2
X 59.	ESPINOZA MOLINA ZOILA MERCEDES	010210085-6	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 60.	GOMEZ ATARIGUANA GLADYS CONCEPCION	010090751-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
X 61.	GOMEZ EVA	0103682860	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 62.	GOMEZ GUNCAY ANA LUISA	010736325-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 63.	GOMEZ MATUTE MANUEL GERARDO	0100907682	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 64.	GUALIPA GUAYLAZACA MARIA ANA SOLEDA	010262572-0	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
X 65.	GUALIPA GUAYLAZACAMARIA DOLORES	010294943-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 66.	GUALIPA LLIVICURA DELIA ROSARIO	0103456505	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 67.	GUALIPA LLIVICURA GREGORIO MARIA	0101229904	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	8
X 68.	GUALIPA LLIVICURA JULIO FRANCISCO	010187145-	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 69.	GUALIPA YANZA JOSE VICTOR	010053187-0	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 70.	GUAMAN BARRERA FANNY YOLANDA	0101151355	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 71.	GUAMANTARI CRIOLLO LUIS CESARIO	010094443-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 72.	GUAMANTARI CRIOLLO JUAN CORNELIO	010050397-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 73.	GUAMANTARI CRIOLLO MARIA LAURA	010193915-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7

✓	X 74.	GUAMANTARI ZHINGRI CARLOS RICARDO	010329171-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓	X 75.	GUAMANTARI ZHINGRI ROSA INES	010363155-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓	X 76.	GUAMANTARI ZHINGRI SEGUNDO LUIS	010363153-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 77.	GUAYLAZACA VILLA MARIA MERCEDES IGLESIA	010224343-3	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 78.	JARA CENTENO MILTON PATRICIO	0103991170	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	2
✓	X 79.	JARA FLORES MANUEL HORTENCIO	140008470-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 80.	JARA FLORES MILTON DE JESUS	1400116842	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 81.	JUELA MOROCHO FOLRENCIA NARCISA	0106012552	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
✓	X 82.	LEON GARCIA MIGUEL ALBERTO	090940047-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 83.	LITUMIA CAJAMARCA SEGUNDO LAURO	010054179-6	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 84.	LITUMIA JADAN FLAVIO ALEJANDRO	010276423-0	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	8
✓	X 85.	LITUMIA LLIVICURA LUIS ALEJANDRO	010244121-9	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 86.	LITUMIA LOJA RAMON PACIENTE	090015879-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X 87.	LLIVICHUZCA PILCO WILSON RAMIRO	010358185-6	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 88.	LLIVICURA LLIVICURA MARIA ROSARIO	010172399-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X 89.	LLIVICURA GUAMANTARI JUAN PABLO	010701027-	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X 90.	LLIVICURA LLAZHA RODRIGO ESAUD	0301978557	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X 91.	LLIVICURA LLIVICURA CARMEN MATILDE	0100745157	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 92.	LLIVICURA LLIVICURA DELIA ESTHER	0103289997	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X 93.	LLIVICURA LLIVICURA MARIA LUZ	0102959655	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 94.	LLIVICURA LUCERO ANA LUISA	0301708921	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 95.	LLIVICURA LUCERO LIBIA MARIA	010252707-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X 96.	LLIVICURA MATUTE MARIA ROSARIO A.	010298882-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
✓	X 97.	LLIVICURA TENEMAZA JOSE WENCESLAO	010050468-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 98.	LLIVICURA TORRES MARIA SOLEDAD	010179448-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 99.	LLIVICURA ZHINGRI MARIA DOLORES	170812766-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 100.	LLIVICURA ZHINGRI MARIA SARA	010054211-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X 101.	LOJA BONILLA SANDRO GERMAN	010351879-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 102.	LOPEZ FERNANDEZ MARINA ELISA	010206811-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 103.	LOPEZ FERNANDEZ RODRIGO	0100725902	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X 104.	LOPEZ LOPEZ MARIO EUGENIO	030194530-9	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓	X 105.	LOPEZ SUAREZ MARIA INES	010176071-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X 106.	LUCERO BONILLA MARIA JUANA	0102553963	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X 107.	LUCERO CRIOLLO MARIA ALEGRIA	0103141719	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 108.	LUCERO CRIOLLO ROSA ELVIRA	0102777612	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 109.	LUCERO DELEG MANUEL SALVADOR	0100757988	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 110.	LUCERO LLIVICURA FLOR MARIA	01029596663	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X 111.								

X 112.	LUCERO LLIVICURA MARIA MARLENE	0104967724	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 113.	MARCA CARLOS HUMBERTO	010371929-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
X 114.	MARCA JESUS EFRAIN	0103719134	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	2
X 115.	MATUTE ATARIGUANA CARLOS FLORENCIO	010176907-3	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 116.	MATUTE ATARIGUANA CELIO AGUSTO	010139283-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 117.	MATUTE ATARIGUANA JULIO GONZALO	0102969888	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 118.	MATUTE ATARIGUANA LIBIA BEATRIZ	010176900-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
X 119.	MATUTE ATARIGUANA RUBEN ALFREDO	010304121-6	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 120.	MATUTE ATARIGUANA TERESA DE JESUS	010300384-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 121.	MATUTE BONILLA ROSA ELENA	010444963-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 122.	MATUTE MERCHANT JESUS ELOY	010146362-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
X 123.	MATUTE MERCHANT MARIA LUISA	010238679-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 124.	MATUTE MERCHANT ZOILA ROSANA	010238678-6	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 125.	MATUTE PARRA JUAN GABRIEL	010494145-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 126.	MATUTE PARRA MARCO FERNANDO	010319359-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 127.	MATUTE PARRA MARIA EUGENIA	010398879-6	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 128.	MATUTE PERALTA JOSE GABRIEL	010104999-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 129.	MATUTE TIGRE JOSE ROBERTO	0103485769	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
X 130.	MATUTE TIGRE JULIA MARIA	0102181070	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	2
X 131.	MATUTE ZHINGRI JULIA BEATRIZ	0102335742	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 132.	MAURAT GUARACA JORGE MARCELO	0105589487	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 133.	MERCHANT PINTADO LUIS ALBERTO	0100541838	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
X 134.	MOROCHO GUALLPA JOSE MANUEL	0100505452	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 135.	MOROCHO GUALLPA POLIVIO MANUEL	010090685-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
X 136.	MOROCHO JADAN EDGAR PATRICIO	010432823-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 137.	MURILLO GUAMAN MARGARITA DE JESUS	0101369205	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
X 138.	MUY NIVEL ROSA BEATRIZ	0103746749	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 139.	NIVEL CALDAS LUIS MARCELO	0104942149	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
X 140.	NIVEL CRIOLLO JOSE VICENTE	010097971-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 141.	OCHOA MENDIETA JAIME	090142823-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 142.	OCHOA ORDOÑEZ MIGUEL ARIOLFO	0100503606	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 143.	ORDOÑEZ FREDY	0100527068	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 144.	ORDOÑEZ JIMENES LUIS ALFREDO	010052706-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 145.	ORDOÑEZ REINOSO ELISA MARITZA	0104896634	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
X 146.	ORELLANA TIGRE ADRIANA GABRIELA	010483825-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
X 147.	ORELLANA ULLOA SEGUNDO AURELIO	010122269-3	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 148.	ORTEGA ORTEGA MARIA SOLEDAD	010051205-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
X 149.	PARRA LOJA VICENTE TARQUINO	01012346-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
X 149.								5

✓	X	150.	PARRA MATUTE JORGE BENITO	010337504-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X	151.	PEÑARANDA TAPIA FROILAN ALEJANDRO	010296087-9	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓	X	152.	PEÑARANDA GUAMANTARI FIDEL ANTONIO	010430249-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	8
✓	X	153.	PEÑARANDA GUAMANTARI ROSA ESPERANZA	010456485-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X	154.	PEÑARANDA GUAYLLAZAC JUAN ANTONIO	010051692-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X	155.	PILLCO SALAZAR ROSA ELVIRA	010137212-6	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
✓	X	156.	REVILLA UZHO ZAIDA MARICELA	0107104697	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	157.	RIOS CORDOVA GODOFREDO CLOTARIO	01011883960	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	158.	RODAS VEGA CRISTIAN ESTEBAN	0104832100	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	159.	RODRIGUEZ LITUMA PABLO RUPERTO	010356113-0	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	160.	SAMANIEGO SANCHEZ MILTON REMIGIO	1400367718	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X	161.	SAPATANGA QUINCHI ROSA CARMELINA	010469472-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X	162.	SAQUICELA CAMBIZACA VICENTE RODRIGO	010180485-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	163.	SAQUICELA DESTRUGE JUDITH ANA	010091519-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	164.	SAQUICELA DESTRUJES DORA MARINA	0108515245	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	165.	TACURI MORENO LILIANA SECUNDINA	010276549-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	166.	TIGRE CAJAMARCA BLANCA MARGOD	010329204-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X	167.	TIGRE CAJAMARCA MARIA GLORIA	010244076-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X	168.	TIGRE GUNCAY ROSA ELENA	0101882694	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
✓	X	169.	TIGRE ZARATHE MARIA ISIDORA	0104361977	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	170.	TORRES CEDILLO EDGAR TARQUINO	010178613-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓	X	171.	TORRES CURILLO SILVIA ESPERANZA	010296087-9	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X	172.	TORRES DELGADO JULIO GONZALO	010052541-9	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X	173.	TORRES DELGADO RICARDO JOSE	010052591-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	2
✓	X	174.	TORRES LUCERO JESUS ALEJANDRO	010050172-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	175.	TORRES ORELLANA EDWIN FABIAN	010407147-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	176.	TORRES ORELLANA EDWIN FAVIAN (taller)	010407147-7	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	177.	TORRES ORELLANA MARGIA LILIANA	010407148-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	178.	VALLADOLID MATUTE JOSE GUILLERMO	010531767-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X	179.	VALLADOLID MATUTE MARIA ELVIRA		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	180.	VILLA LLIVICURA JESUS HERIBERTO	140019614-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	181.	VILLA LLIVICURA MARIA ELENA	140028228-9	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	182.	VILLA ROJAS CARLOS ALEJANDRO	140065866-0	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X	183.	VILLA YANZA MANUEL JESUS	010030694-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	184.	VILLA YANZA MARIA DOLORES	0106469554	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X	185.	VILLAVICENCIO MARCA JORGE HERNAN	0106882673	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓	X	186.	VILLAVICENCIO MARCA JOSE FIDEL	010688530-4	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓	X	187.	VILLAVICENCIO MARCA LUIS VICENTE	010490318-2	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4

✓	X	188.	VILLAVICENCIO MARCA MANUEL JESUS	010490319-0	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X	189.	VILLAVICENCIO MARCA ROSA HERMELINDA	010363154-5	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	190.	VILLAVICENCIO VILLAVICENCIO JULIO NOLBERT	0101373983	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X	191.	VINTIMILLA BLANCA	0100956473	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	3
✓	X	192.	YANZA JADAN CARMEN MARIA	010108775-0	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
✓	X	193.	YANZA LLIVICURA CARLOS EFRAIN	1500398241	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	194.	YANZA LLIVICURA ROLANDO JOSE	01041484189	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	195.	YUNGA DUMAGUALA ANGEL LIZARDO	0103353405	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	6
✓	X	196.	YUNGA QUEZADA ERIK DAMIAN		ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	197.	YUNGA QUITUZACA CARLOS RAUL	0104796446	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	198.	ZARUMA LUIS HERMAN	0101209566	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	7
✓	X	199.	ZHINGRI LLIVICURA RUHT MARICELA	0104943923	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	4
✓	X	200.	ZHINGRI MATUTE NOEMI ZOILA	0104549944	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	201.	ZHINGRI MATUTE SILVIA BEATRIZ	0103988838	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	202.	ZHUÑO LLIVICURA CHRISTIAN MARCEL	010646551-1	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	203.	ZHUÑO LLIVICURA ANA LUSIA	0104254834	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	8
✓	X	204.	ZHUÑO LLIVICURA JOSE ROLANDO	0103985115	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	205.	ZIGUENZA ORDOÑEZ VICTOR LEONIDAS	0103879581	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓	X	206.	ZUÑIGA ZUÑIGA JHONNY FRANKLIN	010555905-8	ECUATORIANA	Quimzhi	Gualaceo	Gualaceo	Azuay	5
✓		207.								5



Anexo3.1.4.

- Proyección Poblacional

Región Sierra		
Periodo de diseño	25	años
Población inicial	1006	habitantes
Tasa de crecimiento	1.25	%
KMD	1.25	
KMH	3	

Número	Año	Proyección poblacional		
		Aritmetico	Geométrico	Exponencial
1	2023	1018.58	1018.58	1018.65
2	2024	1031.15	1031.31	1031.47
3	2025	1043.73	1044.20	1044.44
4	2026	1056.30	1057.25	1057.58
5	2027	1068.88	1070.47	1070.88
6	2028	1081.45	1083.85	1084.35
7	2029	1094.03	1097.40	1097.99
8	2030	1106.60	1111.11	1111.80
9	2031	1119.18	1125.00	1125.79
10	2032	1131.75	1139.06	1139.95
11	2033	1144.33	1153.30	1154.29
12	2034	1156.90	1167.72	1168.81
13	2035	1169.48	1182.32	1183.51
14	2036	1182.05	1197.09	1198.39
15	2037	1194.63	1212.06	1213.47
16	2038	1207.20	1227.21	1228.73
17	2039	1219.78	1242.55	1244.19
18	2040	1232.35	1258.08	1259.84
19	2041	1244.93	1273.81	1275.68
20	2042	1257.50	1289.73	1291.73
21	2043	1270.08	1305.85	1307.98
22	2044	1282.65	1322.17	1324.43
23	2045	1295.23	1338.70	1341.09
24	2046	1307.80	1355.44	1357.96
25	2047	1320.38	1372.38	1375.04

Anexo 3.1.5

- Cálculo de caudales

Región Sierra		
Periodo de diseño	25	años
Población inicial	1006	habitantes
Tasa de crecimiento	1.25	%
KMD	1.25	
KMH	3	

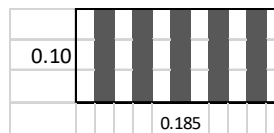
Número	Año	DOTACION	FACTOR DE FUGAS	Qm	QMD	QMH
		lt/hab-día	20%	lt/s	lt/s	lt/s
1	2023	160	20	2.26	2.83	6.79
2	2024	160	20	2.29	2.87	6.88
3	2025	160	20	2.32	2.90	6.96
4	2026	160	20	2.35	2.94	7.05
5	2027	160	20	2.38	2.97	7.14
6	2028	160	20	2.41	3.01	7.23
7	2029	160	20	2.44	3.05	7.32
8	2030	160	20	2.47	3.09	7.41
9	2031	160	20	2.50	3.13	7.51
10	2032	160	20	2.53	3.17	7.60
11	2033	160	20	2.57	3.21	7.70
12	2034	160	20	2.60	3.25	7.79
13	2035	160	20	2.63	3.29	7.89
14	2036	160	20	2.66	3.33	7.99
15	2037	160	20	2.70	3.37	8.09
16	2038	160	20	2.73	3.41	8.19
17	2039	160	20	2.76	3.46	8.29
18	2040	160	20	2.80	3.50	8.40
19	2041	160	20	2.83	3.54	8.50
20	2042	160	20	2.87	3.59	8.61
21	2043	160	20	2.91	3.63	8.72
22	2044	160	20	2.94	3.68	8.83
23	2045	160	20	2.98	3.73	8.94
24	2046	160	20	3.02	3.77	9.05
25	2047	160	20	3.06	3.82	9.17

Anexo 3.3.1

- Diseño de rejilla

s=	0.020						
t=	0.012	$h_R = K_R \left(\frac{t}{s} \right)^{4/3} \frac{V_0^2}{2g} \text{sen } \alpha$					
B=							
Q=	0.006						
H=	0.1	hR	Pérdida de carga en rejilla parcialmente sumergida				
P1=	0.8	KR	Coefficiente de la forma de la reja KR=1.79 para barrotes circulares.				
M=	1.81	t	Ancho de los barrotes.				
KR=	1.79	s	Separación de los barrotes				
		α	Ángulo de las varillas con la horizontal				
		V0	Velocidad de aproximación como si no hubiera reja				

hr	b	n	n redon	B	v	hr asterisco
0	0.105	4.249	4	0.153	0.392	0.016
0.016	0.136	5.817	6	0.208	0.288	0.008
0.008	0.119	4.948	5	0.179	0.335	0.011
0.011	0.125	5.251	5	0.185	0.324	0.011



- Diseño de desarenador

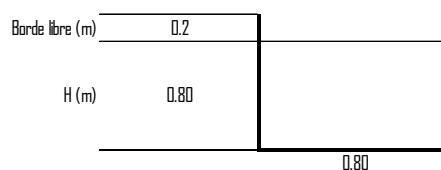
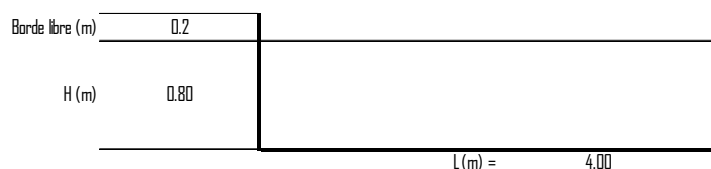
Velocidad horizontal			
D (mm)	1.00	D (m)	0.001
H (m)	0.80	Q (m ³ /s)	0.006
Vh (cm/s)	44.00	a	44
Vh (m/s)	0.44		

Velocidad vertical o de asentamiento				
peso esp (g/cm ³)	1.24		k	9.35
Dwens	w (m/s)	0.145	w _{prom} (m/s)	0.137
Scotti	w (m/s)	0.128		

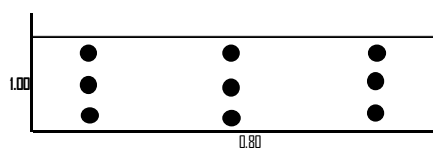
Longitud desarenador		
w' (m/s)	0.05836	corregir velocidad
Longitud (m)	5.02	con w'
Longitud (m)	3.22	con coefk
k	1.25	
L _{prom} (m)	4.12	
L escogido (m)	4	

Base del desarenador	
t _r (min)	5
Volumen (m ³)	1.8
B (m)	0.56
B escogido (m)	0.8

Verificación dimensiones		
L/H	entre 5 y 20	5
L/B	entre 3 y 6	5.0



Pantalla deflectora (disminuir velocidad)			
D (m)	0.063	Area orif (m ²)	0.00312
Vel max (m/s)	0.2	Area (m ²)	0.03
Nº orificios	10		



- **Plano de captación y desarenador**

Anexo 3.4.

- Resultados de análisis de laboratorio

Informe de Ensayo de Tratabilidad	
ADE-20220808-001	
CAPTACIÓN: Río San Francisco-Gualaceo	
Dirección: Provincia del Azuay	
Solicitado por: Sr. David Figueroa, SR. Hernán Crespo	
Fecha muestreo: 07/09/2022	Lugar muestreo: Quimzhi
Fecha de análisis: 08/09/2022	Reporte final: 12/09/2022
NOTA: este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio.	

Datos de la Muestra					
Tipo:	Agua cruda	Cantidad:	12 litros	Envase:	Plástico cerrado lleno
Identificación de la muestra: Agua Cruda Río San Francisco.					
Resultados					
Parámetros	Método	Unidad	resultados	(±)U	
Color Aparente	SM2120_C	U.C. Pt-Co	19,00	0.9	
Turbiedad	MH8237	U.N.T	4,40	0.1	
Sólidos suspendidos	SM2540_D	mg/L	5,00	0.2	
Sólidos disueltos totales	SM2540_C	mg/L	7,05	0.08	
Dureza	ADE0025	mg/L	17,14	0,002	
Sulfatos	MH8051	mg/L	0,00	--	
pH	MT2312	---	7,21	0.09	
Nitratos	MH8039	mg/L	0,5	0,001	
Nitritos	MH8039	mg/L	0,019	0,02	
Fluoruros	MH10225	mg/L	0,10	0,91	
Fosfato	MH8048	mg/L	0,16	0,07	
Manganeso	MH8021	mg/L	0,019	--	
Cobre	MH8506	mg/L	0,01	0,05	
Hierro	MH8008	mg/L	0,13	0,7	
Conductividad	MT2315	µS/cm	40,40	0.07	
Alcalinidad Total	ADE001-AB	mg/L CaCO ₃	3,3	0,08	
Las opiniones / interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de nuestro laboratorio.					
Notas:					
(±)U Incertidumbre. U EXPANDIDA, basada en un nivel de confianza de K = 2 (95%)					

PROPUESTA DE TRATABILIDAD		
Producto	Tipo	Dosis (mg/L)
Policloruro de aluminio	V1	10,00
Polimero floculante	Aniónico	0,20
Regulador de pH	Alcalinizante	20,00
Hipoclorito de calcio	Desinfectante	2,00

Datos de la Muestra					
Tipo:	Agua cruda	Cantidad:	12 litros	Envase:	Plástico cerrado lleno
Identificación de la muestra: Agua tratada Río San Francisco.					
Resultados					
Parámetros	Método	Unidad	resultados	(±)U	
Color Aparente	SM2120_C	U.C. Pt-Co	5,00	0,07	
Turbiedad	MH8237	U.N.T	1.17	0,08	
Sólidos suspendidos	SM2540_D	mg/L	0,01	0,1	
Sólidos disueltos totales	SM2540_C	mg/L	0,00	0.04	
Dureza	ADE0025	mg/L	16,94	0,02	
Sulfatos	MH8051	mg/L	0,00	--	
pH	MT2312	---	7,52	0.03	

DIRECCION: TRECE DE MAYO Y VILLALOBOS S/N (VA A BAÑOS SECTOR COLEGIO BORJA)
 TELEFONO: 074187517 – 0999524674
adefmportecuator@gmail.com
 CUENCA – ECUADOR
 RUC: 0190413075001

Nitratos	MH8039	mg/L	0,39	0,005	50,00
Nitritos	MH8039	mg/L	0,011	0,01	3,00
Manganeso	MH8021	mg/L	0,015	--	N.N
Cobre	MH8506	mg/L	0,00	0,01	2,00
Hierro	MH8008	mg/L	0,07	0,05	0,30
Conductividad	MT2315	μ S/cm	47,30	0,1	N.N
Alcalinidad Total	ADE001-AB	mg/L CaCO ₃	3,3	0,02	N.N

Las opiniones / interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de nuestro laboratorio.

Notas:

(±)U Incertidumbre. U EXPANDIDA, basada en un nivel de confianza de K = 2 (95%)

f Límites máximos establecidos por:

Norma Técnica Ecuatoriana, NTE-INEN 1108 (sexta revisión) 2020-04

Tabla. 1 Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano

*Tabla B.1 Rango de pH del agua para consumo humano

N.N. = No normado

Informe de Ensayo de Tratabilidad	
ADE-20220808-002	
CAPTACION: Rio San Francisco-Gualaceo	
Dirección:	Provincia del Azuay
Fecha muestreo:	20/10/2022
Lugar muestreo:	Quimzhi
Fecha de análisis:	21/10/2022
Reporte final:	26/10/2022
NOTA: este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio.	

Datos de la Muestra					
Tipo:	Agua cruda	Cantidad:	12 Litros	Envase:	Plástico cerrado lleno
Identificación de la muestra: Agua Cruda Rio San Francisco muestra 2.					
Resultados					
Parámetros	Método	Unidad	resultados	(±)U	
Color Aparente	SM2120_C	U.C. Pt-Co	8,00	0,07	
Turbiedad	MH8237	U.N.T	2,04	0,02	
Sólidos suspendidos	SM2540_D	mg/L	2,00	0,2	
Sólidos disueltos totales	SM2540_C	mg/L	2,55	0,05	
Dureza	ADE0025	mg/L	85,70	0,002	
Sulfatos	MH8051	mg/L	15,00	0,3	
pH	MT2312	---	7,144	0,01	
Nitratos	MH8039	mg/L	0,40	0,03	
Nitritos	MH8039	mg/L	0,018	0,02	
Fluoruros	MH10225	mg/L	0,13	0,06	
Fosfato	MH8048	mg/L	0,13	0,05	
Manganeso	MH8021	mg/L	0,012	--	
Cobre	MH8506	mg/L	0,00	0,05	
Hierro	MH8008	mg/L	0,01	0,3	
Conductividad	MT2315	μ S/cm	164,40	0,07	
Alcalinidad Total	ADE001-AB	mg/L CaCO ₃	11,55	0,01	
Las opiniones / interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de nuestro laboratorio.					
Notas:					
(±)U Incertidumbre. U EXPANDIDA, basada en un nivel de confianza de K = 2 (95%)					

PROPUESTA DE TRATABILIDAD		
Producto	Tipo	Dosis (mg/L)
Policloruro de aluminio	V1	5,00
Polímero floculante	Aniónico	0,20

DIRECCION: TRECE DE MAYO Y VILLALOBOS S/N (VIA A BAÑOS SECTOR COLEGIO BORJA)

TELEFONO: 074187517 - 0996524674

adelmportecuador@gmail.com

CUENCA - ECUADOR

RUC: 0180413071001

Regulador de pH	Alcalinizante	15,00
Hipoclorito de calcio	Desinfectante	2,00

Datos de la Muestra					
Tipo:	Agua cruda	Cantidad:	12 Litros	Envase:	Plástico cerrado lleno
Identificación de la muestra: Agua Cruda Rio San Francisco muestra 2.					
Resultados					
Parámetros	Método	Unidad	resultados	(±)U	
Color Aparente	SM2120_C	U.C. Pt-Co	0,00	0,01	15
Turbiedad	MH8237	U.N.T	0,68	0,03	5
Sólidos suspendidos	SM2540_D	mg/L	0,01	0,02	N.N
Sólidos disueltos totales	SM2540_C	mg/L	0,00	0,04	N.N
Dureza	ADE0025	mg/L	81,34	0,01	N.N
Sulfatos	MH8051	mg/L	3,00	0,007	N.N
pH	MT2312	---	7,21	0,03	6,5-8,0
Nitratos	MH8039	mg/L	0,32	0,005	50,00
Nitritos	MH8039	mg/L	0,011	0,09	3,00
Manganeso	MH8021	mg/L	0,009	--	N.N
Cobre	MH8506	mg/L	0,00	0,02	2,00
Hierro	MH8008	mg/L	0,01	0,009	0,30
Conductividad	MT2315	µS/cm	49,51	0,08	N.N
Alcalinidad Total	ADE001-AB	mg/L CaCO ₃	10,32	0,03	N.N
Las opiniones / interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de nuestro laboratorio.					
Notas:					
(±)U Incertidumbre. U EXPANDIDA, basada en un nivel de confianza de K = 2 (95%)					
† Límites máximos establecidos por:					
Norma Técnica Ecuatoriana, NTE-INEN 1108 (sexta revisión) 2020-04					
Tabla. 1 Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano					
*Tabla B.1 Rango de pH del agua para consumo humano					
N.N. = No normado					

Conclusiones:


El % de remoción de turbiedad y color resultado por encima al 70% con la dosis descrita para ambos ensayos de ambas captaciones, los parámetros medidos en los resultados de este ensayo se encuentran dentro de los valores y rangos que indican la norma INEN 11008, es importante señalar la importancia del uso del agente alcalinizante para la estabilización del pH, de igual forma para asegurar el proceso de sedimentación es necesario el uso de poliacrilamida que se trata de un polímero ayudante de floculación y así mejorar y/o acelerar la sedimentación, para completar el proceso de potabilización es necesario la aplicación de la fase de desinfección en la salida del agua de los filtros, adicional se recomienda en la entrada de agua cruda la instalación un proceso dosificación de prefloración y así de esta manera se mantendrá la prevención de formación de agentes biológicos en cualquiera de las etapas de la planta potabilizadora.

Elaborado por:



Ing. José Alfredo Quintero
DEPARTAMENTO QUÍMICO

- Análisis de laboratorio efectuados por la Junta de agua años anteriores

 ETAPA LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	INFORME DE RESULTADOS	Página 1 de 2
--	----------------------------------	---------------

FECHA: 2012/03/15

INFORME Nº: 123/12

CLIENTE

NOMBRE: JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE DE GUALACEO - QUIMZHI
 DIRECCIÓN: Quimzhi vía principal s/n - Gualaceo

MUESTRA

CODIGO: 123/01-04/12
 DESCRIPCIÓN: Agua de río San Francisco, Agua subterránea
 PROCEDENCIA: Gualaceo
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2012/03/06
 ENTREGADAS POR: Sr. Roberto Matute

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	AGUA SUBTERRÁNEA 123/01/12
ALCALINIDAD TOTAL	SM 2320 B	2012/03/06	mgCaCO3/l	43.73
COLOR APARENTE	SM2120 C	2012/03/06	UC	133
COLOR REAL	SM2120 C	2012/03/06	UC	4
CONDUCTIVIDAD	SM 2510 B	2012/03/06	uS/cm	35.7
DUREZA TOTAL	SM 2340 C	2012/03/06	mgCaCO3/l	15.84
DUREZA CALCICA	SM 3500 Ca B	2012/03/06	mgCaCO3/l	13.86
NITRATOS + NITRITOS	SM 4500 NO3 E	2012/03/07	mgN/l	<0.01
pH	SM 4500 H B	2012/03/06		6.84
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2012/03/06	mg/l	518
TURBIEDAD	SM 2130 B	2012/03/06	NTU	38
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2012/03/06 2012/03/08	NMP/ 100 ml	1.1E+02
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2012/03/07 2012/03/09	NMP/ 100 ml	79
HIERRO	SM/3120/ICP	2012/03/14	µg/l	2839
MANGANESO	SM/3120/ICP	2012/03/14	µg/l	657.4

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	TANQUE DE AGUAS CLARAS 123/02/12
ALCALINIDAD TOTAL	SM 2320 B	2012/03/06	mgCaCO3/l	416.16
COLOR APARENTE	SM2120 C	2012/03/06	UC	44
COLOR REAL	SM2120 C	2012/03/06	UC	15
CONDUCTIVIDAD	SM 2510 B	2012/03/06	uS/cm	801.0
DUREZA TOTAL	SM 2340 C	2012/03/06	mgCaCO3/l	304.95
DUREZA CALCICA	SM 3500 Ca B	2012/03/06	mgCaCO3/l	190.10
NITRATOS + NITRITOS	SM 4500 NO3 E	2012/03/07	mgN/l	0.02
pH	SM 4500 H B	2012/03/06		7.12
SÓLIDOS TOTALES	SM 2540 B	2012/03/06	mg/l	49
TURBIEDAD	SM 2130 B	2012/03/06	NTU	6.8
COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	2012/03/06 2012/03/08	NMP/ 100 ml	<1.8
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	2012/03/07 2012/03/09	NMP/ 100 ml	<1.8
HIERRO	SM/3120/ICP	2012/03/14	µg/l	452.7
MANGANESO	SM/3120/ICP	2012/03/14	µg/l	4.6

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.

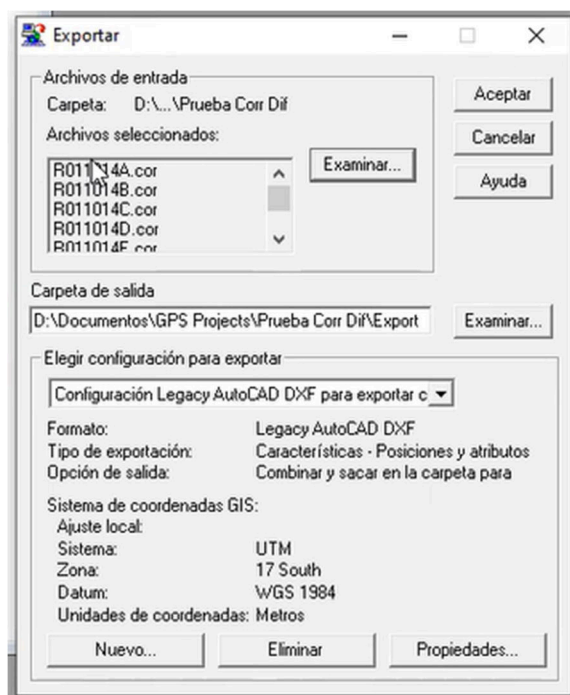
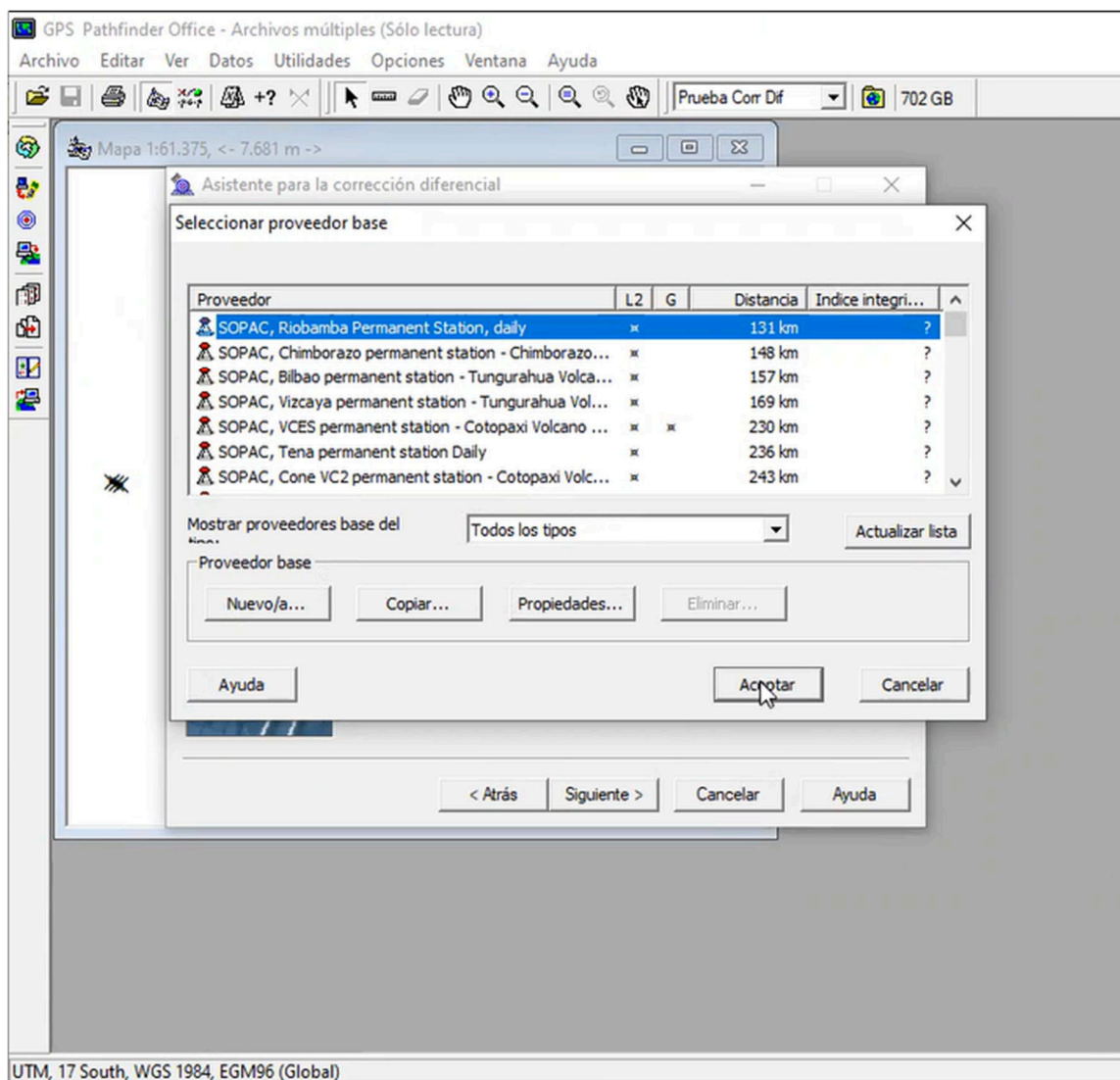
- Fotografía del análisis realizado en laboratorio



Anexo 4.1.1

- GPS y corrección diferencial "Trimble Geo XT"





- **Plano de conducción**

Anexo 4.1.5.

- Cálculos de línea de conducción

TRAMO #	COTAS (m)		ABSCISAS (m)		LONG. TUB.	TIPO DE TUB.	C	D(mm)	D.int. (mm)	hf(m)	v(m/s)	v2/2g	P(m.c.a)	P(Mpa)
	INICIAL	FINAL	NICIAL	FINAL										
0	2670	2670	0	0+000										
1	2670	2666.71	0+000	0+100	104.66	PVC	140	110	99.6	0.49	0.642	0.021	2.8	0.027
2	2666.71	2663.58	0+100	0+200	104.77	PVC	140	110	99.6	0.491	0.642	0.021	5.439	0.053
3	2663.58	2658.32	0+200	0+300	113.73	PVC	140	110	99.6	0.533	0.642	0.021	10.166	0.1
4	2658.32	2654.5	0+300	0+400	104.18	PVC	140	110	99.6	0.488	0.642	0.021	13.498	0.133
5	2654.5	2650.58	0+400	0+500	107.51	PVC	140	110	99.6	0.504	0.642	0.021	16.914	0.166
6	2650.58	2645.58	0+500	0+600	111.79	PVC	140	110	99.6	0.524	0.642	0.021	21.391	0.21
7	2645.58	2640.23	0+600	0+700	113.55	PVC	140	110	99.6	0.532	0.642	0.021	26.209	0.257
8	2640.23	2633.86	0+700	0+800	118.56	PVC	140	110	99.6	0.555	0.642	0.021	32.023	0.314
9	2633.86	2629.57	0+800	0+900	109.28	PVC	140	110	99.6	0.512	0.642	0.021	35.801	0.351
10	2629.57	2625.95	0+900	1+000	106.37	PVC	140	110	99.6	0.498	0.642	0.021	38.923	0.382
TANQUE ROMPE PRESIÓN													0	0
11	2625.95	2622.15	1+000	1+100	106.95	PVC	140	110	99.6	0.501	0.642	0.021	3.299	0.032
12	2622.15	2618.3	1+100	1+200	107.18	PVC	140	110	99.6	0.502	0.642	0.021	6.647	0.065
13	2618.3	2614.44	1+200	1+300	107.18	PVC	140	110	99.6	0.502	0.642	0.021	10.005	0.098
14	2614.44	2611.71	1+300	1+400	103.65	PVC	140	110	99.6	0.486	0.642	0.021	12.249	0.12
15	2611.71	2609	1+400	1+500	103.62	PVC	140	110	99.6	0.485	0.642	0.021	14.474	0.142
16	2609	2606.17	1+500	1+600	103.93	PVC	140	110	99.6	0.487	0.642	0.021	16.817	0.165
17	2606.17	2603.04	1+600	1+700	104.79	PVC	140	110	99.6	0.491	0.642	0.021	19.456	0.191
18	2603.04	2600.04	1+700	1+800	104.48	PVC	140	110	99.6	0.489	0.642	0.021	21.966	0.216
19	2600.04	2598.34	1+800	1+900	101.43	PVC	140	110	99.6	0.475	0.642	0.021	23.191	0.228
20	2598.34	2596.64	1+900	2+000	101.43	PVC	140	110	99.6	0.475	0.642	0.021	24.416	0.24
21	2596.64	2594.94	2+000	2+100	101.43	PVC	140	110	99.6	0.475	0.642	0.021	25.641	0.252
22	2594.94	2584	2+100	2+200	117.64	PVC	140	110	99.6	0.551	0.642	0.021	36.03	0.354
23	2584	2582.2	2+200	2+300	120.22	PVC	140	110	99.6	0.563	0.642	0.021	37.266	0.366
24	2582.2	2574.69	2+300	2+400	127.48	PVC	140	110	99.6	0.597	0.642	0.021	44.179	0.434
25	2574.69	2567.84	2+400	2+500	125.09	PVC	140	110	99.6	0.586	0.642	0.021	50.443	0.495
26	2567.84	2564.9	2+500	2+600	104.02	PVC	140	110	99.6	0.487	0.642	0.021	52.896	0.519
27	2564.9	2560.81	2+600	2+700	108.42	PVC	140	110	99.6	0.508	0.642	0.021	56.478	0.554
28	2560.81	2548.46	2+700	2+800	149.25	PVC	140	110	99.6	0.699	0.642	0.021	68.129	0.669
29	2548.46	2538.19	2+800	2+900	145.43	PVC	140	110	99.6	0.681	0.642	0.021	77.717	0.763
30	2538.19	2527.71	2+900	3+000	148.42	PVC	140	110	99.6	0.695	0.642	0.021	87.502	0.859
31	2527.71	2521.07	3+000	3+100	120.41	PVC	140	110	99.6	0.564	0.642	0.021	93.578	0.919
32	2521.07	2506.83	3+100	3+200	182.34	PVC	140	110	99.6	0.854	0.642	0.021	106.963	1.05
33	2506.83	2492.88	3+200	3+300	173.32	PVC	140	110	99.6	0.812	0.642	0.021	120.101	1.179
34	2492.88	2472.95	3+300	3+400	230.55	HG	110	110	107.1	1.185	0.555	0.016	138.846	1.363
35	2472.95	2468.92	3+400	3+500	110.37	HG	110	110	107.1	0.568	0.555	0.016	142.308	1.397
36	2468.92	2465.85	3+500	3+600	104.61	HG	110	110	107.1	0.538	0.555	0.016	144.841	1.422
37	2465.85	2461.86	3+600	3+700	107.65	HG	110	110	107.1	0.554	0.555	0.016	148.277	1.456
38	2461.86	2446.94	3+700	3+800	179.62	HG	110	110	107.1	0.924	0.555	0.016	162.273	1.593
39	2446.94	2443.56	3+800	3+900	105.55	HG	110	110	107.1	0.543	0.555	0.016	165.111	1.621
40	2443.56	2440.18	3+900	4+000	105.55	HG	110	110	107.1	0.543	0.555	0.016	167.948	1.649
41	2440.18	2435.15	4+000	4+100	112.35	HG	110	110	107.1	0.578	0.555	0.016	172.4	1.693
42	2435.15	2429.5	4+100	4+200	114.88	HG	110	110	107.1	0.591	0.555	0.016	177.46	1.742
43	2429.5	2423.84	4+200	4+300	114.88	HG	110	110	107.1	0.591	0.555	0.016	182.529	1.792
44	2423.84	2418.28	4+300	4+400	114.44	HG	110	110	107.1	0.588	0.555	0.016	187.5	1.841
45	2418.28	2412.84	4+400	4+500	113.92	HG	110	110	107.1	0.586	0.555	0.016	192.355	1.889

46	2412.84	2409.11	4+500	4+600	106.71	HG	110	110	107.1	0.549	0.555	0.016	195.536	1.92
47	2409.11	2404.84	4+600	4+700	108.89	HG	110	110	107.1	0.56	0.555	0.016	199.246	1.956
48	2404.84	2399.53	4+700	4+800	113.91	HG	110	110	107.1	0.586	0.555	0.016	203.97	2.003
49	2399.53	2389.13	4+800	4+900	145.43	HG	110	110	107.1	0.748	0.555	0.016	213.623	2.097
50	2389.13	2381.74	4+900	5+000	124.41	HG	110	110	107.1	0.64	0.555	0.016	220.373	2.164
51	2381.74	2371.53	5+000	5+100	143.66	HG	110	110	107.1	0.739	0.555	0.016	229.844	2.257
52	2371.53	2362.52	5+100	5+200	135.18	HG	110	110	107.1	0.695	0.555	0.016	238.159	2.338
53	2362.52	2355.33	5+200	5+300	123.26	HG	110	110	107.1	0.634	0.555	0.016	244.715	2.403
54	2355.33	2344.33	5+300	5+400	150.01	HG	110	110	107.1	0.771	0.555	0.016	254.944	2.503
55	2344.33	2340.34	5+400	5+500	110.7	HG	110	110	107.1	0.569	0.555	0.016	258.365	2.537
56	2340.34	2337.37	5+500	5+600	104.31	HG	110	110	107.1	0.536	0.555	0.016	260.798	2.561
57	2337.37	2334.4	5+600	5+700	104.31	HG	110	110	107.1	0.536	0.555	0.016	263.232	2.584
58	2334.4	2331.14	5+700	5+800	105.16	HG	110	110	107.1	0.541	0.555	0.016	265.951	2.611
59	2331.14	2327.56	5+800	5+900	106.51	HG	110	110	107.1	0.548	0.555	0.016	268.984	2.641
60	2327.56	2320.53	5+900	6+000	122.23	HG	110	110	107.1	0.628	0.555	0.016	275.385	2.704
61	2320.53	2313.51	6+000	6+100	122.23	HG	110	110	107.1	0.628	0.555	0.016	281.777	2.766
62	2313.51	2307.85	6+100	6+200	114.94	HG	110	110	107.1	0.591	0.555	0.016	286.846	2.816
63	2307.85	2302.39	6+200	6+300	113.97	HG	110	110	107.1	0.586	0.555	0.016	291.72	2.864
64	2302.39	2296.92	6+300	6+400	113.97	HG	110	110	107.1	0.586	0.555	0.016	296.604	2.912
65	2296.92	2291.06	6+400	6+500	115.9	HG	110	110	107.1	0.596	0.555	0.016	301.868	2.964
66	2291.06	2285.19	6+500	6+600	115.95	HG	110	110	107.1	0.596	0.555	0.016	307.141	3.016
67	2285.19	2279.32	6+600	6+700	115.95	HG	110	110	107.1	0.596	0.555	0.016	312.415	3.067
68	2279.32	2274.34	6+700	6+800	112.11	HG	110	110	107.1	0.576	0.555	0.016	316.819	3.111
69	2274.34	2270.54	6+800	6+900	106.98	HG	110	110	107.1	0.55	0.555	0.016	320.069	3.142
70	2270.54	2266.74	6+900	7+000	106.98	HG	110	110	107.1	0.55	0.555	0.016	323.319	3.174
71	2266.74	2263.06	7+000	7+100	106.59	HG	110	110	107.1	0.548	0.555	0.016	326.45	3.205
72	2263.06	2260.16	7+100	7+200	104.12	HG	110	110	107.1	0.535	0.555	0.016	328.815	3.228
73	2260.16	2257.26	7+200	7+300	104.12	HG	110	110	107.1	0.535	0.555	0.016	331.18	3.252
74	2257.26	2254.37	7+300	7+400	104.09	HG	110	110	107.1	0.535	0.555	0.016	333.534	3.275
75	2254.37	2251.53	7+400	7+500	103.95	HG	110	110	107.1	0.535	0.555	0.016	335.84	3.297
76	2251.53	2248.69	7+500	7+600	103.95	HG	110	110	107.1	0.535	0.555	0.016	338.145	3.32
77	2248.69	2245.86	7+600	7+700	103.95	HG	110	110	107.1	0.535	0.555	0.016	340.441	3.342
78	2245.86	2244	7+700	7+800	101.91	HG	110	110	107.1	0.524	0.555	0.016	341.777	3.356
79	2244	2242.59	7+800	7+900	101	HG	110	110	107.1	0.519	0.555	0.016	342.668	3.364
80	2242.59	2241.17	7+900	8+000	101	HG	110	110	107.1	0.519	0.555	0.016	343.568	3.373
81	2241.17	2239.76	8+000	8+100	101	HG	110	110	107.1	0.519	0.555	0.016	344.459	3.382
82	2239.76	2238.41	8+100	8+200	101	HG	110	110	107.1	0.519	0.555	0.016	345.29	3.39
83	2238.41	2237.15	8+200	8+300	100.78	HG	110	110	107.1	0.518	0.555	0.016	346.031	3.397
84	2237.15	2235.9	8+300	8+400	102.17	HG	110	110	107.1	0.525	0.555	0.016	346.756	3.404
85	2235.9	2235.12	8+400	8+500	98.92	HG	110	110	107.1	0.509	0.555	0.016	347.027	3.407
86	2235.12	2235	8+500	8+600	100	HG	110	110	107.1	0.514	0.555	0.016	346.633	3.403
87	2235	2235.01	8+600	8+700	100	HG	110	110	107.1	0.514	0.555	0.016	346.109	3.398
88	2235.01	2238.78	8+700	8+800	107.78	HG	110	110	107.1	0.554	0.555	0.016	341.785	3.356
89	2238.78	2243.25	8+800	8+900	109.56	HG	110	110	107.1	0.563	0.555	0.016	336.752	3.306
90	2243.25	2245.99	8+900	9+000	104.5	HG	110	110	107.1	0.537	0.555	0.016	333.474	3.274

91	2245.99	2251.31	9+000	9+100	112.82	HG	110	110	107.1	0.58	0.555	0.016	327.574	3.216
92	2251.31	2258.86	9+100	9+200	124.9	HG	110	110	107.1	0.642	0.555	0.016	319.382	3.136
93	2258.86	2267.22	9+200	9+300	130.09	HG	110	110	107.1	0.669	0.555	0.016	310.353	3.047
94	2267.22	2271.34	9+300	9+400	108.14	HG	110	110	107.1	0.556	0.555	0.016	305.677	3.001
95	2271.34	2275	9+400	9+500	105.56	HG	110	110	107.1	0.543	0.555	0.016	301.474	2.96
96	2275	2279.47	9+500	9+600	110.75	HG	110	110	107.1	0.569	0.555	0.016	296.435	2.91
97	2279.47	2288.26	9+600	9+700	133.1	HG	110	110	107.1	0.684	0.555	0.016	286.96	2.817
98	2288.26	2300	9+700	9+800	148.62	HG	110	110	107.1	0.764	0.555	0.016	274.456	2.695
99	2300	2308.44	9+800	9+900	135.79	HG	110	110	107.1	0.698	0.555	0.016	265.318	2.605
100	2308.44	2319.3	9+900	10+000	143.87	HG	110	110	107.1	0.74	0.555	0.016	253.718	2.491
101	2319.3	2330.4	10+000	10+100	153.3	HG	110	110	107.1	0.788	0.555	0.016	241.83	2.374
102	2330.4	2344.92	10+100	10+200	177.11	HG	110	110	107.1	0.911	0.555	0.016	226.399	2.223
103	2344.92	2363.78	10+200	10+300	211.12	HG	110	110	107.1	1.086	0.555	0.016	206.454	2.027
104	2363.78	2377.12	10+300	10+400	169.69	HG	110	110	107.1	0.873	0.555	0.016	192.241	1.887
105	2377.12	2393.95	10+400	10+500	189.21	HG	110	110	107.1	0.973	0.555	0.016	174.438	1.713
106	2393.95	2410.76	10+500	10+600	249.51	HG	110	110	107.1	1.283	0.555	0.016	156.345	1.535
107	2410.76	2424.18	10+600	10+700	167.56	HG	110	110	107.1	0.862	0.555	0.016	142.064	1.395
108	2424.18	2437.1	10+700	10+800	163.34	PVC	140	110	99.6	0.765	0.642	0.021	128.378	1.25
109	2437.1	2454	10+800	10+900	196.96	PVC	140	110	99.6	0.923	0.642	0.021	110.556	1.085
110	2454	2478.58	10+900	11+000	266.62	PVC	140	110	99.6	1.249	0.642	0.021	84.726	0.832
111	2478.58	2510.53	11+000	11+100	333.53	PVC	140	110	99.6	1.563	0.642	0.021	51.214	0.503
112	2510.53	2536.52	11+100	11+151.72	168.06	PVC	140	110	99.6	0.787	0.642	0.021	24.436	0.24

- **Plano de Diseño de Tanque Rompe Presión**

Anexo 4.3.1.2.

- Pérdidas por empalmes, en cambios de tubería

PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS			
DATOS INICIALES			
ETIQUETA	VALOR	UNIDAD	DETALLE
Q	0.005	m ³ /s	Caudal
C	140	-	Coefficiente de H-W
D	0.10	m	Diámetro interior de la tubería
K	0.40	-	K del accesorio
RESULTADOS			
A	0.008	m²	Área interior
V	0.64	m/s	Velocidad de flujo
hf	0.01	m	Pérdida de carga localizada
# Acces.	3.00	unidad	Número de accesorios
	0.03	m	Total Pérdida de carga localizada

- Pérdidas por válvulas de corte, TRP, desarenador, válvula de purga

PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS			
DATOS INICIALES			
ETIQUETA	VALOR	UNIDAD	DETALLE
Q	0.005	m ³ /s	Caudal
C	140	-	Coefficiente de H-W
D	0.10	m	Diámetro interior de la tubería
K	0.30	-	K del accesorio
RESULTADOS			
A	0.008	m²	Área interior
V	0.64	m/s	Velocidad de flujo
hf	0.01	m	Pérdida de carga localizada
# Acces.	4.00	unidad	Número de accesorios
	0.04	m	Total Pérdida de carga localizada

- Codos 45° en tubería de hierro galvanizado

PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS			
DATOS INICIALES			
ETIQUETA	VALOR	UNIDAD	DETALLE
Q	0.005	m ³ /s	Caudal
C	110	-	Coefficiente de H-W
D	0.107	m	Diámetro interior de la tubería
K	0.75	-	K del accesorio
RESULTADOS			
A	0.01	m²	Área interior
V	0.56	m/s	Velocidad de flujo
hf	0.02	m	Pérdida de carga localizada
# Acces.	36.00	unidad	Número de accesorios
	0.72	m	Total Pérdida de carga localizada

- Codos 45° en tubería de PVC

PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS			
DATOS INICIALES			
ETIQUETA	VALOR	UNIDAD	DETALLE
Q	0.005	m ³ /s	Caudal
C	140	-	Coefficiente de H-W
D	0.10	m	Diámetro interior de la tubería
K	0.75	-	K del accesorio
RESULTADOS			
A	0.008	m ²	Área interior
V	0.64	m/s	Velocidad de flujo
hf	0.02	m	Pérdida de carga localizada
# Acces.	26.00	unidad	Número de accesorios
	0.52	m	Total Pérdida de carga localizada

Anexo 4.2

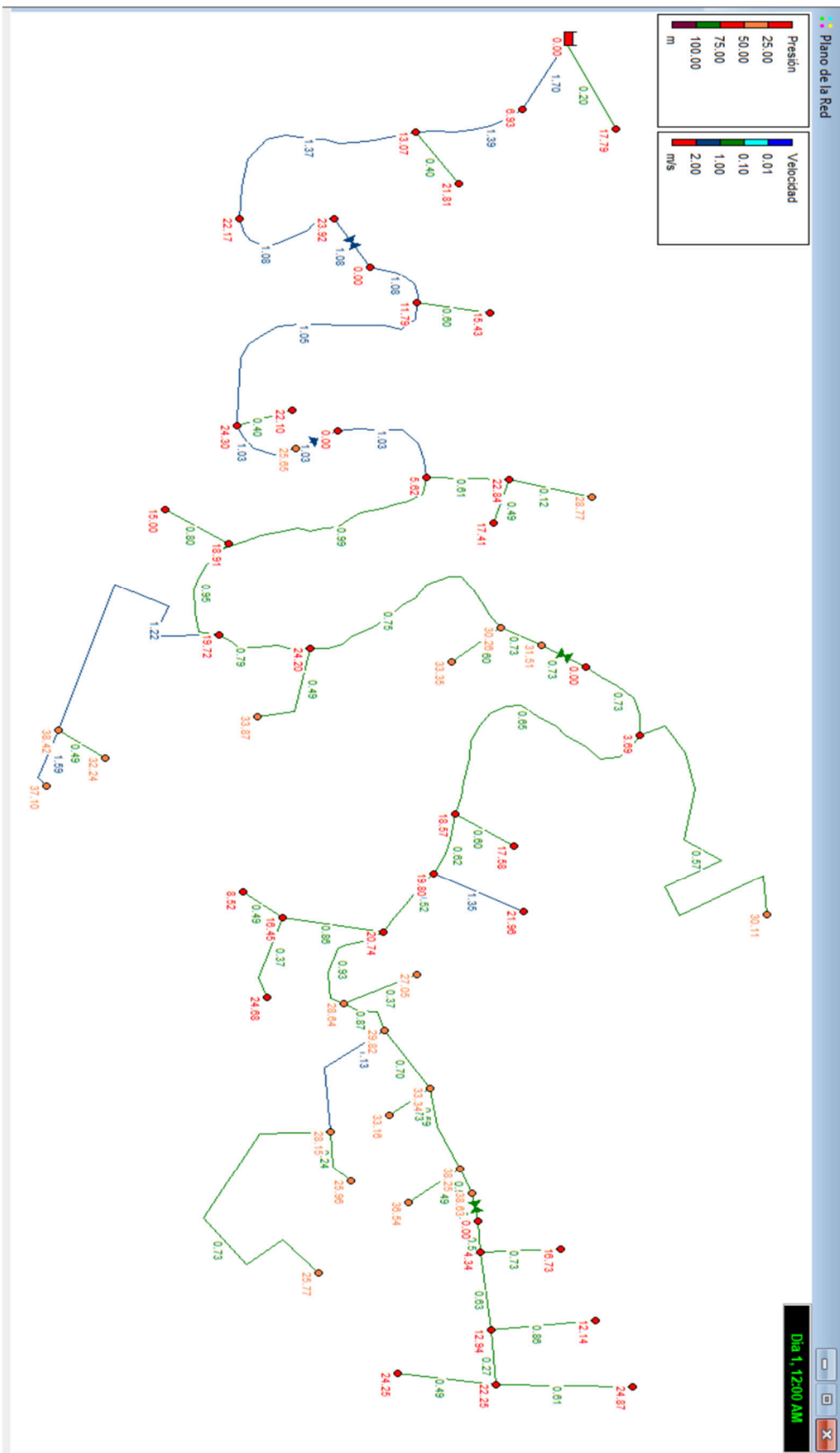
- **Planos de planta convencional de tratamiento de agua potable**

Anexo 5.1.

- **Plano de topografía para la red de distribución**

Anexo 5.2

- Diseño de la red de distribución "Red Principal"



- Informe sobre nodos de la red principal

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 2	2518	0.05	2535.79	17.79
Conexión 3	2528	1.70	2534.93	6.93
Conexión 5	2520	0.00	2533.07	13.07
Conexión SubRed2	2508	1.55	2530.17	22.17
Conexión 7	2492	0.00	2503.79	11.79
Conexión 8	2477	0.00	2501.30	24.30
Conexión 9	2468.5	0.00	2474.12	5.62
Conexión 10	2452.5	0.00	2471.41	18.91
Conexión 11	2451.5	0.00	2471.22	19.72
Conexión 12	2446.5	0.00	2470.70	24.20
Conexión 13	2439.5	0.00	2469.76	30.26
Conexión 14	2434	0.00	2437.69	3.69
Conexión 15	2418	0.00	2436.57	18.57
Conexión 16	2416.5	0.00	2436.30	19.80
Conexión 17	2415.5	0.00	2436.24	20.74
Conexión 18	2403.5	0.00	2433.32	29.82
Conexión 19	2399.5	0.00	2432.84	33.34
Conexión 20	2394.5	0.00	2432.75	38.25
Conexión 21	2389.5	0.00	2393.84	4.34
Conexión 22	2379	0.00	2391.94	12.94
Conexión 23	2369.5	0.00	2391.75	22.25
Conexión 24	2511	0.10	2532.81	21.81
Conexión 25	2488	0.15	2503.43	15.43
Conexión 26	2479	0.10	2501.10	22.10
Conexión 27	2449	0.00	2471.84	22.84
Conexión 28	2454	0.20	2471.41	17.41
Conexión 29	2443	0.05	2471.77	28.77

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 30	2455.5	0.20	2470.50	15.00
Conexión 32	2435	0.20	2468.87	33.87
Conexión 33	2436	0.15	2469.35	33.35
Conexión 35	2418.5	0.15	2436.08	17.58
Conexión 36	2398.5	0.55	2420.46	21.96
Conexión 37	2416	0.00	2432.45	16.45
Conexión 38	2423	0.20	2431.52	8.52
Conexión 39	2406.5	0.15	2431.18	24.68
Conexión 41	2398	0.06	2426.15	28.15
Conexión 42	2400	0.10	2425.96	25.96
Conexión 47	2382	0.30	2407.77	25.77
Conexión 48	2396	0.20	2432.54	36.54
Conexión 49	2371	0.30	2387.73	16.73
Conexión 50	2377	0.60	2389.14	12.14
Conexión 51	2365	0.25	2389.87	24.87
Conexión 52	2399.5	0.30	2432.66	33.16
Conexión 53	2389	0.65	2426.10	37.10
Conexión 54	2405.5	0.00	2434.14	28.64
Conexión 55	2407	0.15	2434.05	27.05
Conexión 57	2505	0.00	2528.92	23.92
Conexión 58	2505	0.00	2505.00	0.00
Conexión 60	2475	0.00	2500.65	25.65
Conexión 61	2475	0.00	2475.00	0.00
Conexión 65	2404	0.00	2442.42	38.42
Conexión 66	2410	0.20	2442.24	32.24
Conexión 68	2392	0.40	2422.11	30.11
Conexión 69	2438	0.00	2469.51	31.51
Conexión 70	2438	0.00	2438.00	0.00
Conexión 74	2394	0.00	2432.63	38.63
Conexión 75	2394	0.00	2394.00	0.00
Conexión 4	2364	0.20	2388.25	24.25
Embalse 1	2536	-9.21	2536.00	0.00

- Informe de tuberías obtenidas en EPANET

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 1	51.38	17.8	-0.05	0.20	4.07
Tubería 2	30.2	82.8	9.16	1.70	35.41
Tubería 4	76.8	82.8	7.46	1.39	24.21
Tubería 5	123	82.8	7.36	1.37	23.61
Tubería 9	209.5	82.8	5.31	0.99	12.90
Tubería 10	16.3	82.8	5.11	0.95	12.02
Tubería 11	61	82.8	4.26	0.79	8.58
Tubería 12	118.7	82.8	4.06	0.75	7.85
Tubería 14	187	82.8	3.51	0.65	5.99
Tubería 15	47.7	82.8	3.36	0.62	5.53
Tubería 16	16.6	82.8	2.81	0.52	3.96
Tubería 19	11.11	58	1.55	0.59	7.46
Tubería 21	168.7	46	1.05	0.63	11.23
Tubería 22	84	46	0.45	0.27	2.34
Tubería 23	17.9	17.8	0.10	0.40	14.72
Tubería 24	11.64	17.8	0.15	0.60	31.17
Tubería 25	13.6	17.8	0.10	0.40	14.73
Tubería 27	52	22.8	0.05	0.12	1.22
Tubería 28	26.8	22.8	0.20	0.49	15.90
Tubería 29	17.25	17.8	0.20	0.80	53.10
Tubería 32	13.15	17.8	0.15	0.60	31.17
Tubería 33	114.7	22.8	0.20	0.49	15.90
Tubería 35	15.51	17.8	0.15	0.60	31.18
Tubería 36	153	22.8	0.55	1.35	103.53
Tubería 37	84.4	22.8	0.35	0.86	44.82
Tubería 38	59	22.8	0.20	0.49	15.90
Tubería 39	136.7	22.8	0.15	0.37	9.33

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 41	96.45	22.8	0.46	1.13	74.36
Tubería 42	43.2	22.8	0.10	0.24	4.41
Tubería 48	5.3	22.8	0.30	0.73	33.70
Tubería 49	13.6	22.8	0.20	0.49	15.90
Tubería 50	181.2	22.8	0.30	0.73	33.69
Tubería 51	85	29.8	0.60	0.86	33.01
Tubería 52	78.1	22.8	0.25	0.61	24.04
Tubería 54	119.1	58	2.46	0.93	17.57
Tubería 55	52.6	58	2.31	0.87	15.64
Tubería 56	46.8	58	1.85	0.70	10.36
Tubería 57	10.1	22.8	-0.15	0.37	9.33
Tubería 59	171.3	82.8	5.66	1.05	14.52
Tubería 60	82.16	82.8	5.81	1.08	15.24
Tubería 61	79.38	82.8	5.81	1.08	15.24
Tubería 63	94.8	22.8	0.25	0.61	24.04
Tubería 64	46.69	82.8	5.56	1.03	14.05
Tubería 65	62.9	82.8	5.56	1.03	14.05
Tubería 70	115.7	22.8	0.65	1.59	141.06
Tubería 71	11.6	22.8	0.20	0.49	15.90
Tubería 73	1000	29.8	0.40	0.57	15.58
Tubería 74	35.1	82.8	3.91	0.73	7.31
Tubería 75	42.8	82.8	3.91	0.73	7.32
Tubería 78	21.9	58	1.35	0.51	5.78
Tubería 79	28.23	58	1.35	0.51	5.78
Tubería 18	219.9	22.8	0.20	0.49	15.90
Tubería 20	545.4	22.8	0.30	0.73	33.69
Tubería 26	457.7	29.8	0.85	1.22	62.92
Válvula 3	No Disponible	82.8	5.81	1.08	23.92
Válvula 6	No Disponible	82.8	5.56	1.03	25.65
Válvula 8	No Disponible	82.8	3.91	0.73	31.51
Válvula 17	No Disponible	46	1.35	0.81	38.63

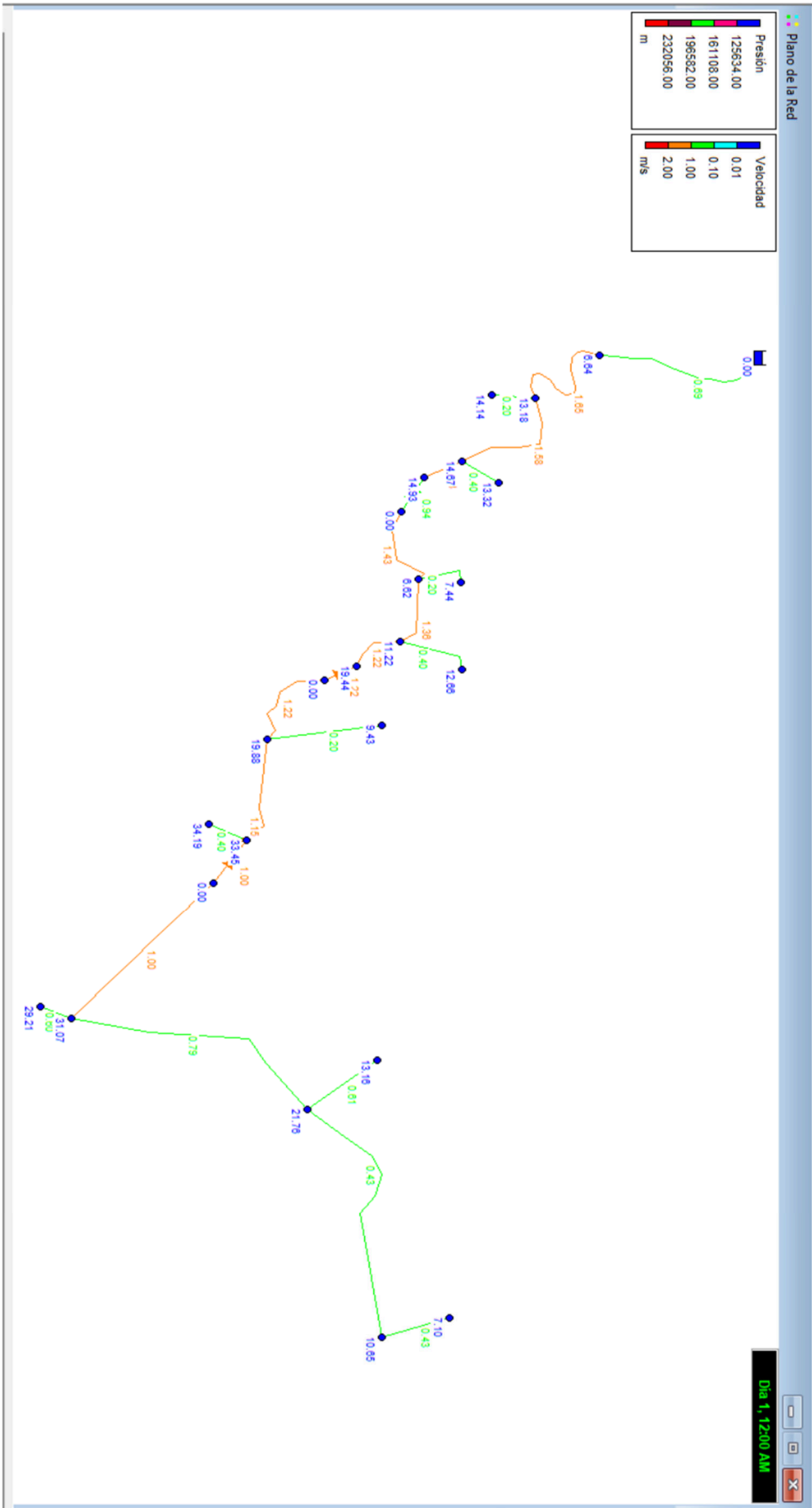
- Informe de nodos obtenidos en EPANET

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 4	2524	0.00	2525.80	1.80
Conexión 5	2494	0.00	2523.41	29.41
Conexión 6	2454.5	0.05	2469.90	15.40
Conexión 7	2498	0.00	2516.69	18.69
Conexión 8	2492	0.05	2516.52	24.52
Conexión 9	2451	0.00	2470.55	19.55
Conexión 10	2460	0.10	2470.29	10.29
Conexión 11	2419	0.00	2461.84	42.84
Conexión 12	2392	0.20	2418.23	26.23
Conexión 13	2394	0.00	2412.02	18.02
Conexión 14	2368	0.20	2405.24	37.24
Conexión 15	2388	0.00	2411.35	23.35
Conexión 16	2351	0.00	2369.64	18.64
Conexión 17	2313	0.05	2339.41	26.41
Conexión 19	2395	0.10	2402.57	7.57
Conexión 20	2519.5	0.00	2523.52	4.02
Conexión 22	2491.5	0.05	2523.28	31.78
Conexión 23	2354	0.10	2369.50	15.50
Conexión 24	2388	0.00	2403.52	15.52
Conexión 25	2391	0.00	2403.18	12.18
Conexión 26	2517.5	0.05	2525.75	8.25
Conexión 27	2393	0.25	2400.21	7.21
Conexión 2	2480	0.00	2510.85	30.85
Conexión 3	2480	0.00	2480.00	0.00
Conexión 21	2419	0.00	2419.00	0.00
Conexión 28	2419	0.00	2419.00	0.00
Conexión 29	2370	0.00	2411.22	41.22
Conexión 30	2370	0.00	2370.00	0.00
Conexión 31	2340	0.00	2369.55	29.55
Conexión 32	2340	0.00	2340.00	0.00
Conexión 18	2470	0.00	2523.33	53.33
Conexión 33	2470	0.00	2470.00	0.00
Embalse 1	2528	-1.20	2528.00	0.00

- Informe de tubería

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 3	20.7	29.8	1.15	1.65	110.12
Tubería 4	84.5	29.8	0.10	0.14	1.20
Tubería 5	34	17.8	0.05	0.20	4.07
Tubería 7	73.3	29.8	1.05	1.51	93.06
Tubería 8	41.8	17.8	0.05	0.20	4.07
Tubería 10	17.2	17.8	0.10	0.40	14.71
Tubería 11	124.5	29.8	0.90	1.29	69.94
Tubería 14	127.6	17.8	0.20	0.80	53.10
Tubería 15	236	46	0.50	0.30	2.84
Tubería 18	9.8	17.8	-0.10	0.40	14.70
Tubería 19	174.7	22.8	0.35	0.86	44.82
Tubería 20	281.7	29.8	0.10	0.14	1.20
Tubería 21	41.17	17.8	0.10	0.40	14.71
Tubería 23	10.2	17.8	0.05	0.20	4.06
Tubería 24	41.19	17.8	0.25	1.00	80.27
Tubería 1	51.7	36.8	1.20	1.13	42.64
Tubería 2	68.7	29.8	1.00	1.43	85.01
Tubería 9	111.2	29.8	1.00	1.43	85.01
Tubería 25	159	29.8	0.70	1.00	43.91
Tubería 13	178.7	29.8	0.20	0.29	4.31
Tubería 16	49.7	29.8	0.15	0.22	2.53
Tubería 17	141.2	29.8	0.15	0.22	2.53
Tubería 29	76	22.8	0.05	0.12	1.22
Tubería 30	484.7	22.8	0.05	0.12	1.22
Tubería 6	70.44	22.8	0.05	0.12	1.22
Tubería 12	83.7	22.8	0.05	0.12	1.22
Válvula 22	No Disponible	29.8	1.00	1.43	30.85
Válvula 22	No Disponible	29.8	1.00	1.43	30.85
Válvula 26	No Disponible	29.8	0.70	1.00	42.84
Válvula 27	No Disponible	29.8	0.20	0.29	42.84
Válvula 28	No Disponible	29.8	0.15	0.22	41.22
Válvula 31	No Disponible	29.8	0.05	0.07	29.55
Válvula 32	No Disponible	29.8	0.05	0.07	53.33

- Diseño de SubMatriz 2 de distribución



- Informes de nodos obtenidos en EPANET

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 5	0.00	2492.18	13.18	0.00
Conexión 6	0.00	2479.67	14.67	0.00
Conexión 8	0.00	2418.88	19.88	0.00
Conexión 9	0.00	2413.45	33.45	0.00
Conexión 10	0.00	2370.57	31.07	0.00
Conexión 11	0.00	2363.76	21.76	0.00
Conexión 12	0.00	2361.65	10.65	0.00
Conexión 16	0.05	2492.14	14.14	0.00
Conexión 17	0.10	2479.32	13.32	0.00
Conexión 19	0.05	2418.43	9.43	0.00
Conexión 20	0.10	2413.19	34.19	0.00
Conexión 21	0.15	2369.71	29.21	0.00
Conexión 22	0.25	2361.16	13.16	0.00
Conexión 23	0.30	2361.10	7.10	0.00
Conexión 28	0.00	2476.93	14.93	0.00
Conexión 29	0.00	2462.00	0.00	0.00
Conexión 30	0.00	2453.62	6.62	0.00
Conexión 31	0.00	2447.22	11.22	0.00
Conexión 32	0.05	2453.44	7.44	0.00
Conexión 33	0.10	2446.66	12.66	0.00
Conexión 34	0.00	2444.44	19.44	0.00
Conexión 35	0.00	2425.00	0.00	0.00
Conexión 36	0.00	2380.00	0.00	0.00
Conexión 2	0.00	2506.64	6.64	0.00
Embalse 1	-1.15	2508.00	0.00	0.00

- Informe de tuberías de la SubRed 2 obtenidas de EPANET

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 4	123.3	29.8	1.10	1.58	101.43
Tubería 7	96.5	29.8	0.80	1.15	56.24
Tubería 9	242.4	29.8	0.55	0.79	28.10
Tubería 10	231.3	29.8	0.30	0.43	9.14
Tubería 15	8.7	17.8	0.05	0.20	4.07
Tubería 16	24	17.8	-0.10	0.40	14.71
Tubería 18	109.35	17.8	-0.05	0.20	4.07
Tubería 19	17.5	17.8	0.10	0.40	14.70
Tubería 20	27.5	17.8	0.15	0.60	31.17
Tubería 21	108	22.8	-0.25	0.61	24.04
Tubería 22	60	29.8	-0.30	0.43	9.14
Tubería 29	32.2	29.8	1.00	1.43	85.01
Tubería 30	98.6	29.8	1.00	1.43	85.01
Tubería 31	82.78	29.8	0.95	1.36	77.31
Tubería 33	43	17.8	0.05	0.20	4.07
Tubería 34	38	17.8	0.10	0.40	14.71
Tubería 35	44.1	29.8	0.85	1.22	62.92
Tubería 36	97.3	29.8	0.85	1.22	62.92
Tubería 1	102.5	46	1.15	0.69	13.29
Tubería 2	131.3	29.8	1.15	1.65	110.13
Tubería 5	214.7	29.8	0.70	1.00	43.92
Válvula 25	No Disponible	36.8	1.00	0.94	14.93
Válvula 26	No Disponible	29.8	0.85	1.22	19.44
Válvula 3	No Disponible	29.8	0.70	1.00	33.45

Anexo 5.3.

- Presupuesto de obra

PRESUPUESTO DE OBRA					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	OBRA CIVIL				40,617.51 \$
1.1	TANQUE PARA LAVADO DE ARENA				1,645.57 \$
1,1,1	Desbroce y limpieza	m2	10.56	1.25 \$	13.20 \$
1,1,2	Replanteo y nivelación	m2	10.56	1.35 \$	14.26 \$
1,1,3	Replanteo hormigón pobre f'c=140 kg/cm2	m3	1.21	115.00 \$	139.66 \$
1,1,4	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	213.20	2.15 \$	458.38 \$
1,1,5	Encofrado recto metálico	m2	33.44	22.00 \$	735.68 \$
1,1,6	Hormigón simple f'c=280 kg/cm2	m3	1.50	189.60 \$	284.40 \$
1.2	PREFILTROS DE GRAVA ASCENDENTES				10,811.49 \$
1,2,1	Desbroce y limpieza	m2	30.41	1.25 \$	38.01 \$
1,2,2	Replanteo y nivelación	m2	30.41	1.35 \$	41.05 \$
1,2,3	Excavación a máquina suelo sin clasificar 0,00 a 2,00 m	m3	36.04	3.75 \$	135.15 \$
1,2,4	Excavación manual suelo sin clasificar 0,00 a 2,00 m	m3	9.01	9.25 \$	83.34 \$
1,2,5	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	50.19	22.50 \$	1,129.17 \$
1,2,6	Replanteo hormigón pobre f'c=140 kg/cm2	m3	6.43	115.00 \$	739.91 \$
1,2,7	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	852.80	2.15 \$	1,833.52 \$
1,2,8	Encofrado de paredes circulares	m2	115.89	15.00 \$	1,738.30 \$
1,2,9	Hormigón simple f'c=280 kg/cm2	m3	4.50	198.25 \$	892.13 \$
1,2,10	Mampostería de cemento 1:2, más impermeabilizante	m3	6.50	250.00 \$	1,625.00 \$
1,2,11	Malla de cerramiento, h=2m	m	70.00	18.26 \$	1,278.20 \$
1,2,12	Malla 5/8, h=1.5m	m	280.00	4.50 \$	1,260.00 \$
1,2,13	Alambre galvanizado # 12	rollo	6.00	2.95 \$	17.70 \$
1.3	FILTROS DE ARENA DESCENDENTES				20,008.21 \$
1,3,1	Desbroce y limpieza	m2	58.45	1.25 \$	73.06 \$
1,3,2	Replanteo y nivelación	m2	58.45	1.35 \$	78.91 \$
1,3,3	Excavación a máquina suelo sin clasificar 0,00 a 2,00 m	m3	105.13	3.75 \$	394.24 \$
1,3,4	Excavación manual suelo sin clasificar 0,00 a 2,00 m	m3	18.56	9.25 \$	171.68 \$
1,3,5	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	23.00	22.50 \$	517.50 \$
1,3,6	Replanteo hormigón pobre f'c=140 kg/cm2	m3	10.31	115.00 \$	1,185.19 \$
1,3,7	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	1066.00	2.15 \$	2,291.90 \$
1,3,8	Encofrado de paredes circulares	m2	182.99	15.00 \$	2,744.87 \$
1,3,9	Hormigón simple f'c=280 kg/cm2	m3	29.66	198.25 \$	5,879.41 \$
1,3,10	Mampostería de cemento 1:2, más impermeabilizante	m3	6.50	250.00 \$	1,625.00 \$
1,3,11	Malla de cerramiento, h=2m	m	80.00	18.26 \$	1,460.80 \$
1,3,12	Malla 5/8, h=1.5m	m	320.00	4.50 \$	1,440.00 \$
1,3,13	Alambre galvanizado # 12	rollo	7.00	2.95 \$	20.65 \$
1,3,10	Mampostería de cemento 1:2, más impermeabilizante	m3	8.50	250.00 \$	2,125.00 \$

1.4	CAJAS DE VÁLVULAS DE FILTRO Y PREFILTRO				1,790.09 \$
1,4,1	Desbroce y limpieza	m2	5.76	1.25 \$	7.20 \$
1,4,2	Replanteo y nivelación	m2	5.76	1.35 \$	7.78 \$
1,4,3	Excavación a máquina suelo sin clasificar 0,00 a 2,00 m	m3	11.52	3.75 \$	43.20 \$
1,4,4	Excavación manual suelo sin clasificar 0,00 a 2,00 m	m3	1.152	9.25 \$	10.66 \$
1,4,5	Replanteo hormigón pobre f'c=140 kg/cm2	m3	0.66	115.00 \$	76.18 \$
1,4,6	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	150.00	2.15 \$	322.50 \$
1,4,7	Encofrado recto metálico	m2	33.12	22.00 \$	728.64 \$
1,4,8	Hormigón simple f'c=280 kg/cm2	m3	2.09	198.25 \$	413.95 \$
1,4,9	Tapa de acero inoxidable 80x80cm	u	2.00	90.00 \$	180.00 \$
1.5	CAJAS DE PASO DRENAJE				1,037.34 \$
1,5,1	Desbroce y limpieza	m2	129.36	1.25 \$	161.70 \$
1,5,2	Replanteo y nivelación	m2	129.36	1.35 \$	174.64 \$
1,5,3	Excavación a máquina suelo sin clasificar 0,00 a 2,00 m	m3	4.44	3.75 \$	16.65 \$
1,5,4	Excavación manual suelo sin clasificar 0,00 a 2,00 m	m3	0.79	9.25 \$	7.31 \$
1,5,5	Replanteo hormigón pobre f'c=140 kg/cm2	m3	0.23	115.00 \$	25.92 \$
1,5,6	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	95.50	2.15 \$	205.33 \$
1,5,7	Encofrado recto metálico	m2	3.28	22.00 \$	72.16 \$
1,5,8	Hormigón simple f'c=280 kg/cm2	m3	1.80	198.25 \$	357.64 \$
1,5,9	Tapa de hormigón armado 80x80cm	u	4.00	4.00 \$	16.00 \$
1.6	TANQUE ROMPE PRESIÓN 1" 8 TANQUES				4,215.05 \$
1,6,1	REPLANTILLO DE PIEDRA, e=0.10 cm.	M2	7.68	10.21 \$	78.43 \$
1,6,2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MADERA	M2	72.00	14.17 \$	1,019.94 \$
1,6,3	HORMIGON SIMPLE f'c=210 Kg/cm2	M3	2.16	149.78 \$	323.53 \$
1,6,4	ENLUCIDO MORTERO 1:2	M2	72	10.34 \$	744.16 \$
1,6,5	PINTURA	M2	72.00	4.36 \$	313.67 \$
1,6,6	SUM. INST CODO PVC 32 mm x 90°	U	8.00	2.48 \$	19.82 \$
1,6,7	SUM. INST ADAPTADOR 32 mm Hembra	U	8.00	4.74 \$	37.94 \$
1,6,8	SUM. INST NEPLO HG 1" x 20 cm	U	16.00	6.37 \$	101.95 \$
1,6,9	SUM. INST CODO HG 1" x 90°	U	8.00	6.95 \$	55.60 \$
1,6,10	SUM-INST Valvula de Compuerta 1" RW	U	8.00	22.28 \$	178.23 \$
1,6,11	SUM-INST Reducción 32 a 25 mm	U	8.00	2.16 \$	17.27 \$
1,6,12	SUM-INST Valvula flotadora 1"	U	8	68.59 \$	548.75 \$
1,6,13	SUM. INST. TAPA DE TOOL 1.05x1,05 M.	U	8	96.97 \$	775.76 \$
1.7	CAPTACIÓN				1,109.76 \$
1,7,1	MURO HORMIGÓN CICLOPEO	M3	2.88	90.54 \$	260.76 \$
1,7,2	MURO HORMIGON ARMADO	M3	3.00	283.00 \$	849.00 \$

2	INSTALACIONES DE AGUA EN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO				484,732.61 \$
2.1	LINEA DE CONDUCCIÓN				332,493.96 \$
2,1,1	Suministro e instalación Tuberia de PVC d=110mm	m	4901	10.89 \$	53,388.60 \$
2,1,2	Suministro e instalación Tuberia de HG d=110mm	m	9157	30.48 \$	279,105.36 \$
2.2	RED DE DISTRIBUCIÓN				130,936.67 \$
2,2,1	Suministro e instalación Tuberia de PVC d=90mm	m	1407.13	6.46 \$	9,089.92 \$
2,2,2	Suministro e instalación Tuberia de PVC d=63mm	m	279.79	2.63 \$	735.85 \$
2,2,3	Suministro e instalación Tuberia de PVC d=50mm	m	591.20	2.57 \$	1,519.38 \$
2,2,4	Suministro e instalación Tuberia de PVC d=40mm	m	51.70	2.48 \$	128.22 \$
2,2,5	Suministro e instalación Tuberia de PVC d=32mm	m	2173.58	2.22 \$	4,825.35 \$
2,2,6	Suministro e instalación Tuberia de PVC d=25mm	m	174.70	2.01 \$	351.15 \$
2,2,7	Excavación manual suelo sin clasificar 0,00 a 2,00 m	m3	4093.34	9.25 \$	37,863.37 \$
2,2,9	Relleno compactado con material de sitio	m3	3602.14	21.00 \$	75,644.94 \$
2,2,10	Cajas de válvulas de hormigon armado con tapa	glb	2	315.00 \$	630.00 \$
2,2,11	Válvulas de compuerta HF D=2"	u	2	74.25 \$	148.50 \$
2.3	INSTALACIONES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO				2,656.91 \$
2,3,1	Suministro e instalación de válvula de compuerta d=25 mm	u	1	29.58 \$	29.58 \$
2,3,2	Suministro e instalación de válvula de compuerta d=50 mm	u	1	89.10 \$	89.10 \$
2,3,3	Suministro e instalación de válvula de compuerta d=100 mm	u	4	386.40 \$	1,545.60 \$
2,3,4	Suministro e instalación de Reductor PVC d=100x50 mm	u	3	38.88 \$	116.64 \$
2,3,5	Suministro e instalación de Reductor PVC d=50x25 mm	u	1	28.08 \$	28.08 \$
2,3,6	Suministro e instalación Tuberia de PVC d=110mm	m	36	10.89 \$	392.04 \$
2,3,7	Suministro e instalación Tuberia de PVC d=50mm	m	8	2.57 \$	20.56 \$
2,3,8	Suministro e instalación Tuberia de PVC d=65mm	m	16	2.63 \$	42.08 \$
2,3,9	Suministro e instalación de Codo PVC d=100 mm	u	6	23.40 \$	140.40 \$
2,3,10	Suministro e instalación de Codo PVC d=25 mm	u	3	3.60 \$	10.80 \$
2,3,11	Suministro e instalación de Codo PVC d=50 mm	u	4	7.20 \$	28.80 \$
2,3,12	Suministro e instalación de Cruz PVC d=110 mm	u	2	55.56 \$	111.11 \$
2,3,13	Suministro e instalación de Union universal PVC d=25 mm	u	9	2.76 \$	24.84 \$
2,3,14	Suministro e instalación de Union universal PVC d=50 mm	u	14	5.52 \$	77.28 \$

2.4	RED DE AGUA POTABLE (Domiciliarias)				18,645.06 \$
2,4,1	Sum,-Ins, Tubo de Cobre D=1/2"	m	206	10.02 \$	2,064.12 \$
2,4,2	Sum,-Ins, Collarin D=63 mm x 1/2" (Especif. Normas Internacionales)	u	206	33.40 \$	6,880.40 \$
2,4,3	Sum,-Ins, Toma de incorporacion D=1/2"	u	206	25.54 \$	5,261.24 \$
2,4,4	Sum,-Ins, Union cobre a cobre D=1/2"	u	206	12.73 \$	2,622.38 \$
2,4,5	Sum, Union Cobre HG D=1/2"	u	206	7.20 \$	1,483.20 \$
2,4,6	Sum, Codo HG D=1/2" 90 grad,	u	206	1.20 \$	247.20 \$
2,4,7	Sum, Neplo HG D=1/2"	u	206	0.42 \$	86.52 \$
				TOTAL SIN IVA	525,350.12 \$

- **Cálculo de cantidades**

PREFILTRO		
GEOMETRIA		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
DIAMETRO EXTERIOR	4.40	m
ESPESOR MURO	0.20	m
ALTURA MURO	2.00	m
ESPESOR DE LOSA	0.20	m
L1 CAJON INTERIOR	0.50	m
L2 CAJON INTERIOR	0.50	m
ALTURA CAJON	0.30	m
ESP LOSA CAJON	0.20	m
ESP MURO CAJON	0.20	m
L1 CAJA VAL	0.80	m
L2 CAJA VAL	0.80	m
ALT CAJA VAL	0.60	m
ESP MURO CAJA VAL	0.10	m
ESP LOSA CAJA VAL	0.10	m
CUANTÍA ACERO MUROS	24.85	kg/m2
CUANTIA ACERO LOSA	24.85	kg/m2
PROFUNDIDAD RASANTE TANQUE	0.00	m
SOBRE ANCHO EXCAVACION	1.00	m
ALTURA MEJORAMIENTO	0.60	m2
ESPESOR REPLANTILLO	0.10	m
CALCULOS METRAJES		
PERÍMETRO TANQUE	13.82	m
AREA MURO TANQUE	27.65	m2
AREA LOSA	15.21	m2
VOLUMEN Hª MUROS	5.53	m3
VOLUMEN Hª LOSA	3.04	m3
VOL VACIO LOSA	0.16	m3
VOL MUROS CAJON	0.17	m3
VOL LOSA CAJON	0.16	m3
VOL TOTAL HORMIGON	8.74	m3
ACERO MUROS	687.01	kg
ACERO LOSA	377.85	kg
ACERO MUROS CAJON	44.73	kg
ACERO LOSA CAJON	20.13	kg
ACERO TOTAL	1129.72	kg
10% TRASLAPES	112.97	kg
TOTAL ACERO	1242.69	kg
CUANTIA (acero/hormigon)	142.21	kg/m3
ENCOFRADO EXT MUROS + LOSA	30.41	m2
ENCOFRADO INT MUROS + LOSA	25.13	m2
ENCOFRADO EXTERIOR CAJA VAL MUROS	1.80	m2
ENCOFRADO INTERIOR CAJA VAL MUROS	0.60	m2
TOTAL ENCOFRADO	57.94	m2
AREA EXCAVACION	32.17	m2
PROFUNDIDAD EXCAVACION	0.70	m
VOLUMEN EXCAVACION	22.52	m3
VOLUMEN DE RELLENO	25.09	m3
VOLUMEN DE REPLANTILLO	3.22	m3

FILTRO		
GEOMETRIA		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
DIAMETRO EXTERIOR	6.10	m
ESPELOR MURO	0.20	m
ALTURA MURO	2.30	m
ESPELOR DE LOSA	0.20	m
L1 CAJON INTERIOR	0.50	m
L2 CAJON INTERIOR	0.50	m
ALTURA CAJON	0.30	m
ESP LOSA CAJON	0.20	m
ESP MURO CAJON	0.20	m
L1 CAJA VAL	0.80	m
L2 CAJA VAL	0.80	m
ALT CAJA VAL	0.60	m
ESP MURO CAJA VAL	0.10	m
ESP LOSA CAJA VAL	0.10	m
CUANTIA ACERO MUROS	24.85	kg/m2
CUANTIA ACERO LOSA	24.85	kg/m2
PROFUNDIDAD RASANTE TANQUE	0.50	m
SOBRE ANCHO EXCAVACION	1.00	m
ALTURA MEJORAMIENTO	0.60	m2
ESPELOR REPLANTILLO	0.10	m
CALCULOS METRAJES		
PERIMETRO TANQUE	19.16	m
AREA MURO TANQUE	44.08	m2
AREA LOSA	29.22	m2
VOLUMEN Hª MUROS	8.82	m3
VOLUMEN Hª LOSA	5.84	m3
VOL VACIO LOSA	0.16	m3
VOL MUROS CAJON	0.17	m3
VOL LOSA CAJON	0.16	m3
VOL TOTAL HORMIGON	14.83	m3
ACERO MUROS	1095.30	kg
ACERO LOSA	726.23	kg
ACERO MUROS CAJON	44.73	kg
ACERO LOSA CAJON	20.13	kg
ACERO TOTAL	1886.40	kg
10% TRASLAPES	188.64	kg
TOTAL ACERO	2075.04	kg
CUANTIA (acero/hormigon)	139.94	kg/m3
ENCOFRADO EXT MUROS + LOSA	47.91	m2
ENCOFRADO INT MUROS + LOSA	41.19	m2
ENCOFRADO EXTERIOR CAJA VAL MUROS	1.80	m2
ENCOFRADO INTERIOR CAJA VAL MUROS	0.60	m2
TOTAL ENCOFRADO	91.50	m2
AREA EXCAVACION	51.53	m2
PROFUNDIDAD EXCAVACION	1.20	m
VOLUMEN EXCAVACION	61.84	m3
VOLUMEN DE RELLENO	48.68	m3
VOLUMEN DE REPLANTILLO	5.15	m3

TANQUE CUADRADO		
GEOMETRIA		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
L1 EXTERIOR	4.40	m
L2 EXTERIOR	2.40	m
ALTURA	1.20	m
ESPELOR MURO	0.20	m
ESPELOR LOSA	0.20	m
CUANTÍA ACERO MUROS	20.00	kg/m2
CUANTIA ACERO LOSA	20.00	kg/m2
CALCULOS METRAJES		
VOLUMEN Hª MUROS	3.07	m3
VOLUMEN Hª LOSA	2.11	m3
VOL TOTAL HORMIGON	5.18	m3
ACERO MUROS	380.80	kg
ACERO LOSA	211.20	kg
10% TRASLAPES	59.20	kg
TOTAL ACERO	651.20	kg
CUANTIA (acero/hormigon)	125.62	kg/m3
ENCOFRADO EXT MUROS + LOSA	19.04	m2
ENCOFRADO INT MUROS + LOSA	14.40	m2
TOTAL ENCOFRADO	33.44	m2
VOLUMEN DE REPLANTILLO	1.21	m3

CAJAS DE VALVULAS		
GEOMETRIA		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
L1 EXTERIOR	0.80	m
L2 EXTERIOR	0.80	m
ALTURA	0.60	m
ESPELOR MURO	0.10	m
ESPELOR LOSA	0.10	m
CUANTÍA ACERO MUROS	12.30	kg/m2
CUANTIA ACERO LOSA	12.30	kg/m2
CALCULOS METRAJES		
VOLUMEN Hª MUROS	0.17	m3
VOLUMEN Hª LOSA	0.06	m3
VOL TOTAL HORMIGON	0.23	m3
ACERO MUROS	27.55	kg
ACERO LOSA	7.87	kg
10% TRASLAPES	3.54	kg
TOTAL ACERO	38.97	kg
CUANTIA (acero/hormigon)	167.96	kg/m3
ENCOFRADO EXT MUROS + LOSA	2.24	m2
ENCOFRADO INT MUROS + LOSA	1.44	m2
TOTAL ENCOFRADO	3.68	m2
VOLUMEN DE REPLANTILLO	0.07	m3

POZO 1		
GEOMETRIA		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
L1 EXTERIOR	0.70	m
L2 EXTERIOR	0.70	m
ALTURA	0.90	m
ESPESOR MURO	0.10	m
ESPESOR LOSA	0.10	m
CUANTÍA ACERO MUROS	12.30	kg/m2
CUANTIA ACERO LOSA	12.30	kg/m2
CALCULOS METRAJES		
VOLUMEN Hª MUROS	0.22	m3
VOLUMEN Hª LOSA	0.05	m3
VOL TOTAL HORMIGON	0.27	m3
ACERO MUROS	34.44	kg
ACERO LOSA	6.03	kg
10% TRASLAPES	4.05	kg
TOTAL ACERO	44.51	kg
CUANTIA (acero/hormigon)	167.98	kg/m3
ENCOFRADO EXT MUROS + LOSA	2.80	m2
ENCOFRADO INT MUROS + LOSA	1.80	m2
TOTAL ENCOFRADO	4.60	m2
VOLUMEN DE REPLANTILLO	0.06	m3
AREA EXCAVACION	0.74	m2
PROFUNDIDAD EXCAVACION	1.00	m
VOLUMEN EXCAVACION	0.74	m3

POZO 2		
GEOMETRIA		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
L1 EXTERIOR	0.70	m
L2 EXTERIOR	0.70	m
ALTURA	1.30	m
ESPESOR MURO	0.10	m
ESPESOR LOSA	0.10	m
CUANTÍA ACERO MUROS	12.30	kg/m2
CUANTIA ACERO LOSA	12.30	kg/m2
CALCULOS METRAJES		
VOLUMEN Hª MUROS	0.31	m3
VOLUMEN Hª LOSA	0.05	m3
VOL TOTAL HORMIGON	0.36	m3
ACERO MUROS	48.22	kg
ACERO LOSA	6.03	kg
10% TRASLAPES	5.42	kg
TOTAL ACERO	59.67	kg
CUANTIA (acero/hormigon)	165.28	kg/m3
ENCOFRADO EXT MUROS + LOSA	3.92	m2
ENCOFRADO INT MUROS + LOSA	2.60	m2
TOTAL ENCOFRADO	6.52	m2
VOLUMEN DE REPLANTILLO	0.06	m3
AREA EXCAVACION	0.74	m2
PROFUNDIDAD EXCAVACION	1.40	m
VOLUMEN EXCAVACION	1.03	m3

POZO 3		
GEOMETRIA		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
L1 EXTERIOR	0.70	m
L2 EXTERIOR	0.70	m
ALTURA	1.80	m
ESPESOR MURO	0.10	m
ESPESOR LOSA	0.10	m
CUANTÍA ACERO MUROS	12.30	kg/m2
CUANTIA ACERO LOSA	12.30	kg/m2
CALCULOS METRAJES		
VOLUMEN Hª MUROS	0.43	m3
VOLUMEN Hª LOSA	0.05	m3
VOL TOTAL HORMIGON	0.48	m3
ACERO MUROS	65.44	kg
ACERO LOSA	6.03	kg
10% TRASLAPES	7.15	kg
TOTAL ACERO	78.61	kg
CUANTIA (acero/hormigon)	163.43	kg/m3
ENCOFRADO EXT MUROS + LOSA	5.32	m2
ENCOFRADO INT MUROS + LOSA	3.60	m2
TOTAL ENCOFRADO	8.92	m2
VOLUMEN DE REPLANTILLO	0.06	m3
AREA EXCAVACION	0.74	m2
PROFUNDIDAD EXCAVACION	1.90	m
VOLUMEN EXCAVACION	1.40	m3

POZO 4		
GEOMETRIA		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
L1 EXTERIOR	0.70	m
L2 EXTERIOR	0.70	m
ALTURA	2.70	m
ESPESOR MURO	0.10	m
ESPESOR LOSA	0.10	m
CUANTÍA ACERO MUROS	12.30	kg/m2
CUANTIA ACERO LOSA	12.30	kg/m2
CALCULOS METRAJES		
VOLUMEN Hª MUROS	0.65	m3
VOLUMEN Hª LOSA	0.05	m3
VOL TOTAL HORMIGON	0.70	m3
ACERO MUROS	96.43	kg
ACERO LOSA	6.03	kg
10% TRASLAPES	10.25	kg
TOTAL ACERO	112.70	kg
CUANTIA (acero/hormigon)	161.70	kg/m3
ENCOFRADO EXT MUROS + LOSA	7.84	m2
ENCOFRADO INT MUROS + LOSA	5.40	m2
TOTAL ENCOFRADO	13.24	m2
VOLUMEN DE REPLANTILLO	0.06	m3
AREA EXCAVACION	0.74	m2
PROFUNDIDAD EXCAVACION	2.80	m
VOLUMEN EXCAVACION	2.06	m3

RESUMEN				
RUBRO	ELEMENTO	SUBTOTAL	CANTIDAD	TOTAL
REPLANTEO	PREFILTRO	15.21	2	30.41
	FILTRO	29.22	2	58.45
	CAJAS DE VALVULAS	0.64	9	5.76
	CAJA DE ARENA	10.56	1	10.56
	POZOS	2.94	44	129.36
EXCAVACION	PREFILTRO	22.52	2	45.04
	FILTRO	61.84	2	123.67
	CAJAS DE VALVULAS	0	9	0.00
	CAJA DE ARENA	0	1	0.00
	POZOS	5.22	1	5.22
RELLENO	PREFILTRO	25.09	2	50.19
	FILTRO	48.68	2	97.35
	CAJAS DE VALVULAS	0	9	0.00
	CAJA DE ARENA	0	1	0.00
	POZOS	0.00	1	0.00
PREPLANTILLO	PREFILTRO	3.22	2	6.43
	FILTRO	5.15	2	10.31
	CAJAS DE VALVULAS	0.07	9	0.66
	CAJA DE ARENA	1.21	1	1.21
	POZOS	0.23	1	0.23
ACERO	PREFILTRO	1242.69	2	2485.38
	FILTRO	2075.04	2	4150.08
	CAJAS DE VALVULAS	38.97	9	350.70
	CAJA DE ARENA	651.20	1	651.20
	POZOS	295.50	1	295.50
ENCOFRADO	PREFILTRO	57.94	2	115.89
	FILTRO	91.50	2	182.99
	CAJAS DE VALVULAS	3.68	9	33.12
	CAJA DE ARENA	33.44	1	33.44
	POZOS	33.28	1	33.28
HORMIGÒN	PREFILTRO	8.74	2	17.48
	FILTRO	14.83	2	29.66
	CAJAS DE VALVULAS	0.23	9	2.09
	CAJA DE ARENA	5.18	1	5.18
	POZOS	1.80	1	1.80

Anexo 5.5

- Análisis de costo de agua potable por metro cúbico

PLAN TARIFARIO				
Caudal	4.20	l/s		
Caudal m ³ /mes Entregados	25,920.00	m ³ /mes	DOTACION / CASA m ³ /s	0.05
Caudal m ³ /mes Producidos	10,886.40	m ³ /mes	DOTACION / HABITANTE m ³ /s	0.01
Dosis Sulfato (Promedio Mensual)	0.00	mg/l	20.00	
Dosis Polímero (Promedio Mensual)	0.00	mg/l	0.20	
Dosis Cloro (Promedio Mensual)	1.50	mg/l		

COSTOS DE INSUMOS QUÍMICOS PARA EL TRATAMIENTO			
Insumo Químico	Consumo Mensual Kg.	Precio Unitario	Precio Total
Sulfato de Aluminio	217.73	0.78	0.00
Polímero	2.177	9.10	0.00
CLORO LIQUIDO (NaOCl al 10%)	179.63	0.30	53.89
Permanganato de Potasio	0.00		0.00
Subtotal Insumos Químicos			53.89
No. Días mes:	30	días	

COSTOS RECURSOS HUMANOS MES							
Descripción de Cargo	Salario Unificado A	Décimo Tercer Sueldo (A+B)/12 C	Décimo Cuarto Sueldo (Salario básico/12) D	IESS		Total Mensual (A+B+C+D+E+F) H	Costo Mensual RRHH en la Planta (H X I)
				Fondos de Reserva (A/12) E	Aportes Patronales 11,00% x A F		
Supervisor de Planta	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00	37.50	0.00
Inspector de Planta	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00	37.50	0.00
Operadores de Planta	450.00	37.50	37.50	37.50	49.50	612.00	612.00
Auxiliar de Operación	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00	37.50	0.00
Horas Extras Supervisor de Plantas		0.00	37.50				0.00
Horas Extras Operador Planta		0.00	37.50				0.00
Horas Extras Auxiliar de Operación		0.00	37.50				0.00
Horas Extras Inspector de Plantas		0.00	37.50				0.00
Horas Extras de Peones		0.00	37.50				0.00
Horas Extras de Plomero		0.00	37.50				0.00
Horas extras de Albañil		0.00	37.50				0.00
Técnico de Mantenimiento Eléctrico	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00	37.50	0.00
Operador de la Planta de Lodos	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00	37.50	0.00
Técnico de Mantenimiento Mecánico	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00	37.50	37.50
Chofer	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00	37.50	0.00
Peón	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00	37.50	0.00
Plomero	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00	37.50	0.00
Albañil	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00	37.50	0.00
Subtotal Recursos Humanos							649.50

DESGLOSE CONSUMOS SERVICIO ENERGÍA ELÉCTRICA (Kwh)					
Energía act. A (L-V) (08h00-18h00)	Energía act. B (L-V) (18h00-22h00)	Energía act. C (L-V 22h00-08h00 S,D,F 22h00-18h00)	Energía act. D (S,D,F) (18h00-22h00)	TOTAL CONSUMO (kWh)	
	4,104.00	17,551.00	2,058.00	0.00	
DESGLOSE CONSUMOS SERVICIO ENERGÍA ELÉCTRICA					
(1)	(4)	(5)	TOTAL		
Sector Eléctrico	Alumbrado Público	TOTAL (1)	Bomberos	Recolección Basura	(US \$)
	10.00	20.00	0.00	0.00	20.00

GASTOS ADMINISTRATIVOS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Energía Eléctrica	global/mes	1.00	10.00	10.00
Mantenimiento de Areas Verdes	global/mes	1	0.00	0.00
Materiales y Mantenimiento de Oficina	global/mes	1	5.00	5.00
Subtotal Gastos Administrativos				15.00

*El consumo eléctrico para tareas de producción corresponden al 30% del total planillado , el saldo se consume en el bombeo hacia la reserva de distribución.

MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Gastos Varios para OyM	global/mes	1	100.00	250.00
Subtotal Gastos de Materiales				250.00

COSTO OyM POR MES	988.39
--------------------------	---------------

COSTO TOTAL DE PROYECTO PARA SER PAGADO EN 20 AÑOS	2,189.00
---	-----------------

COSTOS INDIRECTOS (gastos administrativos y financieros, enfermería, trabajo social)	296.52
---	---------------

COSTO TOTAL	3,473.90
--------------------	-----------------

COSTO TOTAL m3 PRODUCIDO (\$/m3)	\$ 0.35
---	----------------

Anexo 5.6.

- **Manual de Operación y Mantenimiento**

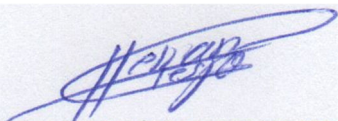
Anexo 5.7.

- **Especificaciones Técnicas**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

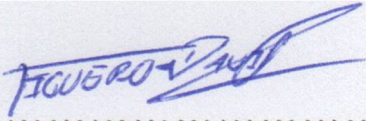
Hernan Andrés Crespo Álvarez y Christian David Figueroa Cañar portadores de la cédula de ciudadanía N° **0106601727** y N° **0104803218**. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del proyecto de titulación “**DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE QUIMZHI, CANTÓN GUALACEO**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste proyecto de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **16 de mayo de 2023**

F: 

Hernan Andrés Crespo Álvarez

C.I. **0106601727**

F: 

Christian David Figueroa Cañar

C.I. **0104803218**