



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

**Diseño del Sistema de Agua Potable para la Comunidad Moisés del
Bosque del Cantón Limón Indanza.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE
CONSTRUCCIONES

AUTORES

CAMPOVERDE VALVERDE MARÍA MARCELA
LÓPEZ LOZANO CRISTIAN FERNANDO

DIRECTOR

ING. PhD. JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA – ECUADOR

2024

Dedicatoria

Este diseño va dedicado a todas las personas que nunca dejaron de confiar en mí, de manera especial a mis padres Marcelino y Elena, mi esposo Víctor José, mi suegra, mis hermanos, abuelos, tíos y sobre todo al motor de mi vida, mis tres hijas, Naomi Elizabeth, María José y Zoe Milagros; todos ellos han sido mi fortaleza y aportaron con su granito de arena para hoy estar cumpliendo mi más anhelado sueño, ser una profesional. No me va a alcanzar la vida para compensarles sobre todo el tiempo, su tiempo que pusieron en mi vida para colaborar con mis estudios. Los amo con todas mis fuerzas.

Marcela

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de titulación a mis hermanos Josselyn y Anthony, a mi abuelita Zoila, y especialmente a mis amados padres Jiovany y Rosita, que día a día luchan por sacar adelante a sus hijos, ellos son mi pilar fundamental quienes me fortalecen, y que a través de su vivo ejemplo supieron inculcarme el valor de la honestidad, disciplina, perseverancia, respeto y amor, valores que han sentado las bases para cumplir todo lo que me proponga en el transcurso de la vida.

Cristian

Agradecimientos

Agradezco primeramente a todos los docentes de la Universidad por haberme impartido sus conocimientos, de manera especial al Ingeniero Josué Larriva por haber sido nuestro guía en este proyecto de graduación. Quiero hacer un reconocimiento especial a quien en vida fue el Ingeniero Cristian Moyano, porque influyó en mi proceso en un momento crucial para consolidar mis aspiraciones.

Por último, agradezco a mi familia y mis amigas de la Universidad porque desde el primer instante no me soltaron y fueron mi pilar para haber llegado hasta donde llegué, gracias Sari, Vicky, Mayra, Gaby, Brumi, y Noelia, las quiero mucho mis Inges.

Marcela

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por darme salud, sabiduría y fortaleza para culminar con éxito lo que me propongo, también agradezco a mis padres por estar siempre alentándome y ayudándome a cumplir con mis sueños propuestos, a mis maestros por contribuir en mi formación académica en especial al Ing. Josue Larriva por haber compartido sus valiosos conocimientos y ser guía del presente proyecto de graduación.

Cristian

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	12
ANTECEDENTES	13
ALCANCE	14
OBJETIVOS	15
CAPÍTULO I.....	16
1. RECOPIACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PRELIMINAR PARA EL DISEÑO.....	16
1.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	16
1.2. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA COMUNIDAD.....	17
1.3. DATOS PRELIMINARES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	18
1.3.1. <i>Características generales de la parroquia Santa Susana de Chiviaza</i>	18
1.3.2. <i>Análisis demográfico</i>	19
1.3.3. <i>Problemas y potencialidades de la comunidad Moisés del Bosque</i>	21
1.4. CONCEPTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	23
1.4.1. <i>Agua potable</i>	23
1.4.2. <i>Sistema de Abastecimiento de agua potable</i>	23
1.4.3. <i>Catastro de Agua Potable</i>	23
1.4.4. <i>Modelación hidráulica de sistemas de agua potable</i>	23
CAPÍTULO II.....	24
2. REVISIÓN DE LA NORMATIVA EXISTENTE Y DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO	24
2.1. REVISIÓN DE LA NORMATIVA GENERAL DEL ECUADOR Y LOCAL DEL CANTÓN LIMÓN INDANZA ZONA RURAL	24
2.2. CÓDIGO ECUATORIANO PARA EL DISEÑO DE LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS SANITARIAS – SISTEMAS DE AGUA POTABLE	26
2.2.1. <i>Fuente de Abastecimiento</i>	26

2.2.2.	<i>Captación</i>	26
2.2.3.	<i>Conducción</i>	27
2.2.3.1.	Caudal de Diseño	27
2.2.3.2.	Tipos de Conducción	27
2.2.4.	<i>Tratamiento</i>	28
2.2.4.1.	Almacenamiento.....	28
2.2.5.	<i>Distribución de agua potable</i>	29
2.2.6.	<i>Abastecimientos públicos</i>	30
2.3.	BASES DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	30
2.3.1.	<i>Definiciones</i>	31
2.3.2.	<i>Disposiciones específicas</i>	32
2.3.2.1.	Período de Diseño.....	32
2.3.2.2.	Población de diseño	32
2.3.2.3.	Niveles de servicio	33
2.3.2.4.	Dotaciones	34
2.3.2.5.	Variaciones de consumo	34
2.3.2.6.	34
2.3.2.7.	Caudal máximo horario.....	35
2.3.2.8.	Fugas.....	35
2.4.	COMPONENTES DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	35
2.4.1.	<i>Tubería</i>	36
2.4.2.	<i>Válvulas</i>	36
2.4.2.1.	Válvulas de aire.....	37
2.4.2.2.	Válvulas de purga.....	37
2.4.3.	<i>Piezas especiales</i>	38
2.5.	INFORMACIÓN CATASTRAL.....	38
2.5.1.	<i>Habitantes por vivienda</i>	39
2.5.2.	<i>Tasa de crecimiento poblacional</i>	39
2.5.3.	<i>Número total de viviendas</i>	39
2.6.	DATOS HIDRÁULICOS PARA EL DISEÑO.....	40

2.6.1.	<i>Fuente de abastecimiento</i>	40
2.6.2.	<i>Período de diseño</i>	40
2.6.2.1.	Población actual y Población de diseño	40
CAPÍTULO III		42
3.	DISEÑO A DETALLE DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	42
3.1.	NIVEL DE SERVICIO.....	42
3.2.	DOTACIÓN MEDIA FUTURA	42
3.3.	CAUDAL MEDIO DIARIO.....	43
3.4.	CAUDAL MÁXIMO DIARIO QMD.....	43
3.5.	CAUDAL MÁXIMO HORARIO QMH.....	44
3.6.	CAUDALES DE DISEÑO.....	44
3.6.1.	<i>Caudal la fuente</i>	44
3.6.2.	<i>Caudal de la captación</i>	45
3.6.3.	<i>Caudal de la conducción</i>	45
3.6.4.	<i>Caudal de tratamiento</i>	46
3.6.5.	<i>Volumen de almacenamiento</i>	46
3.6.6.	<i>Caudal de distribución</i>	47
3.7.	DISEÑO DE LA CAPTACIÓN	47
3.7.1.	<i>Diseño de Captación tipo toma de fondo</i>	48
3.7.1.1.	Proceso de diseño:.....	49
3.8.	DISEÑO DE LA CONDUCCIÓN	50
3.8.1.	<i>Dimensionamiento</i>	51
3.9.	DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	53
3.9.1.	<i>Dimensionamiento del Filtro Lento de Arena</i>	56
3.9.2.	<i>Sistema de desinfección</i>	58
3.9.3.	<i>Tanque de Almacenamiento</i>	59
3.10.	DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	60
3.11.	RESULTADOS	64

3.11.1.	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	64
3.11.2.	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN.....	66
CONCLUSIONES		67
RECOMENDACIONES		68
BIBLIOGRAFÍA		70

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1.	MAPA BASE DE LA PARROQUIA SANTA SUSANA DE CHIVIAZA	19
FIGURA 2.1.	POBLACIÓN PROYECTADA POR LOS TRES MÉTODOS DE LA COMUNIDAD MOISÉS DEL BOSQUE	42
FIGURA 3.1.	AFORO DE CAUDAL DONDE SE IMPLEMENTARÁ LA INFRAESTRUCTURA DE CAPTACIÓN	48
FIGURA 3.2.	VISTA PERFIL CAPTACIÓN TOMA DE FONDO	49
FIGURA 3.3.	MODELAMIENTO DE LA RED DE CONDUCCIÓN	52
FIGURA 3.4.	GEOMETRÍA DEL FILTRO LENTO DE ARENA.....	58
FIGURA 3.5.	MODELO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	61
FIGURA 3.6.	TRAMO 1 DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	62
FIGURA 3.7.	TRAMO 2 DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	63
FIGURA 3.8.	TRAMO 3 DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	64
FIGURA 3.9.	PRESIONES DE LA RED DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE MOISÉS DEL BOSQUE	65
FIGURA 3.10.	SIMBOLOGÍA DE WATERCAD	65
FIGURA 3.11.	PRESIONES Y POLÍGONOS DE THIESSEN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	66
FIGURA 3.12.	SIMBOLOGÍA DE WATERCAD	66

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. POBLACIÓN PROYECTADA DE LA PARROQUIA CHIVIAZA 2010-2020	20
TABLA 1.2. DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL POR SECTORES DE LA PARROQUIA CHIVIAZA PROYECTADA AL AÑO 2020	21
TABLA 2.1. MÉTODOS PROPUESTOS PARA PROYECCIÓN POBLACIONAL	32
TABLA 2.2. TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	33
TABLA 2.3. NIVELES DE SERVICIO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS.....	33
TABLA 2.4. DOTACIONES DE AGUA PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE SERVICIO	34
TABLA 2.5. PORCENTAJES DE FUGAS A CONSIDERARSE EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	35
TABLA 2.6. CRECIMIENTO POBLACIONAL CALCULADO POR LOS 3 MÉTODOS.....	41
TABLA 3.1. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE MOISÉS DEL BOSQUE	54
TABLA 3.2. CRITERIOS DE CALIDAD PARA AGUAS DE CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO Y QUE PARA SU POTABILIZACIÓN SOLO REQUIEREN DESINFECCIÓN.	55

Diseño del Sistema de Agua Potable para la comunidad Moisés del Bosque del Cantón Limón Indanza.

RESUMEN

El presente proyecto de tesis, titulado "Diseño del Sistema de Agua Potable para la Comunidad Moisés del Bosque del Cantón Limón Indanza", aborda la necesidad imperiosa de proporcionar acceso a agua potable tratada a la comunidad Shuar Moisés del Bosque. En la actualidad, los habitantes consumen agua cruda, lo que los expone a diversas enfermedades.

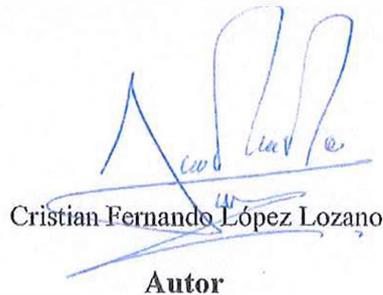
El diseño propuesto contempla una línea de conducción de 346,74 metros de longitud con un diámetro de 20 mm, y una red de distribución de 1063.68 metros con un diámetro de 25 mm. Para esto, se utilizará tubería de PVC E/C con una presión de trabajo de 1,25 Mpa debido a su rentabilidad y facilidad de manejo en la construcción. Además, se ha diseñado una planta de tratamiento que incluye un filtro lento de arena, un sistema de desinfección con hipoclorito de sodio, y un tanque de almacenamiento de 15 m³.

Este proyecto se basa en la normativa ecuatoriana INEN 5 PARTE 9-1:1992 y busca mejorar significativamente la calidad de vida de los habitantes de la comunidad.

PALABRAS CLAVE: Tratamiento, agua potable, diseño y modelación hidráulica, comunidad, tratamiento de agua cruda.


María Marcela Campoverde Valverde

Autor


Cristian Fernando López Lozano

Autor

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Director de Trabajo de Titulación

**Design of the Potable Water System for the Moisés del Bosque Community of
Limón Indanza Canton**

ABSTRACT

This thesis project, titled "Design of the Potable Water System for the Moisés del Bosque Community of Limón Indanza Canton," addresses the urgent need to provide access to treated drinking water for the Shuar Moisés del Bosque community. Currently, the residents consume raw water, which exposes the entire community to various diseases.

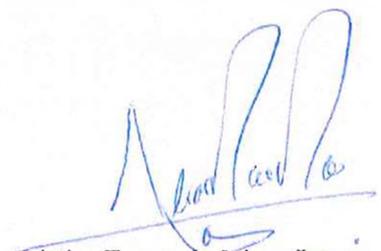
The proposed design includes a 346.74 meter long conveyance line with a diameter of 20 mm, and a 1063.68 meter long distribution network with a diameter of 25 mm. For this, PVC F/C pipes with a working pressure of 1.25 Mpa will be used due to their cost-effectiveness and ease of construction. Additionally, a treatment plant has been designed that includes a slow sand filter, a disinfection system with sodium hypochlorite, and a 15 m³ storage tank.

This project is based on the Ecuadorian standard INEN 5 PART 9-1:1992 and aims to significantly improve the quality of life of the community's inhabitants.

KEYWORDS: Treatment, drinking water, design and hydraulic modeling, community, raw water treatment.


María Marcela Campoverde Valverde

Author


Cristian Fernando López Lozano

Author

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Thesis Director

INTRODUCCIÓN

El impacto social que tiene el agua potable es muy amplio, pues de ahí deriva la calidad de vida de los consumidores, y al hacer uso y consumo de agua potable se reduce la propagación de enfermedades por falta de saneamiento, enfermedades que por lo general tiene mayor impacto en niños y adultos de la tercera edad por ser más vulnerables.

La comunidad Shuar Moisés del Bosque, perteneciente a la parroquia Santa Susana de Chiviaza del cantón Limón Indanza no cuenta con un sistema de agua potable, las personas del sitio consumen agua cruda que va entubada desde una toma de agua natural que se distribuye hacia las diferentes viviendas de las familias del sector. La falta de acceso al líquido vital tratado pone en peligro a todos los miembros de la comunidad porque se ven expuestos a diversas enfermedades.

La implementación de un sistema de agua potable para la comunidad no solo es una necesidad urgente desde el punto de vista de la salud y el bienestar, sino también un paso esencial para promover el desarrollo sostenible y el cumplimiento de los derechos humanos básicos. El no tener acceso a agua potable restringe el desarrollo socioeconómico y la falta de higiene y saneamiento adecuados afecta la productividad laboral y limita las oportunidades educativas.

La necesidad de cubrir servicios básicos se ha vuelto más evidente en las comunidades Shuar de la región amazónica puesto que son los sectores más abandonados de nuestro país, carecen de muchos o todos los servicios básicos que el ser humano necesita, de ahí la importancia de poder aportar de alguna manera a mejorar sus condiciones de vida.

El GAD Municipal del cantón Limón Indanza no cuenta aún con un estudio técnico para el desarrollo de una planta de tratamiento de agua y al ser el agua potable un derecho humano fundamental reconocido por las Naciones Unidas y considerada una obra de vital importancia dentro de las gestiones Gubernamentales, proponemos el siguiente diseño para el sistema de agua potable para la comunidad.

ANTECEDENTES

En la actualidad varias comunidades del Ecuador no cuentan con suministro de agua potable, ocasionado problemas en la salud en los consumidores especialmente en los más vulnerables como lo son niños, mujeres embarazadas y ancianos. La comunidad Moisés del Bosque del Cantón Limón Indanza sufre de este problema ya que carecen de este servicio básico vital, esto con el tiempo ha ido generando problemas en los comuneros ocasionado dificultades con su bienestar y su salud, ya que no cuentan con un sistema de agua tratado apto para su consumo.

Moisés del Bosque es una comunidad shuar, un grupo indígena que habita en la Amazonia Ecuatoriana, estas comunidades enfrentan importantes desafíos para acceder al líquido vital, la necesidad de cubrir servicios básicos se ha vuelto más evidentes para estas comunidades ya que son los sectores más abandonados de nuestro país, carecen de muchos o todos los servicios básicos que el ser humano necesita para su bienestar. En la actualidad ante eventos de precipitaciones fuertes el agua toma un color turbio y al carecer de un sistema construido apto para su uso, las mujeres de la zona se exponen realizando largas caminatas para buscar el líquido vital apto para su consumo, cargando sobre sus hombros pesadas cargas de agua, esto claramente reduce la calidad de vida y limita las oportunidades para participar en otras actividades productivas.

Estos problemas continuos que se da en la comunidad por la falta del sistema de agua potable han generado que el Gad municipal de Limón Indanza tome la decisión de abordar esta problemática en la comunidad Moisés del Bosque y por ende obtener respuestas significativas, se busca plasmar el diseño de un sistema de agua potable para la comunidad, aportando significativamente en beneficio de la comunidad, mejorando la calidad de vida de los habitantes.

ALCANCE

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar un diseño integral de un sistema de abastecimiento de agua para la comunidad del cantón Limón Indanza. Este proceso se iniciará con la recopilación exhaustiva de información preliminar, incluyendo un levantamiento topográfico detallado y la realización de encuestas socioeconómicas. Paralelamente, se llevará a cabo un análisis minucioso de la Norma de diseño de proyectos hidrosanitarios del Ecuador, así como de las normativas locales aplicables en el cantón.

Con base en estos datos, se procederá al diseño técnico del sistema, que comprenderá tres componentes principales:

Un punto de captación y conducción de agua cruda, diseñado meticulosamente para las condiciones específicas del terreno y las necesidades de la comunidad.

Una planta de tratamiento que incorporará un sistema de filtración, cuyo elemento central será un filtro lento de arena, seleccionado por su eficacia y adecuación a las características del agua local.

Una red de distribución principal, que se extenderá desde la planta de tratamiento hasta los puntos de suministro en la comunidad.

El diseño resultante será presentado al Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de Limón Indanza. El propósito de esta presentación es proporcionar a las autoridades locales un proyecto técnicamente viable y socialmente beneficioso, que puedan implementar en el futuro para mejorar significativamente la calidad de vida de los habitantes de la zona, garantizando su acceso a agua potable de manera sostenible.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Diseñar el Sistema de Agua Potable para la comunidad Moisés del Bosque, del Cantón Limón Indanza como aporte al desarrollo socioeconómico de sus habitantes para mejorar su calidad de vida.

Objetivos Específicos:

- Recopilar y levantar la información preliminar, para identificar la franja topográfica para el diseño de la conducción y los puntos importantes de la planta y la red de distribución, también mediante encuestas socioeconómicas a la población determinar la población futura para conocer las necesidades de caudal.
- Revisar la normativa existente de proyectos hidrosanitarios del Ecuador y las normativas locales del cantón Limón Indanza y determinar los criterios de diseño a partir de la población antes determinada para saber cuáles son los caudales de diseño de cada uno de los elementos.
- Diseñar a detalle los elementos del sistema de agua potable para la comunidad.

CAPÍTULO I

1. RECOPIACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PRELIMINAR PARA EL DISEÑO

1.1. Levantamiento topográfico

La Comunidad Moisés del Bosque, ubicada en el Cantón Limón Indanza, provincia de Morona Santiago, Ecuador, requiere un levantamiento topográfico detallado para el desarrollo del diseño de su sistema de agua potable. Este estudio proporciona información precisa sobre la topografía del terreno, las infraestructuras existentes y las características naturales relevantes de la zona. Para el levantamiento topográfico se utilizaron dos tecnologías complementarias: una estación total y un sistema RTK (Real-Time Kinematic), dicho levantamiento fue realizado por personal técnico del GAD Parroquial de Santa Susana de Chiviza.

La estación total se empleó para medir con precisión los siguientes elementos clave del proyecto:

- La ubicación de la fuente de agua (captación)
- La ruta de la línea de conducción
- El sitio propuesto para el tanque de almacenamiento
- El trazado de la red de distribución en la comunidad

Durante el proceso, se registraron meticulosamente las elevaciones, coordenadas y distancias de cada punto relevante. El uso del sistema RTK complementó estas

mediciones, proporcionando correcciones en tiempo real y aumentando la precisión global del levantamiento (García J. , 2020).

Este exhaustivo proceso de levantamiento topográfico proporciona la base necesaria para el diseño detallado del sistema de agua potable. Los datos obtenidos permitirán:

Calcular las presiones en diferentes puntos del sistema

Determinar las ubicaciones óptimas para la infraestructura necesaria

Planificar eficientemente la red de distribución en la Comunidad Moisés del Bosque

Con esta información precisa, podremos diseñar un sistema de agua potable eficiente y sostenible que satisfaga las necesidades de la comunidad, asegurando un suministro confiable de agua limpia para sus habitantes (Pérez, 2021).

1.2. Levantamiento de información socioeconómica de la comunidad

La comunidad Moisés del Bosque presenta un perfil socioeconómico complejo, con una economía basada principalmente en la agricultura, ganadería y pesca, aunque enfrenta dificultades para acceder a mercados para sus productos (Sánchez, 2019). Las viviendas son mayoritariamente precarias, requiriendo mejoras significativas (INEC, 2020). La comunidad enfrenta desafíos como la deforestación, contaminación ambiental, falta de oportunidades laborales y acceso limitado a servicios básicos Rodríguez, L. (2021).

Sin embargo, existen oportunidades de desarrollo a través del turismo comunitario, la comercialización de productos locales, el fortalecimiento de la organización social y

la gestión de proyectos para mejorar la infraestructura y los servicios, lo que podría impulsar el progreso socioeconómico de la región (García M. , 2018).

1.3.Datos preliminares de la zona de estudio

1.3.1. Características generales de la parroquia Santa Susana de Chiviaza

La Parroquia Santa Susana de Chiviaza fue establecida oficialmente como una división administrativa en la región de Morona Santiago, mediante la publicación en el Registro Oficial N° 722 el 25 de enero de 1951. Está situada al sur de la Provincia de Morona Santiago, en la parroquia Río Negro del Cantón Limón Indanza, en la Zona de Planificación 6, como se muestra en la **Figura 1.1**. Esta parroquia comprende un área urbana y varios sectores dispersos en su territorio, abarcando una extensión de 28,480.18 hectáreas, con un rango altitudinal que va desde los 500 metros sobre el nivel del mar hasta los 2800 metros sobre el nivel del mar (GAD Parroquial Santa Susana de Chiviaza, 2020).

Santa Susana de Chiviaza limita al norte con la comunidad Nuevo Horizonte, las parroquias de San Luis del Acho y Patuca, al sur con la comunidad Santa Rita y la parroquia San Antonio, al este con el río Morona y las parroquias Patuca y Santiago, y al oeste con la comunidad Unión Mantua, Yunganza, General Leónidas Plaza y San Antonio. Cabe mencionar que en estos últimos años ha surgido la comunidad Moisés del Bosque como un nuevo centro poblado, mientras que la población de Ampacay ha desaparecido, lo que aproximadamente se proyecta una población a 767 habitantes (Universidad del Azuay, 2020, pág. 34).

Además, la comunidad Moisés del Bosque se destaca por su biodiversidad, que incluye una variada flora con especies como la caoba, el cedro y la canela, así como una fauna que comprende animales como el jaguar, el mono capuchino y el loro.

El asentamiento humano de la comunidad Moisés del Bosque se encuentra en las coordenadas X:794715,30; Y:9682229,71 (GAD Parroquial Santa Susana de Chiviaza, Universidad del Azuay, 2020, pág. 141).

La Figura 1.1 ofrece una visualización cartográfica integral de la parroquia Santa Susana de Chiviaza.

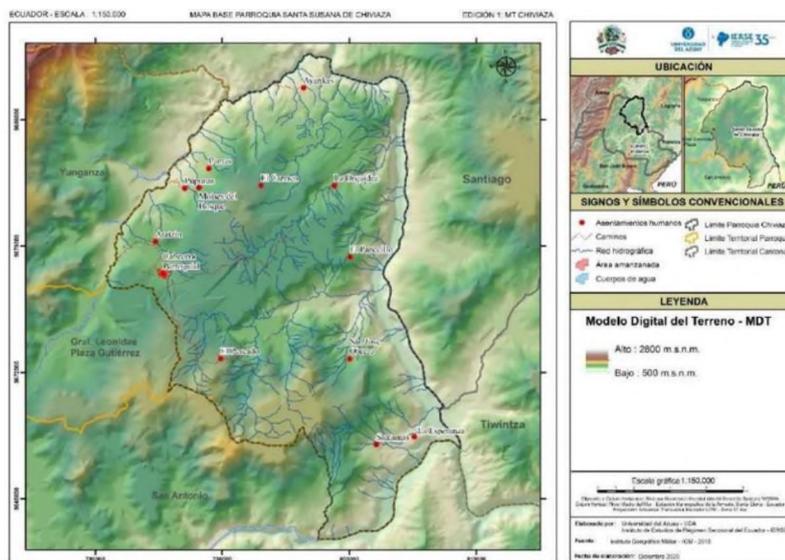


Figura 1.1. Mapa Base de la parroquia Santa Susana de Chiviaza

Fuente: CONALI, 2019; Instituto Geográfico Militar – IGM, 2010; INEC, 2014.

Elaboración: Universidad del Azuay – Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador 2020

1.3.2. Análisis demográfico

En las últimas dos décadas, la Parroquia Santa Susana de Chiviaza ha experimentado un declive poblacional significativo, motivado principalmente por la migración de sus habitantes hacia zonas más desarrolladas con mejores condiciones de vida (GAD Parroquial Santa Susana de Chiviaza, Universidad del Azuay, 2020). Los datos censales revelan una tendencia demográfica crítica.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), la población pasó de 812 habitantes en 2001 a 772 en 2010, con una distribución equitativa entre hombres y mujeres (386 cada uno). Este período se caracterizó por un decrecimiento poblacional negativo del -3.96%, representando sistemáticamente alrededor del 7.95% de la población total del cantón Limón Indanza (GAD Parroquial Santa Susana de Chiviaza, Universidad del Azuay, 2020).

Las proyecciones para 2020 estimaban inicialmente 730 habitantes, pero considerando dinámicas como la desaparición de comunidades como Ampakay y la emergencia de nuevos centros poblados como Moisés del Bosque, la cifra se ajustó a 767 habitantes (GAD Parroquial Santa Susana de Chiviaza, 2020; Universidad del Azuay, 2020). Esta transformación demográfica refleja los desafíos estructurales de la parroquia en términos de desarrollo y retención poblacional.

La Tabla 1.1 muestra la Población proyectada de la parroquia para el intervalo de tiempo 2010-2020

Tabla 1.1. Población proyectada de la Parroquia Chiviaza 2010-2020

Año	Hombre	Mujer	Total
2010	386	386	772
2011	383	385	768
2012	380	384	764
2013	377	382	759
2014	374	381	755
2015	371	380	751
2016	368	379	747
2017	365	378	743
2018	362	376	738
2019	359	375	734
2020	356	374	730

Fuente: INEC Censo de población y vivienda – 2010

Elaboración: Universidad del Azuay – Instituto de estudios de Régimen Seccional del Ecuador, 2020

Distribución de la población por comunidades

Basándonos en la información proporcionada por dirigentes comunitarios, y considerando la incorporación del sector de Moisés del Bosque y la desaparición de la población de Ampacay, se estima que la población en la Parroquia Santa Susana de Chiviaza para el año 2020 sería de aproximadamente 767 habitantes, distribuidos de la siguiente manera como se muestra en la Tabla 1.2. (GAD Parroquial Santa Susana de Chiviaza, 2020; Universidad del Azuay, 2020, pág. 107):

Tabla 1.2. Distribución poblacional por sectores de la Parroquia Chiviaza proyectada al año 2020

SECTOR	POBLACIÓN (2020)
Chiviaza (Centro parroquial)	188
El Pescado	89
El Panecillo	13
La Orquídea	53
Pupunás	67
El Carmen	35
Pamas	41
Aratsim	35
San José Obrero	22
La Esperanza	57
Santamas	25
Ayankas	70
Moisés del Bosque	72
TOTAL	767

Fuente y elaboración: Universidad del Azuay – Instituto de estudios de Régimen Seccional del Ecuador, 2020

1.3.3. Problemas y potencialidades de la comunidad Moisés del Bosque

La comunidad Moisés del Bosque enfrenta una serie de desafíos interconectados que afectan su desarrollo socioeconómico y calidad de vida. La falta de acceso a mercados

limita los ingresos de los productores locales, mientras que la escasez de oportunidades de empleo provoca la migración de jóvenes. Problemas ambientales como la deforestación y la contaminación, principalmente por actividades mineras y petroleras, amenazan el entorno natural. La infraestructura es deficiente, con limitaciones en el acceso a servicios básicos como agua potable, saneamiento y electricidad, así como vías de comunicación inadecuadas. Además, la precariedad de las viviendas agrava las condiciones de vida de los habitantes. Estos problemas, en conjunto, crean un círculo vicioso que obstaculiza el progreso y bienestar de la comunidad, requiriendo soluciones integrales y sostenibles para mejorar las perspectivas de desarrollo local. (GAD Parroquial Santa Susana de Chiviaza, Universidad del Azuay, 2020, pág. 147).

Por otro lado, la comunidad Moisés del Bosque posee significativas potencialidades para impulsar su desarrollo socioeconómico. Destaca su capacidad para el turismo comunitario, aprovechando su belleza natural y rica cultura Shuar como atractivos únicos. En el ámbito productivo, existe un notable potencial para expandir la comercialización de productos agrícolas y ganaderos, siempre que se brinde el apoyo necesario para mejorar la producción y el acceso a mercados más amplios. La comunidad se beneficia de una sólida organización social, que puede actuar como catalizador para el progreso local. Además, la gestión efectiva de proyectos, en colaboración con entidades gubernamentales y no gubernamentales, ofrece la oportunidad de mejorar significativamente la infraestructura vial, el saneamiento básico y el acceso a servicios esenciales. Estas potencialidades, bien aprovechadas, pueden transformar positivamente la calidad de vida de los habitantes y promover un desarrollo sostenible y equitativo en la región. (GAD Parroquial Santa Susana de Chiviaza, Universidad del Azuay, 2020, pág. 147).

1.4. Conceptos Generales de los sistemas de abastecimiento de agua potable

1.4.1. Agua potable

El agua es apta para el consumo doméstico si cumple con los siguientes estándares: debe ser agradable para los sentidos, estar libre de microorganismos patógenos, y no contener elementos ni sustancias tóxicas en cantidades que puedan causar daños físicos a quienes la consumen (Instituto Ecuatoriano de normalización, 1992)

1.4.2. Sistema de Abastecimiento de agua potable

Los sistemas de abastecimiento de agua potable son infraestructuras diseñadas específicamente para proporcionar agua segura para el consumo humano a una población determinada. Es fundamental que estos sistemas sean planificados considerando que los recursos hídricos destinados al consumo humano deben tener la máxima prioridad. Además, se debe velar por la preservación y el uso múltiple de los recursos hídricos, así como promover la cooperación y coordinación entre las diversas entidades involucradas en la gestión del agua (Instituto Ecuatoriano de normalización, 1992).

1.4.3. Catastro de Agua Potable

El catastro es el conjunto de registros y procedimientos que facilitan la precisa identificación y ubicación de las partes interesadas en un tema específico. En el contexto del servicio de agua potable y/o alcantarillado, el catastro de usuarios comprende los registros y procedimientos técnicos que permiten al proveedor de servicios identificar, categorizar y localizar a los usuarios, así como sus conexiones o acometidas (Moreno, 2017)

1.4.4. Modelación hidráulica de sistemas de agua potable

La modelación hidráulica de una red de conducción y distribución de agua potable implica el uso de software especializado, como WaterCad, para simular y analizar el comportamiento de esta infraestructura. Al crear un modelo digital de la red, se pueden anticipar cambios en el flujo de agua, la presión, la concentración de sustancias y otros parámetros en tuberías, válvulas, bombas y tanques de almacenamiento. El objetivo principal es comprender el funcionamiento integral de la red en diversas situaciones y buscar formas de mejorar tanto la eficiencia como la calidad del suministro de agua (Proapac, 2015).

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA NORMATIVA EXISTENTE Y DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO

2.1. Revisión de la Normativa general del Ecuador y local del cantón Limón Indanza zona Rural

El diseño e implementación de sistemas de captación de agua en Ecuador, especialmente en áreas rurales como el cantón Limón Indanza, están sujetos a un marco normativo multifacético que integra legislación nacional y ordenanzas locales. Este análisis se enfoca en examinar exhaustivamente dicha normativa, con el propósito de establecer una base fundamentada para los criterios de diseño de nuestro proyecto. A nivel nacional, el pilar fundamental de la regulación hídrica es la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, promulgada en 2014. Esta ley establece los principios rectores para la gestión del agua en Ecuador, enfatizando su estatus como recurso estratégico y patrimonio nacional. Asimismo, la ley prioriza el derecho humano al agua, colocando el consumo humano por encima de otros usos,

aspecto crucial para nuestro proyecto de captación en Limón Indanza (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014).

En cuanto a los aspectos técnicos del diseño, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) proporciona directrices generales para obras de infraestructura. No obstante, para sistemas de abastecimiento de agua en zonas rurales, la norma más pertinente es la CO 10.7 - 602, titulada "Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural". Esta norma, originalmente emitida por el extinto Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) y actualmente bajo la jurisdicción de la Secretaría del Agua (SENAGUA), ofrece parámetros específicos para el diseño de captaciones en entornos rurales (Secretaría del Agua, s.f.).

La norma CO 10.7 - 602 establece parámetros fundamentales para la selección de fuentes hídricas, determinación de caudales de diseño y especificaciones técnicas para diversas modalidades de captación, incluyendo las tomas de fondo, que resultan particularmente relevantes para nuestro proyecto en Limón Indanza. Esta normativa toma en consideración las características distintivas de las zonas rurales, tales como la fluctuación de caudales en fuentes superficiales y la necesidad de implementar sistemas de fácil operación y mantenimiento (Secretaría del Agua, s.f.).

A nivel local, el cantón Limón Indanza, situado en la provincia de Morona Santiago, dispone de su propio marco regulatorio que complementa la legislación nacional. El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón establece lineamientos para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos, considerando las particularidades geográficas y socioculturales de la región. Este instrumento de planificación enfatiza la importancia de preservar las fuentes de agua

y asegurar su acceso equitativo a las comunidades rurales (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Limón Indanza, 2019).

La integración de estos marcos normativos, tanto a nivel nacional como local, proporciona una base sólida para el diseño e implementación de sistemas de captación de agua en zonas rurales. Como señalan (Molina-Prieto, Suárez-Serrano, & Villa-Camacho, 2020), la consideración de las normativas específicas de cada región es crucial para el éxito y la sostenibilidad de los proyectos de abastecimiento de agua en áreas rurales de América Latina.

2.2. Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de obras Sanitarias – sistemas de agua potable

2.2.1. Fuente de Abastecimiento

La normativa ecuatoriana exige que la fuente de agua seleccionada proporcione un caudal mínimo del doble del caudal máximo diario futuro estimado, garantizando así la sostenibilidad del sistema de abastecimiento (Secretaría del Agua, s.f.). La medición de este caudal debe realizarse mediante métodos científicos rigurosos, aprobados por las autoridades competentes (INEN, 2011). Expertos como (López, 2003) subrayan la importancia de esta determinación precisa, especialmente en áreas rurales sujetas a variaciones estacionales. Además, (Fragoso, Pulido, & Flores, 2016) resaltan la necesidad de considerar el impacto del cambio climático en las proyecciones de disponibilidad hídrica futura.

2.2.2. Captación

De acuerdo con los estándares de diseño establecidos para sistemas de abastecimiento de agua potable en Ecuador, la estructura de captación debe ser dimensionada para derivar un caudal mínimo equivalente a 1.2 veces el caudal máximo diario proyectado

para el final del período de diseño (Secretaría del Agua, s.f.). Este factor de seguridad de 1.2 es crucial para garantizar la resiliencia y eficacia del sistema a largo plazo.

Como señala (Arocha, 1997), este sobredimensionamiento permite compensar las variaciones diarias en la demanda y asegurar un suministro constante incluso en períodos de consumo pico. Además, (Lozano & Lozano, 2015) argumentan que este margen adicional es particularmente importante en zonas rurales, donde las fluctuaciones en el consumo pueden ser más pronunciadas debido a factores socioeconómicos y climáticos.

2.2.3. Conducción

2.2.3.1. Caudal de Diseño

En los sistemas de conducción por gravedad, donde no se requiere bombeo, el caudal de diseño se establece en 1.1 veces el caudal máximo diario calculado para el final del período de diseño (Secretaría del Agua, s.f.). Este factor de seguridad del 10% se implementa para garantizar la eficiencia y confiabilidad del sistema a largo plazo.

Según (López, 2003), este incremento en el caudal de diseño es esencial para compensar posibles pérdidas en la conducción y variaciones imprevistas en la demanda. Además, como señalan (Twort, 2000), este margen adicional contribuye a la resiliencia del sistema frente a fluctuaciones estacionales y cambios demográficos.

2.2.3.2. Tipos de Conducción

El diseño de la conducción en sistemas de abastecimiento de agua puede realizarse bajo dos conceptos principales: flujo libre o flujo forzado. En ambos casos, es imperativo implementar medidas que prevengan la contaminación y el vandalismo a lo largo de su trayectoria (Secretaría del Agua, s.f.).

En el caso de la conducción a flujo libre, se emplea tubería que opera parcialmente llena durante todo el tiempo. Según (Chow, Maidment, & Mays, 2022), es crucial evitar velocidades extremas: las muy bajas pueden provocar sedimentación de

partículas, mientras que las muy altas pueden causar abrasión en las tuberías. Además, deben preverse puntos de inspección que no comprometan la calidad del agua.

Por otro lado, la conducción a flujo forzado puede funcionar por gravedad o mediante bombeo. De acuerdo con (Mays, 2010), la presión dinámica mínima en la línea de conducción debe ser de 5 metros, y en ningún punto la tubería debe operar a una presión superior a la especificada por el fabricante. El diseño debe considerar tanto las presiones estáticas y dinámicas como las sobrepresiones causadas por el golpe de ariete, fenómeno descrito detalladamente por (Twort, 2000).

(López, 2003) señala que el diámetro mínimo recomendado para las tuberías en la línea de conducción es de 25 mm (1"), lo cual permite un balance adecuado entre capacidad de flujo y costos de instalación.

2.2.4. Tratamiento

De acuerdo con las normativas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, la capacidad de la planta de potabilización debe dimensionarse para tratar un caudal equivalente a 1.10 veces el caudal máximo diario proyectado para el final del período de diseño (Secretaría del Agua, s.f.). Este factor de seguridad del 10% se implementa para garantizar la eficacia y resiliencia del sistema frente a variaciones en la demanda y posibles contingencias operativas.

Según (Romero Rojas, 2006), este sobredimensionamiento permite a la planta de tratamiento manejar picos de demanda y fluctuaciones estacionales sin comprometer la calidad del agua suministrada. Además, como señalan Crittenden et al. (2012), este margen adicional facilita el mantenimiento preventivo de las unidades de tratamiento sin interrumpir el servicio.

2.2.4.1. Almacenamiento

En el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, la capacidad de almacenamiento se establece en un 50% del volumen medio diario futuro proyectado (Secretaría del Agua, s.f.). Este criterio de dimensionamiento busca equilibrar la seguridad del suministro con la viabilidad económica del proyecto.

Según (Arocha, 1997), este volumen de almacenamiento permite compensar las variaciones horarias en la demanda, además de proporcionar una reserva para situaciones de emergencia o mantenimiento del sistema. (López, 2003) añade que este criterio es particularmente relevante en zonas rurales, donde las fluctuaciones en el consumo pueden ser más pronunciadas debido a factores socioeconómicos y culturales.

Es importante destacar que, independientemente del cálculo basado en la demanda, se establece un volumen mínimo de almacenamiento de 10 m³. Según (Twort, 2000), este volumen mínimo garantiza una reserva básica para comunidades pequeñas y facilita las operaciones de mantenimiento y limpieza del tanque.

2.2.5. Distribución de agua potable

En el diseño de sistemas de distribución de agua potable, independientemente del nivel de servicio, la red se dimensiona para satisfacer el caudal máximo horario (Secretaría del Agua, s.f.). Según (López, 2003), esta consideración asegura que el sistema pueda manejar los picos de demanda sin comprometer el suministro.

La configuración de la red puede adoptar diversas formas, incluyendo ramales abiertos, mallas o una combinación de ambos sistemas. (Twort, 2000) señalan que la elección de la configuración depende de factores como la topografía, la densidad poblacional y los costos asociados.

Respecto a las presiones de operación, se establecen los siguientes parámetros:

- Presión estática máxima: 5 kg/cm²
- Presión dinámica máxima: 3 kg/cm²
- Presión dinámica mínima: 1 kg/cm²

Estos valores, como indica (Mays, 2010), buscan equilibrar la eficiencia del sistema con la durabilidad de la infraestructura y el confort de los usuarios.

El diámetro nominal mínimo de los conductos de la red se fija en 19 mm (3/4"). (Arocha, 1997) explica que este diámetro mínimo permite mantener velocidades adecuadas y reducir las pérdidas por fricción.

Para facilitar la operación y mantenimiento, la red debe contar con válvulas que permitan aislar sectores sin interrumpir el servicio en toda la localidad. Esta práctica, según Crittenden et al. (2012), mejora la resiliencia del sistema y facilita las tareas de reparación y mantenimiento.

En el caso de ramales aislados y tramos que involucren bombeo, el diseño de la tubería debe considerar la sobrepresión producida por el golpe de ariete. (Romero Rojas, 2006) enfatiza la importancia de este cálculo para prevenir daños en la infraestructura y garantizar la estabilidad del sistema.

2.2.6. Abastecimientos públicos

En el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable para comunidades rurales, se establece que los puntos de abastecimiento público deben dimensionarse para atender a un máximo de 60 personas cada uno (Secretaría del Agua, s.f.). Este criterio, según (Howard, 2003), busca equilibrar la accesibilidad del servicio con la eficiencia en la distribución y el mantenimiento del sistema.

2.3. Bases de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable

2.3.1. Definiciones

Período de diseño: Lapso durante el cual la obra cumple su función satisfactoriamente sin necesidad de ampliaciones.

Vida útil: Lapso de tiempo, luego del cual la obra o equipo debe ser remplazado por obsoleto.

Población Futura o de diseño: Número de habitantes que se espera tener al final del período de diseño.

Dotación media actual: Cantidad de agua potable consumida diariamente en promedio, por cada habitante, al inicio del período de diseño.

Dotación media futura: Cantidad de agua potable consumida diariamente en promedio, por cada habitante, al final del período de diseño.

Caudal medio anual: Caudal de agua, incluyendo pérdidas por fugas, consumido en promedio, por la comunidad.

Caudal máximo diario: Caudal medio consumido por la comunidad en el día de máximo consumo.

Caudal máximo horario: Caudal de agua consumido por la comunidad durante la hora de máximo consumo en un día.

Nivel de servicio: Grado de facilidad y comodidad con el que los usuarios acceden al servicio que les brindan los sistemas de abastecimiento de agua, Disposición de excretas o residuos líquidos.

Fugas: Cantidad no registrada de agua, perdida por escape del sistema.

Factor de mayoración máximo diario (KMD): Es la relación entre caudal máximo diario al caudal medio.

Factor de mayoración máximo horario (KMH): Es la relación entre el caudal máximo horario al caudal medio.

2.3.2. Disposiciones específicas

2.3.2.1. Período de Diseño

En el diseño de sistemas de agua potable y disposición de residuos líquidos, las obras civiles se proyectan para un horizonte de 20 años (Secretaría del Agua, s.f.). Este período de diseño, según (López, 2003), busca optimizar la inversión inicial y los costos de operación a largo plazo, considerando el crecimiento poblacional y las proyecciones de demanda.

En cuanto a los equipos, su diseño se ajusta al período de vida útil especificado por los fabricantes. (Twort, 2000) señalan que esta consideración es crucial para garantizar la eficiencia operativa y planificar adecuadamente el reemplazo o mantenimiento de los componentes del sistema.

2.3.2.2. Población de diseño

En el diseño de sistemas de abastecimiento de agua, la determinación precisa de la población de diseño es fundamental. Según la Secretaría del Agua (s.f.), este cálculo debe basarse en un recuento poblacional actual, considerando también la población flotante y su impacto en el sistema proyectado.

Para la proyección de la población futura, se emplea los métodos de crecimiento geométrico, aritmético y el promedio de ambos métodos expresados mediante la siguiente Tabla 2.1:

Tabla 2.1. Métodos propuestos para proyección poblacional.

Método	Fórmula
Aritmético	$Pf = Po \left(1 + \frac{r \cdot n}{100}\right)$
Geométrico	$Pf = Po \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$

Promedio del Método 1 y 2	$Pf = \frac{Método\ 1 + Método\ 2}{2}$
--------------------------------------	--

Fuente: Autores

En donde:

Pf: Población futura (habitantes)

Pa: Población actual (habitantes)

r: Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

n: Período de diseño (años)

La tasa de crecimiento poblacional se determina idealmente a partir de datos estadísticos provenientes de censos nacionales y recuentos sanitarios. Sin embargo, en ausencia de estos datos, se recurre a índices de crecimiento geométrico estandarizados, como los presentados en la Tabla 3 de la norma (Secretaría del Agua, s.f.) **Tabla 2.2:**

Tabla 2.2. Tasas de crecimiento poblacional

REGIÓN GEOGRÁFICA	r(%)
Sierra	1.0
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

2.3.2.3. Niveles de servicio

En la **Tabla 2.3**, se representan los diferentes niveles de servicio aplicables.

Tabla 2.3. Niveles de Servicio para sistemas de Abastecimiento de agua, Disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
Ia	AP EE	Grifos públicos Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño Letrinas sin arrastre de agua

IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario
<p>Simbología utilizada:</p> <p>AP: Agua potable</p> <p>EE: Eliminación de excretas</p> <p>ERL: Eliminación de residuos líquidos</p>		

2.3.2.4. Dotaciones

En la **Tabla 2.4**, se presentan las dotaciones correspondientes a los diferentes niveles de servicios.

Tabla 2.4. Dotaciones de Agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (1/hab*día)	CLIMA CALIDO (1/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

2.3.2.5. Variaciones de consumo

Caudal medio

El caudal medio será calculado mediante la ecuación:

$$Q_m = f \times (P \times D) / 86400$$

En donde:

Q_m = Caudal medio (l/s)

f = Factor de fugas

P = Población al final del período de diseño

D = Dotación futura (l/hab x día)

2.3.2.6. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario se calculará con la ecuación:

$$QMD = KMD \times Qm$$

En donde:

QMD = Caudal máximo diario (l/s)

KMD = Factor de mayoración máximo diario

El factor de mayoración máximo diario (KMD) tiene un valor de 1.25, para todos los niveles de servicio.

2.3.2.7. Caudal máximo horario

El caudal máximo horario se calculará con la ecuación:

$$QMH = KMH \times Qm$$

En donde:

QMH = Caudal máximo horario (l/s)

KMH = Factor de mayoración máximo horario

El factor de mayoración máximo horario (KMH) tiene un valor de 3 para todos los niveles de servicio.

2.3.2.8. Fugas

Para el cálculo de los diferentes caudales de diseño, se tomará en cuenta por concepto de fugas los porcentajes indicados en la **Tabla 2.5**.

Tabla 2.5. Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de Sistemas de Abastecimiento de agua potable.

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
Ia y Ib	10%
IIa y IIb	20%

2.4. Componentes de una red de Distribución

2.4.1. Tubería

En el diseño de sistemas de redes de saneamiento, la selección del tipo de tubería es crucial y depende de diversos factores técnicos y económicos. Según (Mays, 2010), dos de los materiales más comúnmente utilizados son el PVC (Policloruro de Vinilo) y el acero galvanizado, cada uno con sus propias características y aplicaciones específicas.

Las tuberías de PVC, como señalan (Twort, 2000), son ampliamente utilizadas en sistemas de distribución de agua a presión debido a su versatilidad, disponibilidad en diversos diámetros y su aplicabilidad en fontanería y construcción. Sin embargo, (Davis, 2010) advierte que estas tuberías tienen limitaciones importantes, particularmente su susceptibilidad a la deformación bajo altas temperaturas, lo que restringe su uso en sistemas de agua caliente.

Por otro lado, las tuberías de acero galvanizado han ganado popularidad en sistemas domésticos de agua potable. Según Crittenden et al. (2012), el proceso de galvanización proporciona una capa protectora que previene la oxidación y aumenta significativamente la resistencia del metal a la corrosión. Esta característica, junto con su durabilidad, ha convertido a las tuberías galvanizadas en una opción preferente para muchas aplicaciones residenciales.

No obstante, es importante considerar que la elección del material de la tubería debe basarse en un análisis integral que incluya factores como la presión de operación, la calidad del agua, las condiciones del suelo, los costos de instalación y mantenimiento, y la vida útil esperada del sistema (López, 2003).

2.4.2. Válvulas

Las válvulas son componentes esenciales en los sistemas de distribución de agua, diseñadas para controlar y regular el flujo dentro de las tuberías. Según (Mays, 2010),

estos dispositivos funcionan mediante un mecanismo de compuerta que se desplaza perpendicularmente a la dirección del flujo, permitiendo así la apertura, cierre o regulación del paso del agua.

(Peñalosa Brito E. , 2012) destaca que las válvulas desempeñan un papel crucial en la operación y mantenimiento de los sistemas hidráulicos, facilitando el aislamiento de secciones específicas de la red para reparaciones o mantenimiento preventivo. Además, como señalan (Twort, 2000), las válvulas son fundamentales para controlar la presión y el caudal en diferentes puntos del sistema, contribuyendo así a la eficiencia y longevidad de la infraestructura hidráulica.

2.4.2.1. Válvulas de aire

Las válvulas de aire desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de la eficiencia y la integridad de los sistemas de conducción de agua. Según (Mays, 2010), estas válvulas se encargan de eliminar el aire acumulado en las secciones elevadas de las líneas de conducción, especialmente en zonas de pendientes pronunciadas donde la presión del agua disminuye. (Twort, 2000) señalan que la acumulación de aire puede obstruir el flujo, causando pérdidas significativas y reducción del caudal.

Para abordar este problema, se recomienda la instalación de válvulas automáticas de extracción de aire con abertura para purgar el aire residual. (López, 2003) enfatiza que estas válvulas deben ubicarse estratégicamente en los puntos más altos del sistema, permitiendo la expulsión del aire durante el llenado, vaciado o funcionamiento normal de la tubería.

Con respecto al dimensionamiento, Crittenden et al. (2012) sugieren que, para controlar la velocidad de paso del aire, el diámetro de la tubería ascendente debe ser de ½ pulgada. Esta especificación busca optimizar la eficiencia de la válvula sin comprometer la integridad estructural del sistema.

2.4.2.2. Válvulas de purga

En sistemas de conducción de agua que atraviesan terrenos con variaciones significativas de altitud, la acumulación de sedimentos en los puntos más bajos de la línea de conducción es un desafío común. Para abordar este problema, (Twort, 2000) recomiendan la instalación de válvulas de purga, las cuales facilitan la limpieza periódica de tramos específicos de la tubería.

(López, 2003) enfatiza la importancia de coordinar adecuadamente los diámetros de la tubería principal y del sistema de drenaje. Esta coordinación debe considerar la velocidad a la que se realizará el vaciado, así como la capacidad del canal de desfogue por donde se evacuará el agua drenada. (Mays, 2010) agrega que el diámetro del sistema de drenaje no debe exceder el de la conducción principal, ni ser inferior a la mitad de su diámetro, para garantizar un drenaje eficiente sin comprometer la integridad estructural del sistema.

2.4.3. Piezas especiales

Las piezas especiales más comunes en un sistema de conducción de agua son los cruces, tees y codos, que pueden ser de hierro fundido, fibrocemento, PVC, polietileno, concreto preesforzado y acero, mismos que modifican la dirección del flujo de agua para ramificar, conectar e interceptar la tubería según los requerimientos del diseño.

2.5. Información Catastral

A partir del Censo Nacional de Población y Vivienda realizado en Ecuador en 2010 (INEC, 2010), se registró oficialmente a Moisés del Bosque como una nueva comunidad perteneciente a la parroquia Santa Susana de Chiviaza. Este reconocimiento formal ha permitido la recopilación sistemática de datos demográficos esenciales para el diseño del sistema de abastecimiento de agua en la localidad.

En el marco de este proyecto, se llevó a cabo un levantamiento topográfico detallado de la zona, una práctica estándar en el diseño de sistemas de agua potable, como lo señala (López, 2003). Esta actividad se realizó en colaboración con el personal técnico del Municipio de Limón Indanza y con la participación activa de los habitantes de la comunidad, siguiendo los principios de participación comunitaria en proyectos de infraestructura rural descritos por (Cairncross, 2018).

El levantamiento topográfico permitió identificar los puntos estratégicos para la ubicación y distribución óptima de los componentes del sistema de agua. Según (Mays, 2010), esta etapa es crucial para garantizar la eficiencia hidráulica y la viabilidad económica del proyecto. Además, como señalan (Twort, 2000), la participación de la comunidad en esta fase no solo proporciona valiosos conocimientos locales, sino que también fomenta la apropiación del proyecto por parte de los beneficiarios, factor clave para su sostenibilidad a largo plazo.

2.5.1. Habitantes por vivienda

Según las encuestas realizadas a los pobladores de la comunidad sabemos que los hogares están conformados de 3 a 5 habitantes por familia.

2.5.2. Tasa de crecimiento poblacional

Como se estipuló anteriormente, la comunidad aparece desde el año 2010 por el Censo realizado, entonces al no contar con más información la tasa de crecimiento será la establecida en el Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias que es del **1.5%**, además, tomamos esta tasa de crecimiento poblacional debido a que la parroquia Santa Susana de Chiviaza según los datos de población de los Censos, 2001 y 2010 decreció significativamente en un porcentaje de 3.96% pero al ser la comunidad Moisés del Bosque una nueva formación poblacional se supone que va a estar en crecimiento y no como estipula el análisis general de la parroquia.

2.5.3. Número total de viviendas

Mediante el levantamiento topográfico se constató la existencia de 21 casas que conforman la comunidad.

2.6. Datos hidráulicos para el diseño

2.6.1. Fuente de abastecimiento

La comunidad de Moisés del Bosque actualmente cuenta con un sistema de captación rudimentario, construido de manera empírica por los propios habitantes. Esta situación es común en muchas zonas rurales de América Latina, como señalan (Sobsey, 2008), donde la falta de infraestructura adecuada lleva a las comunidades a implementar soluciones improvisadas para satisfacer sus necesidades básicas de agua.

El punto de captación se ubica en los potreros de la zona, desde donde el agua es conducida mediante mangueras hacia puntos estratégicos de la comunidad. Sin embargo, este sistema presenta serias deficiencias en términos de calidad y confiabilidad del suministro. (Howard, 2003) advierten que este tipo de captaciones rudimentarias son particularmente vulnerables a la contaminación, especialmente durante la temporada de lluvias y debido a la actividad ganadera en las proximidades de la fuente, es por ello que la nueva captación tomada para este diseño es una quebrada vecina a la comunidad, la misma que fue analizada para su debida aceptación basada en los rangos permisibles. Las coordenadas del emplazamiento de la captación será 795568.29 E, 9682752.58 N.

2.6.2. Período de diseño

El código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias norma CO. 10.7 – 602 establece que será de 20 años para el área rural.

Teniendo el periodo de diseño establecido, este será proyectado hasta el año 2044, partiendo como inicio el año 2024.

2.6.2.1. Población actual y Población de diseño

La población actual correspondiente al año 2024 se determina a partir de los métodos de proyección poblacional calculados, partiendo del censo del año 2020, tras un minucioso análisis de los datos y observaciones, se observa que la proyección exponencial tras ser el caso más crítico será el que se utilizará para los cálculos.

En consecuencia, se estima que la población actual para el año 2024 asciende a 76 habitantes.

Empleando los tres métodos propuestos para proyección de crecimiento poblacional se puede establecer que la población se proyecta a ser un total de 96 habitantes como se muestra en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Crecimiento poblacional calculado por los 3 Métodos

Proyección Poblacional			
Año	Aritmético	Geométrico	Promedio
	Rural	Rural	Rural
2020	72	72	72
2040	94	97	96

Fuente: Autores

La proyección poblacional por los tres métodos, visto gráficamente en la Figura 2.1. nos muestra una tendencia de crecimiento similar entre los enfoques. En consecuencia, se realizará el diseño con el valor obtenido por la proyección promedio puesto que vendría a ser el caso más crítico, lo que significa que la población para el año 2044 será aproximadamente de 101 habitantes. Sin embargo, se conoce la existencia de un predio el cual funciona como cancha publica que tendrá acceso a un baño social y bebedero por lo que se utilizará una población de diseño de 110 habitantes.

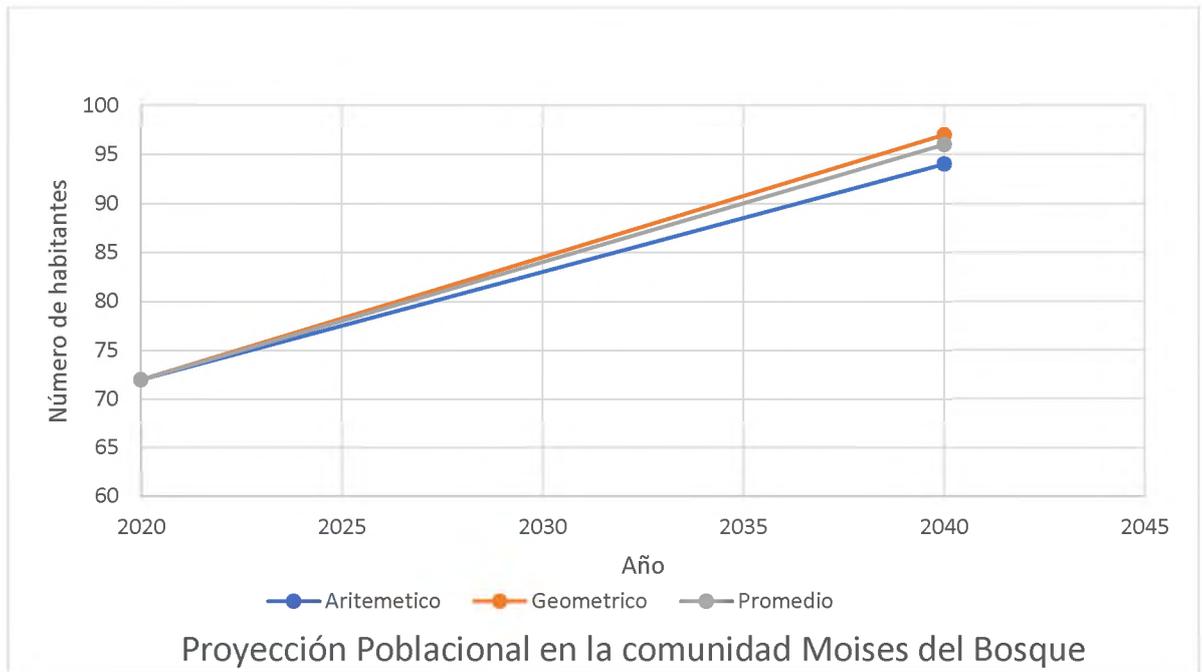


Figura 2.1. Población proyectada por los tres métodos de la comunidad Moisés del Bosque

Fuente: Autores

CAPÍTULO III

3. DISEÑO A DETALLE DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

3.1. Nivel de servicio

Para el presente proyecto considerando las condiciones socio económicas de la comunidad en la cual se verifica la accesibilidad de los beneficiarios al sistema de agua, se destina un nivel de servicio IIb, que corresponde a Conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa.

3.2. Dotación media futura

La comunidad de Moisés del Bosque corresponde al sector rural, por consiguiente, para el presente proyecto la dotación media futura se adopta lo recomendado por la

norma de diseño Co 10.7-602 para un nivel de servicio Iib y clima cálido expresado en la Tabla 5 de 100 lt/hab/día.

$$Df = 100 \text{ lt/hab/día}$$

3.3.Caudal medio diario

El factor de corrección de fugas es del 20 % correspondiente al nivel de servicio Iib que se presenta en la tabla 8, por consiguiente, el caudal medio diario es:

$$Qmd = \frac{Pf * Df * f}{86400}$$

Donde:

Qmd = Caudal medio diario (lt/s)

Pf = 110 hab

Df = 100 lt/hab/día

f = 20 %

$$Qmd = \frac{110 * 100 * 1.20}{86400}$$

$$Qmd = 0.15278 \text{ lt/s}$$

3.4. Caudal máximo diario QMD

El factor de mayoración k1 corresponde a 1.25, valor recomendado para poblaciones menores a 1000 habitantes como corresponde a la zona del presente proyecto. Por lo tanto, el caudal máximo diario se calcula con la siguiente ecuación:

$$QMD = Qmd * K1$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario

$$Q_{md} = 0.15278 \text{ lt/s}$$

$$K_1 = 1.25$$

$$Q_{MD} = 0.15278 * 1.25$$

$$Q_{MD} = 0.19097 \text{ lt/s}$$

3.5. Caudal máximo horario QMH

El factor de mayoración k_2 corresponde a un valor de 3, recomendados para todos los niveles de servicio en el sector rural con el cual se puede cubrir los consumos simultáneos máximos y garantizar el abastecimiento de agua para atender el consumo creciente de las comunidades. Por lo tanto, el caudal máximo horario será:

$$Q_{MH} = Q_{md} * K_2$$

Donde:

Q_{MH} = Caudal máximo horario

$$Q_{md} = 0.15278 \text{ lt/s}$$

$$K_2 = 3$$

$$Q_{MH} = 0.15278 * 3$$

$$Q_{MH} = 0.45833 \text{ lt/s}$$

3.6. Caudales de Diseño

Para el diseño de los diversos componentes de un sistema de agua potable se debe obtener los caudales para el diseño de la captación, conducción, planta de tratamiento, tanque de reserva y la red de distribución para ello se debe establecer el nivel de servicio

3.6.1. Caudal la fuente

La fuente de abastecimiento debe asegurar un caudal de 2 veces el caudal máximo diario futuro calculado, por tal motivo se realizó un aforo a un ramal de la Quebrada Pupumasa, donde se implantará la captación.

El método utilizado para determinar el caudal de la fuente es el Método Volumétrico el cual es una técnica utilizada para medir el caudal de agua en pequeños cursos de agua o en sistemas de tuberías. Es un método simple pero efectivo, especialmente útil para caudales pequeños. Consiste en:

- Medición directa: Se mide el tiempo que tarda en llenarse un recipiente de volumen conocido con el agua del curso o tubería.
- Cálculo del caudal: Se divide el volumen del recipiente entre el tiempo de llenado para obtener el caudal.

$$Q_{\text{fuente}} = 3.85 \text{ lt/s}$$

De acuerdo al aforo realizado se tiene en la captación un caudal de 3.85 lt/s.

$$Q_{\text{fuente.Abast}} = 2 * Q_{\text{MD}}$$

$$Q_{\text{fuente.Abast}} = 2 * 0.19097$$

$$Q_{\text{fuente.Abast}} = 0.3819 \text{ lt/s}$$

El caudal de la fuente es superior al caudal requerido para el suministro de agua para la comunidad, por ende, cumple con lo requerido por norma y por consecuente no afecta el caudal ecológico.

3.6.2. Caudal de la captación

La captación deberá asegurar un caudal mínimo equivalente a 1,2 veces el caudal máximo diario.

$$Q_{\text{captación}} = Q_{\text{MD}} * 1.20$$

Donde:

$$Q_{\text{MD}} = 0.19097 \text{ lt/s}$$

$$Q_{\text{captación}} = 0.19097 \text{ lt/s} * 1.20$$

$$Q_{\text{captación}} = 0.22917 \text{ lt/s}$$

3.6.3. Caudal de la conducción

Para la conducción la norma recomienda que el caudal para conducción sea 1,1 veces el caudal máximo diario.

$$Q_{\text{conducción}} = QMD * 1.10$$

Donde:

$$QMD = 0.19097 \text{ lt/s}$$

$$Q_{\text{conducción}} = 0.19097 \text{ lt/s} * 1.10$$

$$Q_{\text{conducción}} = 0.21007 \text{ lt/s}$$

3.6.4. Caudal de tratamiento

La planta de potabilización debe asegurar una capacidad de 1,10 veces el caudal máximo diario.

$$Q_{\text{tratamiento}} = QMD * 1.10$$

Donde:

$$QMD = 0.40 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{tratamiento}} = 0.19097 \text{ lt/s} * 1.10$$

$$Q_{\text{tratamiento}} = 0.21007 \text{ lt/s}$$

3.6.5. Volumen de almacenamiento

La norma CO 10.7-602 especifica que la capacidad de almacenamiento de estos tanques debe ser equivalente al 50% del volumen medio diario futuro proyectado. Esta disposición, según (López, 2003), busca equilibrar la seguridad del suministro con la viabilidad económica del proyecto. Además, la norma establece un volumen mínimo de almacenamiento de 10 m³, independientemente del tamaño de la población servida.

Por lo tanto, el volumen de almacenamiento será:

$$\text{Vol. Almacenamiento} = 50\% QMD * \frac{86400}{1000}$$

$$QMD = 0.19097 \text{ lts/s}$$

$$\text{Vol. Almacenamiento} = 50\% * 0.19097 * \frac{86400}{1000}$$

$$\text{Vol. Almacenamiento} = 8.25 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Almacenamiento a construir} = 15.00 \text{ m}^3$$

3.6.6. Caudal de distribución

La red de distribución para todos los niveles de servicio es diseñada con el caudal máximo horario.

$$Q_{\text{distribución}} = Q_{MH}$$

$$Q_{\text{distribución}} = 0.45833 \text{ lt/s}$$

3.7. Diseño de la captación

La unidad de captación debe garantizar un caudal de 0.22917 lt/s. El lugar donde se emplazará la captación tendrá de coordenadas N: 9682752.58, E: 795568.29.

En base a las condiciones geométricas, que la quebrada tiene un ancho aproximado al momento de realizar la visita técnica de 1 metro. Es por ello que se optara la opción de toma de fondo la cual es apropiada para este tipo de quebradas.

La Figura 3.1 muestra el momento en que se realiza el aforo de una muestra de agua cruda en el punto de captación.



Figura 3.1. Aforo de Caudal donde se implementará la infraestructura de captación

Fuente: Autores

3.7.1. Diseño de Captación tipo toma de fondo

Diseño de una Toma de Fondo

Una toma de fondo es una estructura hidráulica utilizada para la captación de agua en ríos o quebradas. Sus componentes principales incluyen:

1. Rejilla:

- Fabricada en hierro
- Espaciamiento entre barrotes: 5-10 cm
- Diámetro de barrotes: 1/2", 3/4" o 1"

2. Canal de aducción:

- Recibe agua de la rejilla
 - Pendiente: 1-4%
 - Forma: rectangular o semicircular (rectangular es más fácil de construir)
3. Cámara de recolección:
- Generalmente cuadrada o rectangular
 - Muros de concreto reforzado (30 cm de espesor)
 - Incluye vertedero de excesos y tubería de retorno al cauce

La figura 3.2 muestra el detalle de la vista de perfil de la toma de fondo de la captación.

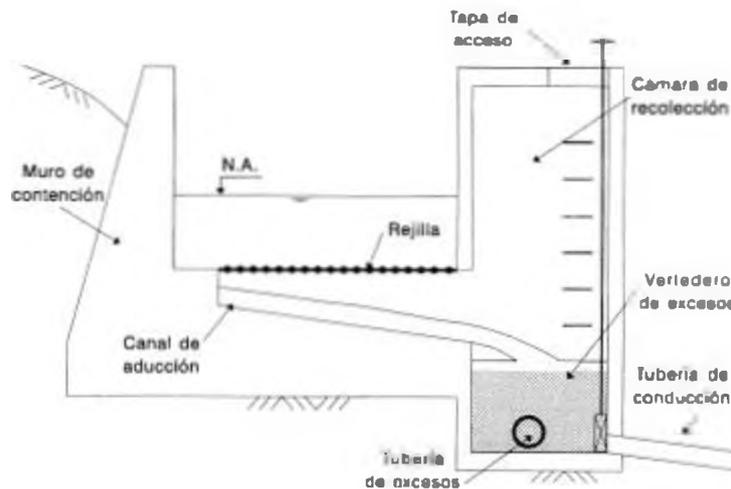


Figura 3.2. Vista Perfil Captación Toma de fondo

Fuente: (López, 2003)

3.7.1.1. Proceso de diseño:

1. Verificación de caudales: Asegurar que el caudal de diseño (caudal máximo diario) sea menor que el caudal mínimo del río.
2. Diseño de la presa: Se utiliza la ecuación de vertedero rectangular con doble contracción:

$$Q = 1.84 L H^{1.5}$$

Donde Q es el caudal

L la longitud del vertedero

H la altura de la lámina de agua.

3. Diseño de rejilla y canal de aducción:
 - Calcular el ancho del canal usando ecuaciones de alcance del chorro
 - Determinar área neta de la rejilla
 - Verificar velocidades (entre 0.3 m/s y 3 m/s)
4. Diseño de la cámara de recolección:
 - Aplicar ecuaciones de alcance del chorro
 - Dimensionar para permitir mantenimiento adecuado
5. Sistema de desagüe de excesos:
 - Calcular caudal de excesos
 - Diseñar vertedero y tubería de excesos

El diseño debe considerar las condiciones locales del río, incluyendo caudales mínimos, medios y máximos, así como el ancho del cauce

3.8. Diseño de la conducción

En el diseño del sistema de conducción para este proyecto, se ha optado por un sistema de flujo por gravedad, aprovechando la topografía natural de la zona. Esta decisión se basa en la diferencia de elevación existente entre el punto de captación y la planta de tratamiento, lo cual permite utilizar la energía potencial disponible para el transporte del agua. Como señala (Mays, 2010), los sistemas de conducción por gravedad ofrecen ventajas significativas en términos de eficiencia energética y costos operativos reducidos.

Para la implementación de este sistema, se ha seleccionado tubería de PVC con uniones de espiga y campana (E/C). Esta elección se fundamenta en la experiencia positiva con este material en sistemas de agua construidos previamente en la región amazónica. (Twort, 2000) destacan que el PVC es particularmente adecuado para zonas con alta humedad debido a su resistencia a la corrosión y su durabilidad.

Además, como indican (López, 2003) y (Arocha, 1997), las tuberías de PVC ofrecen ventajas adicionales como su flexibilidad, que les permite adaptarse a las condiciones topográficas variables, y su baja rugosidad, que reduce las pérdidas por fricción en el sistema. Estas características son especialmente relevantes en terrenos accidentados como los que se encuentran en la región amazónica.

3.8.1. Dimensionamiento

Tramo Captación- Planta de Tratamiento

Datos:

Cota Superior = 1098.38 m

Cota Inferior = 1035.47 m

Diferencia en cota = 58.91 m

Longitud = 346.74 m

Pendiente

$$J = \frac{\text{Diferencia de Cota}}{\text{Longitud}}$$

$$J = \frac{58.91}{346.74} = 0.1698 \text{ m/m}$$

Cálculo de diámetro de Tubería

Mediante la ecuación de Hazen Williams podemos obtener el diámetro realizando un despeje de la siguiente forma:

$$D = \sqrt[2.63]{\frac{Q_{\text{conducción}}}{0.28 * CWH * J^{0.54}}}$$

Donde:

$Q_{\text{cond}} = 0.21 \text{ lt/s}$

$Cwh = 150$

$S = 0.1698 \text{ m/m}$

$$D_{\text{cal}} = 13.91 \text{ mm}$$

Se adoptará un diámetro comercial de 20 mm cuyo diámetro interno es de 17.8 mm.

En la presente figura 3.3 se observa el modelo de la red de conducción con sus respectivos nodos y tuberías.

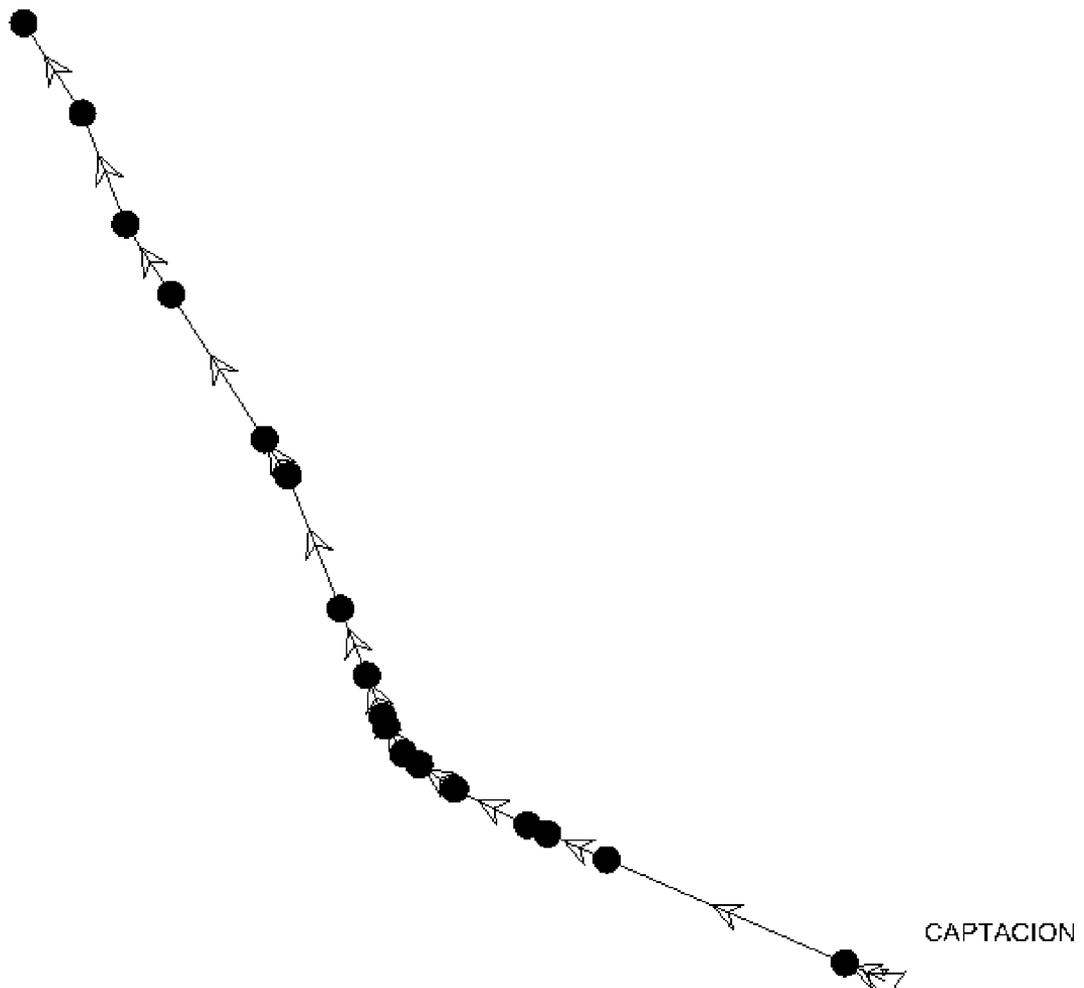


Figura 3.3. Modelamiento de la Red de Conducción

Fuente: Autores

3.9. Diseño de la planta de tratamiento

La evaluación comparativa de los resultados obtenidos en los análisis físicos, químicos y bacteriológicos se fundamenta en la norma técnica ambiental establecida bajo el marco jurídico de la Ley de Gestión Ambiental y su reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en Ecuador. Esta normativa tiene un alcance nacional y es de obligatorio cumplimiento en todo el territorio ecuatoriano (Ministerio del Ambiente, 2015).

El propósito fundamental de esta norma técnica es definir los parámetros y criterios que determinan la calidad del agua para sus diversos usos. Sirve como un instrumento de referencia para contrastar los resultados analíticos, con el fin de asegurar la inocuidad del recurso hídrico y mitigar los potenciales riesgos para la salud de los consumidores. En particular, la norma se centra en establecer los límites máximos permisibles para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico que requieren un proceso de tratamiento convencional (TULSMA, 2015).

En lo que respecta a la comunidad de Moisés del Bosque, el análisis físico, químico y bacteriológico arrojó los siguientes resultados, que se presentan en la Tabla 3.1:

Tabla 3.1. Análisis de Calidad de Agua de Moisés del Bosque

ANÁLISIS FÍSICO				
PARAMETRO	UNIDAD	AGUA	LIMITE MAX	METODO
		CRUDA	PERMITIDO	ESTANDAR
COLOR	U.C Pt-Co	30	15	8025
PH		7.12	6.5-8.5	PHMETRO
TURBIEDAD	NTU/FAU	1.62	5	8237
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/Lt STd	35.1	1000	CONDUCTIMETRO
ANÁLISIS QUÍMICO				
PARAMETRO	UNIDAD	AGUA	LIMITE MAX	METODO
		CRUDA	PERMITIDO	ESTANDAR
ALCALINIDAD	mg/lit CaCO3	26	370	TITULACION
HIDROXIDOS	mg/lit CaCO3	0		TITULACION
CARBONATOS	mg/lit CaCO3	0		TITULACION
BICARBONATOS	mg/lit CaCO3	26		TITULACION
DUREZA TOTAL	mg/lit CaCO3	32	300	8030
DUR. CALCICA	mg/lit CaCO3	19		8030
DUR. MAGNESICA	mg/lit CaCO3	13		8030
CALCIO	mg/lit Ca	7.6	70	8030
MAGNESIO	mg/lit Ma	3.14	30	8030
ALUMINIO	mg/lit Al+++	0	0.25	8012
HIERRO	mg/lit Fe+++	0.06	0.5	8008
NITRITO	mg/lit NO2	0.001	3	8507
NITRATO	mg/lit NO3	0.9	50	8171
SULFATO	mg/lit SO4=	0	200	8051
CLORO RESIDUAL	mg/lit Cl2		0.3-1.5	8021
COBRE	mg/lit Cu	0.01	2	8026
FOSFORO	mg/lit PO4	0.09	3	8048
MANGANESO	mg/lit Mn	0	0.4	8149
ANÁLISIS BACTERIOLOGICO				
MUESTRA	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	NORMA INEN 1:108	
	UFC/100 ML	UFC/100 ML	UFC/ML	
AGUA CRUDA M. DEL BOSQUE	560 UFC/100 M	18 UFC/100 ML	MENOR A 1.1	

La tabla 3.2 del Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente muestra los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.

Tabla 3.2. Criterios de calidad para aguas de consumo humano y doméstico y que para su potabilización solo requieren desinfección.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N	mg/l	0,05
Arsénico	As	mg/l	0,018
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	20
Coliformes Totales	NMP	NMP/100ml	200
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloruros	Cl	mg/l	250,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	Color real	Unidades de Pt-Co	20,0
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,001
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2mg/l
Difeniles policlorinados	Concentración de agente reactivo	mg/l	No detectable
Hierro total	Fe	mg/l	0,3
Matena flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,002
Nitratos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	>75% del OD Sat.
pH		pH	6-9
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10,0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN

En base al estudio del agua, para el presente proyecto se propone el siguiente proceso de potabilización del agua:

- Filtración lenta descendente
- Desinfección
- Almacenamiento

Para el tratamiento bacteriológico se aplicará un proceso de desinfección mediante el

uso del cloro con el objetivo de remover bacterias y virus previniendo la contaminación en el tanque de almacenamiento y la red de distribución.

3.9.1. Dimensionamiento del Filtro Lento de Arena

Para la purificación del agua se utiliza un filtro de lento descendente para reducir el número de microorganismos, eliminar la materia en suspensión y materia coloidal.

Se diseña un filtro para el sistema acogándose a la recomendación para poblaciones menor a 1000 habitantes como corresponde a la comunidad de Moisés del Bosque.

1. Área total del filtro

$$At = \frac{Q \text{ tratamiento}}{Vf}$$

Donde:

$$Qd = 0.21007 \text{ lt/s} = 0.756 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$Vf = 0.1 \text{ m/h}$$

$$At = \frac{0.756}{0.1}$$

$$At = 7.562 \text{ m}^2$$

2. Número de módulos

$$At = 7.562 \text{ m}^2$$

3. Área de cada filtro

$$As = \frac{At}{N}$$

$$As = \frac{7.562}{2}$$

$$As = 3.781 \text{ m}^2$$

4. Coeficiente mínimo de costo

$$k = \frac{2 * N}{(N + 1)}$$

$$k = \frac{2 * 2}{(2 + 1)}$$

$$k = 1.333$$

5. Dimensionamiento de cada unidad de filtración

Se escogerá una unidad de forma circular para el diseño

Diámetro de unidad de filtración

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

$$Diam = 2.194 \text{ m}$$

Se adoptará un diámetro de 2.5 m

$$A_{\text{filtro Final}} = 0.25 * \pi * Diam^2$$

$$A_{\text{filtro Final}} = 4.909 \text{ m}^2$$

6. Diámetro tubería de entrada del filtro

Para el cálculo de la tubería de entrada del filtro, de acuerdo con la norma CPE

INEN 009-5- 1 se considera una velocidad de entrada igual a 0.3 m/s

$V_e = 0.3 \text{ m/s}$

$$Diam \text{ entrada} = \sqrt{\frac{4 * Q \text{ tratamiento}}{\pi * V_e}}$$

$$Diam \text{ entrada} = 29.859 \text{ mm}$$

7. Diseño del Sistema de drenaje y cámara de Salida

$$V \text{ filtracion} = \frac{Q \text{ tratamiento}}{As}$$

$$V \text{ filtracion} = 0.154 \text{ m/hr}$$

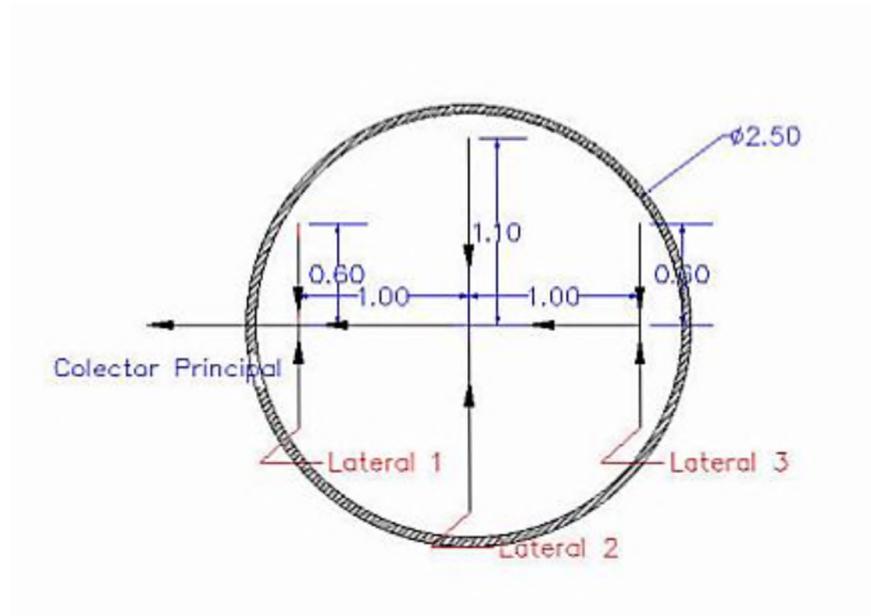


Figura 3.4. Geometría del Filtro lento de Arena

Fuente: Autores

3.9.2. Sistema de desinfección

La potabilización del agua requiere un proceso de desinfección para eliminar los agentes patógenos presentes en el líquido vital. Después de la filtración en la unidad de Filtración Lenta en Arena (FLA), como tratamiento final, se somete el agua a la acción del cloro (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2017)

Para el presente proyecto, se ha optado por la cloración mediante un equipo de producción de hipoclorito de sodio, debido a su eficacia, costo-efectividad y facilidad de dosificación (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2020).

Cálculo de la dosificación del cloro:

Para determinar la cantidad de hipoclorito de sodio necesaria, es fundamental conocer que este compuesto se comercializa en forma líquida con concentraciones que oscilan entre el 1% y el 15%. El cloro de uso doméstico suele tener una concentración del 3% (American Water Works Association, 2019).

La OMS recomienda que la dosis de cloro en agua potable varíe entre 1 y 3 mg/l. Para este proyecto, se utilizará una dosis de 1.5 mg/l, valor sugerido por la OMS, que permite obtener rangos de cloro residual libre de 0.3 a 0.5 mg/l, asegurando una desinfección efectiva sin comprometer las características organolépticas del agua (OMS, 2017).

A continuación, se presenta el cálculo para determinar la dosificación de cloro requerida para el tratamiento del agua:

Datos:

Caudal de tratamiento = 0.210069 lt/s

= 18150 lt/día

Dosis mínima = 1.5 mg/l

- Cantidad de cloro

$$\text{Cantidad Cloro} = Q \text{ tratamiento} \times \text{Dosis}$$

$$\text{Cantidad Cloro} = 18150 \times 1.5$$

$$\text{Cantidad Cloro} = 27.225 \text{ gr/día}$$

Adicionalmente se requerirá un tanque de 250 lts para almacenar y diluir la solución desinfectante y un dosificador de solución de tipo carga constante y orificio variable.

3.9.3. Tanque de Almacenamiento

Para el proyecto de la comunidad Moisés del Bosque no se cuenta con la curva de consumo, por consiguiente, se procede a utilizar lo que recomienda la Norma INEN CPE INEN 5 Parte 9.2:1997. La capacidad de almacenamiento será el 50 % del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del periodo de diseño.

En este volumen no se considera volúmenes de emergencia e incendios debido a que tenemos una población menor a 5 000 habitantes.

$$V_r = 50 \% \text{ QMD} * \frac{86400}{1000}$$

Donde: QMD = 0.1909 lt/s

$$V_r = 50 \% 0.1909 * \frac{86400}{1000}$$

$$V_r = 8.25 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{minimo}} = 10 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{construir}} = 15 \text{ m}^3$$

$$\text{Diametro asumido} = 3 \text{ m}$$

$$\text{H Altura del Tanque} = 2.2 \text{ m} + 0.3 \text{ m}(\text{seguridad})$$

$$\text{H Altura del Tanque} = 2.5 \text{ m}$$

3.10. Diseño de la red de distribución

Según la norma ecuatoriana Co 10.7 - 602 (2000), el diseño de la red de distribución de agua debe considerar el caudal máximo horario y puede estar compuesta por ramales abiertos, mallas o una combinación de ambos sistemas. Por lo tanto, el caudal de la red de distribución será:

$$Q_{\text{distribución}} = Q_{MH} = 0.4583 \text{ lts/s}$$

Además, la norma establece que la red debe contar con válvulas que permitan la independización de sectores para operaciones de mantenimiento, evitando así la suspensión del servicio de agua en toda la localidad.

Para realizar el diseño de la red de distribución se debe de igual manera que se lo realizo con la red de conducción utilizar el diámetro interno de la tubería.

A continuación, en la figura 3.3. se muestra la propuesta de la red de distribución.

El Anexo 1 presenta los planos a detalle de la red de Distribución

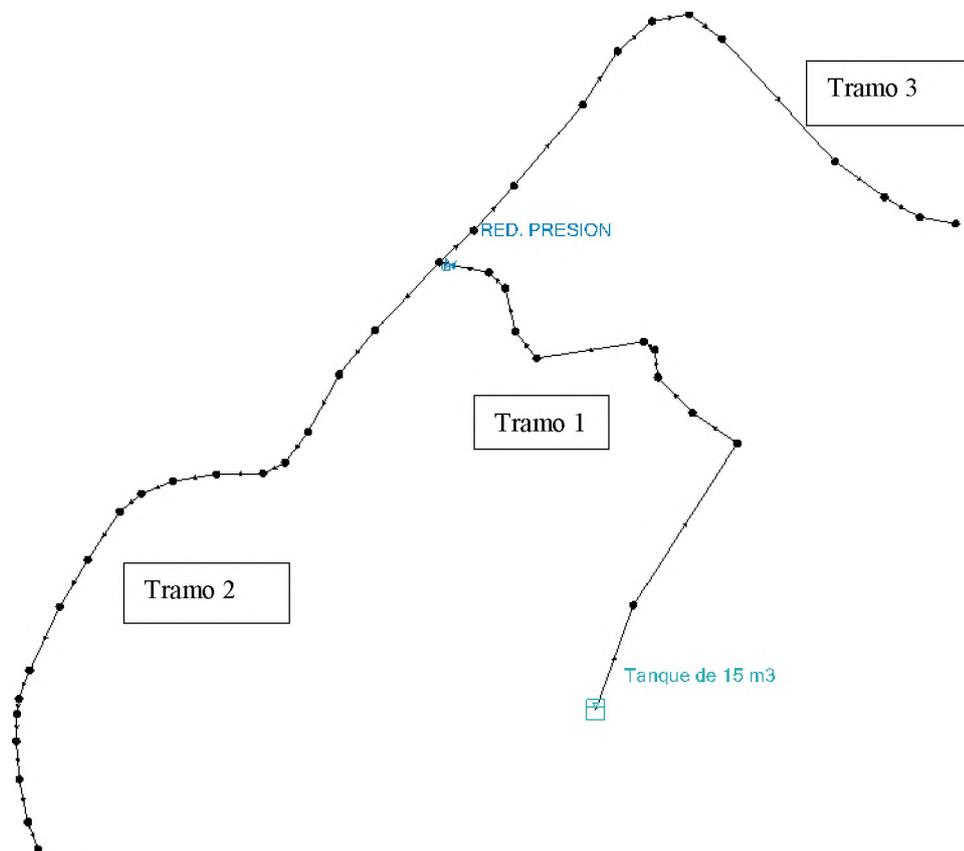


Figura 3.5. Modelo de la Red de Distribución

Fuente: Autores

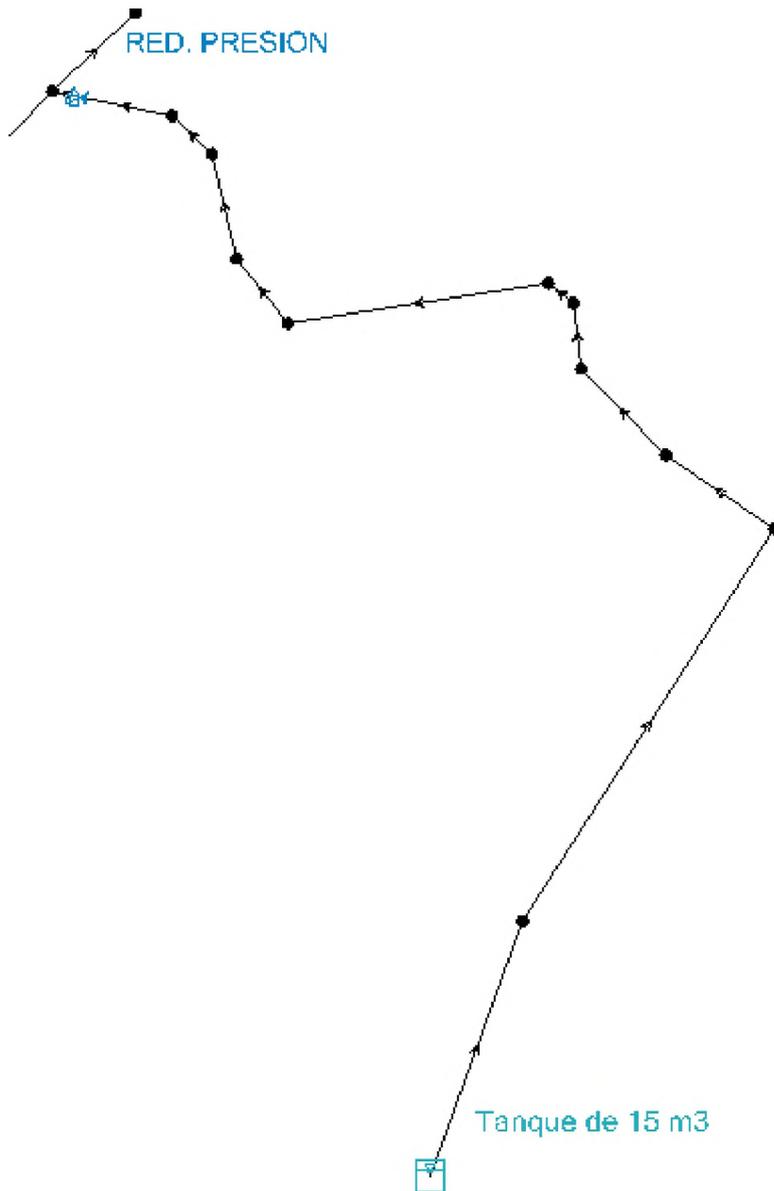


Figura 3.6. Tramo 1 de la Red de Distribución

Fuente: Autores

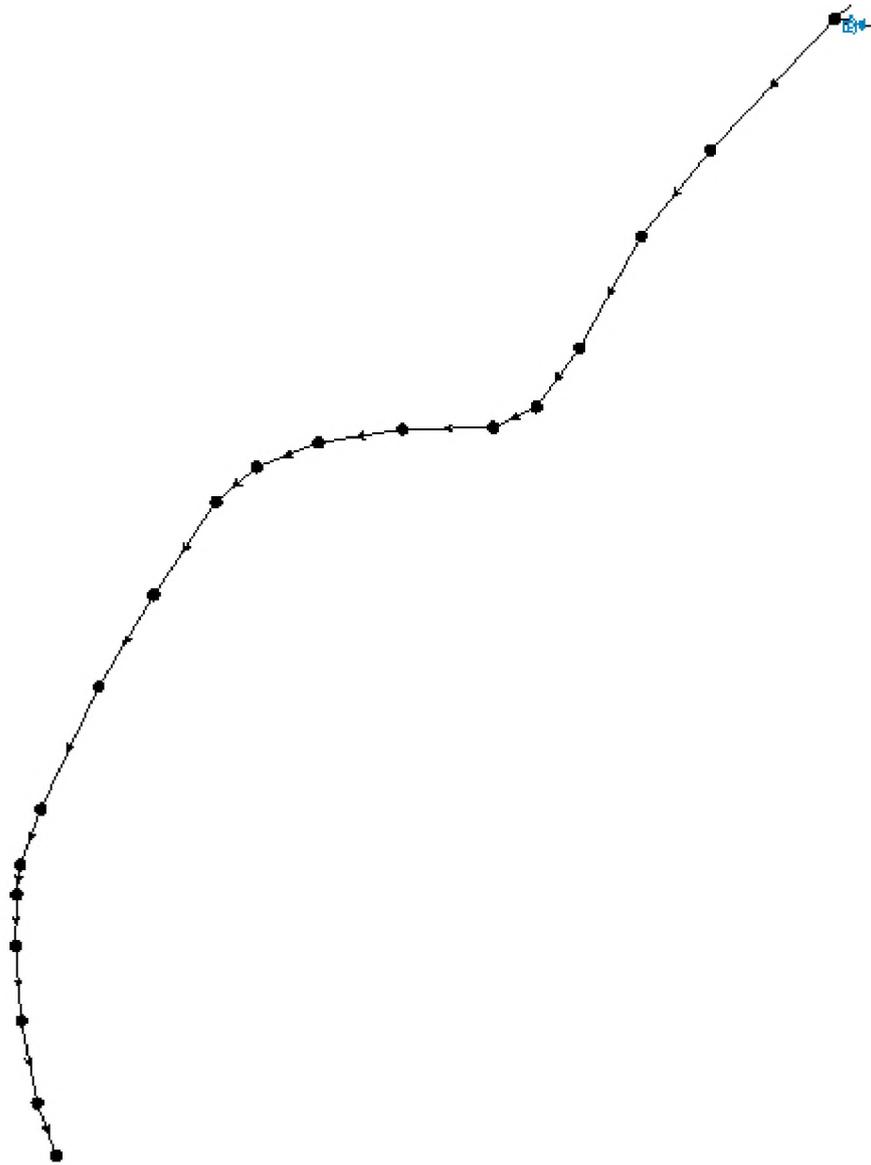


Figura 3.7. Tramo 2 de la Red de Distribución

Fuente: Autores

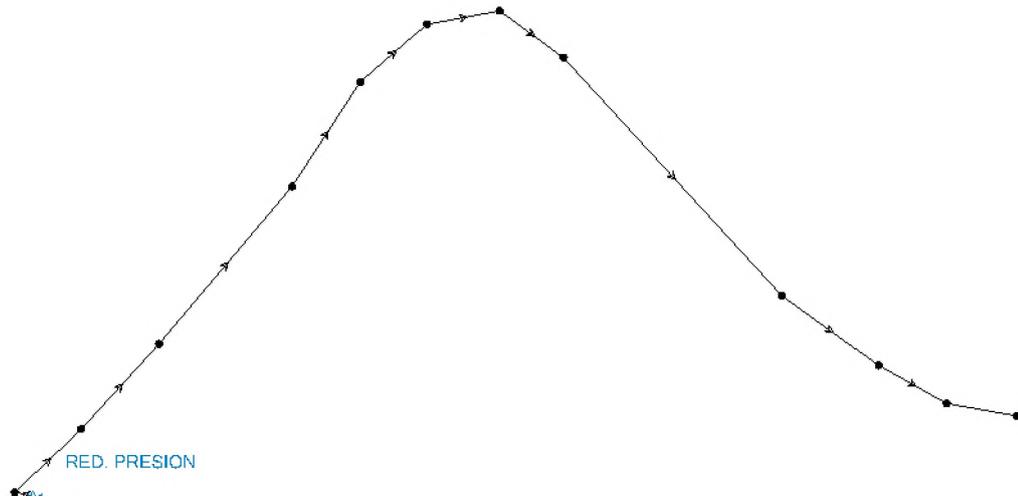


Figura 3.8. Tramo 3 de la Red de Distribución

Fuente: Autores

3.11. Resultados

3.11.1. Línea de Conducción

La línea de conducción se diseñó con un diámetro de tubería nominal o comercial de 20 mm cuya extensión es de 346.74 m, presento los siguientes resultados con respecto a las presiones:

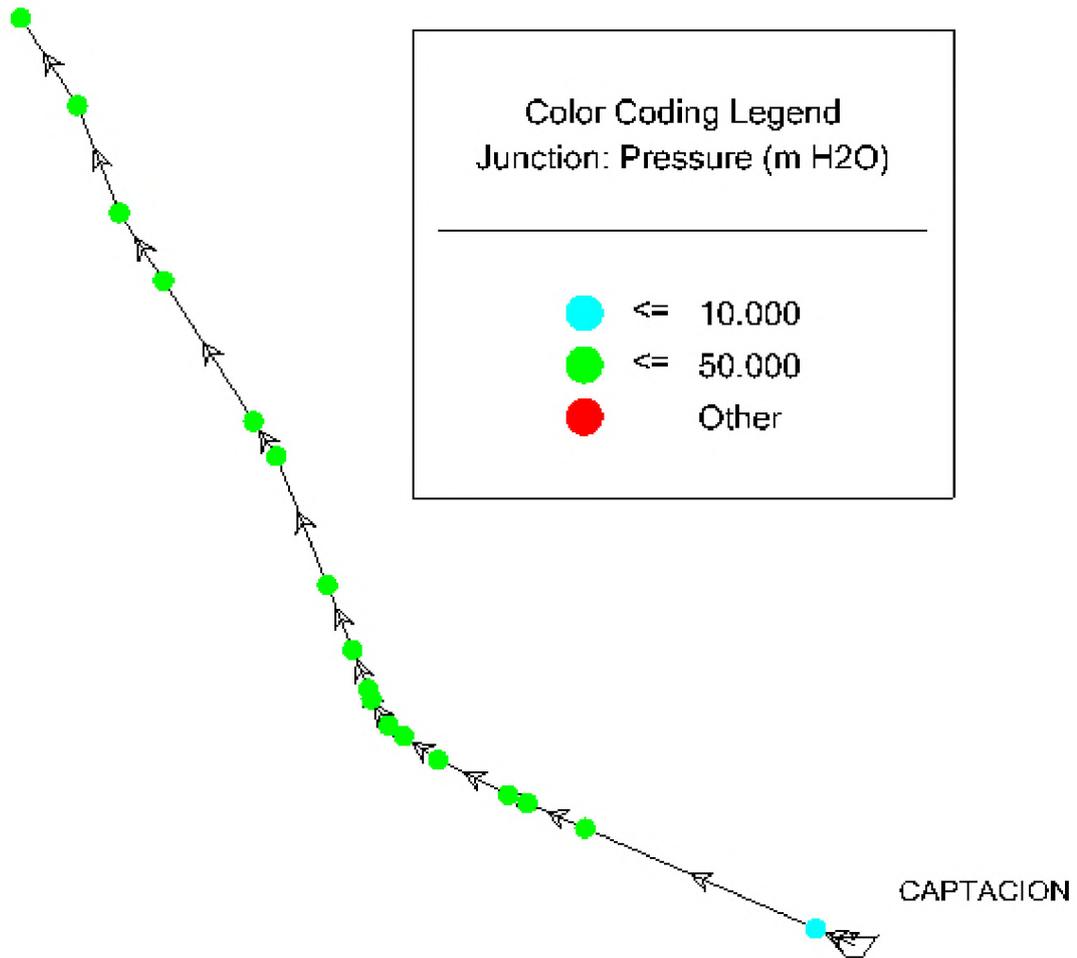


Figura 3.9. Presiones de la Red de Conducción del Sistema de Agua Potable de Moisés del Bosque

Fuente: Autores

Donde la simbología representa:

●	Junction	Nodo
■	Tank	Tanque
⌵	Reservoir	Captación

Figura 3.10. Simbología de WaterCad

Se puede observar en la figura 3.9 que las presiones en el rango de [10-50] metros de columna de agua las cuales son adecuadas (en verde), las presiones inferiores a 10 metros de columna de agua en celeste y las presiones que exceden los 50 metros de columna de agua en color rojo.

3.11.2. Línea de Distribución

La Red de distribución cuyo diámetro de tubería diseñado fue de 25 mm y longitud de 1063.68 m presento las siguientes presiones a lo largo de la red:

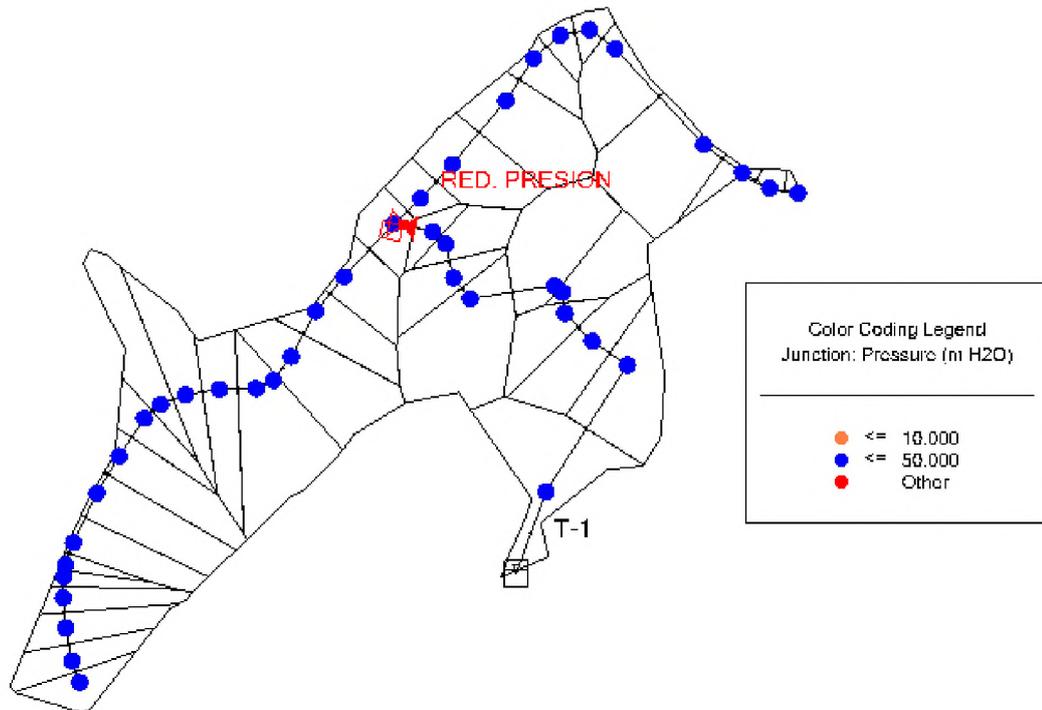


Figura 3.11. Presiones y Polígonos de Thiessen de la Red de Distribución

Fuente: Autores

Donde la simbología representa:

	Junction	Nodo
	Tank	Tanque
	Reservoir	Reservorio
	Hydrant	Hidrante
	PRV	Válvula reductora de presión

Figura 3.12. Simbología de WaterCad

Fuente: Autores

En la figura 3.11 se observa en azul las presiones en el rango de [10-50] metros de columna de agua las cuales son adecuadas, por otro lado, las presiones menores a 10

metros de columna de agua se representan en color naranja las cuales son inadecuadas y de la misma manera las presiones superiores a 50 metros de columna de agua que se representan en color rojo.

La válvula reductora de presión tendrá coordenadas:

Válvula Reductora de Presión	
X	Y
795,281.95	9,683,213.05

CONCLUSIONES

- En el presente trabajo se realizó el diseño del sistema de agua potable para la comunidad de Moisés del Bosque, con una población aproximada de 76 habitantes, el mismo que se realizó en base a los análisis de laboratorio los cuales corroboraron la calidad del agua en el punto de captación, mientras que el aforo determinó un caudal de aproximadamente 3.85 l/s.
- Fue proporcionado por parte del GAD Parroquial Santa Susana de Chiviaza el levantamiento topográfico minucioso para la implementación de los componentes del sistema: captación, conducción, planta de tratamiento y tanque de almacenamiento de agua tratada, adicionalmente a través de encuestas a la comunidad , la cual está conformada por 23 familias.
- El capítulo II examina la normativa del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MATE), estableciendo los criterios fundamentales para el diseño del sistema de agua potable. Esta revisión abarca las regulaciones

vigentes y los estándares técnicos requeridos para sistemas de abastecimiento de agua en comunidades rurales.

- El capítulo III nos establece los diseños de la red de conducción y distribución los cuales se diseñaron cumpliendo con los diámetros y presiones mínimas exigidas por la normativa vigente. La conducción, posee extensión de 346.74 m, en tubería de PVC E/C cuyo diámetro comercial es de 20 mm y un diámetro interno de 17.8 mm. La red de distribución, por su parte, se extiende 1063.68 m, utilizando tuberías de 25 mm de diámetro.
- Se diseñó la planta de tratamiento la cual incluye un sistema de filtro de arena lento compuesto por dos unidades, cada un operando al 50% del caudal de diseño. Además, se incorporó un sistema de desinfección con hipoclorito de sodio, utilizando el equipo Clorid L-30 para la dosificación. El agua tratada se almacenará en un tanque circular de hormigón armado de 15 m.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un programa de seguimiento continuo para el sistema de agua potable. Este debe incluir inspecciones regulares de todos los componentes, incluyendo los filtros de arena lentos, el equipo de cloración y el tanque de almacenamiento. Es crucial verificar que el agua suministrada cumpla consistentemente con los estándares de calidad establecidos. Adicionalmente, se sugiere desarrollar un programa de capacitación para miembros seleccionados de la comunidad en tareas de mantenimiento básico, fomentando así la autonomía y sostenibilidad a largo plazo del sistema.

- Es imperativo diseñar e implementar programas de capacitación y educación comunitaria enfocados en el uso responsable y el mantenimiento adecuado del sistema de agua potable. Estos programas deben abordar temas como la conservación del recurso hídrico, prácticas de higiene y prevención de enfermedades relacionadas con el agua. El objetivo es cultivar una cultura de cuidado y responsabilidad entre los usuarios, lo que no solo asegurará el óptimo funcionamiento del sistema, sino que también contribuirá a mejorar la salud general de la comunidad.
- Antes de considerar cualquier expansión o modificación del sistema, se recomienda realizar una evaluación exhaustiva de la infraestructura existente. Esta evaluación debe identificar y abordar cualquier deficiencia en el sistema actual, previniendo así problemas futuros. Asimismo, es esencial considerar las proyecciones de crecimiento poblacional para ajustar la capacidad del sistema, garantizando que pueda satisfacer la demanda futura sin comprometer la calidad del servicio.
- Se aconseja buscar activamente oportunidades de financiamiento adicional y establecer colaboraciones estratégicas con entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales e instituciones internacionales. Estos recursos pueden destinarse a mejorar la infraestructura existente, implementar tecnologías innovadoras y proporcionar capacitación continua a la comunidad. La colaboración interinstitucional no solo puede facilitar el acceso a recursos financieros, sino también promover el intercambio de conocimientos y mejores prácticas, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la comunidad de Moisés del Bosque.

Bibliografía

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2010). *Censo de población*.
Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Arocha, S. (1997). *Abastecimientos de Agua: Teoría y Diseño*. Ediciones Vega.
- Cairncross, S. B. (2018). Water, sanitation and hygiene in developing countries: practical solutions. *The Lancet Infectious Diseases*, 273-283.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2022). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill.
- Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción (s.f.). *Norma CO 10.7-602 Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*.
- Fragoso, L., Pulido, A. I., & Flores, J. L. (2016). Métodos de aforo de caudal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1433-1442.
- GAD Parroquial Santa Susana de Chiviaza, Universidad del Azuay. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA SANTA SUSANA DE CHIVIAZA*. Diagnóstico Estratégico . Obtenido de [file:///C:/Users/User/Documents/UDA/DISE%C3%91O%20DEL%20PROYECTO%20DE%20GRADUACI%C3%93N/TESIS/PDOT%20Chiviaza%20alineado_compressed%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Documents/UDA/DISE%C3%91O%20DEL%20PROYECTO%20DE%20GRADUACI%C3%93N/TESIS/PDOT%20Chiviaza%20alineado_compressed%20(1).pdf)
- García, J. (2020). *Topografía avanzada*. Editorial Técnica.
- García, M. (2018). *Desarrollo comunitario y sostenibilidad*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- García-Chevesich, P. (2023). *Procesos y control de la erosión*. Outskirts Press.

- Howard, G. &. (2003). *Domestic Water Quantity, Service Level and Health*. World Health Organization.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2011). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA Anexo 1. NTE INEN 1108 (2011) sobre Agua Potable* (segunda ed.). Obtenido de file:///C:/Users/User/AppData/Local/Temp/Rar\$DIa0.317/INEN%201108.pdf
- Instituto Ecuatoriano de normalización. (1992). *Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*.
- López, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados (2ª ed.)*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Lozano, W., & Lozano, G. (2015). *Potabilización del agua: principios de diseño, control de procesos y laboratorio*. Universidad Piloto de Colombia.
- Martínez, F. (2024). *Gestión ambiental de recursos hídricos*. Pearson Education.
- Mays, L. W. (2010). *Water Resources Engineering (2nd ed.)*. John Wiley & Sons.
- Mihelcic, J. R. (2009). *Field Guide to Environmental Engineering for Development Workers: Water, Sanitation, and Indoor Air*. American Society of Civil Engineers.
- Molina, L., Suárez, M., & Villa, M. (2020). Sistemas de captación de agua lluvia en América Latina. *Revista de Arquitectura*, 155-170. doi:<https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2715>
- Moreno, F. (2017). *Generación de capacidades en la gestión del catastro de usuarios de los servicios de agua potable y alcantarillado y residuos sólidos e implementación de proyectos piloto a nivel territorial, Grupo IV*. Ventanas.

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Guías para la calidad del agua de consumo humano (4ª ed.)*.
- Peñaloza, C. E. (2012). *Diseño de red de distribución de agua potable y alcantarillado y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes del sector 5 de la comuna de Tierra Nueva del cantón Daule*. Universidad de Guayaquil.
- Peñaloza, E. (2012). *Estudios y Diseños Integrales para la Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable para la Ciudad de Sigsig*.
- Pérez, L. E., & Maino, A. (2016). *Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental (Vol. 4)*. FIUBA.
- Pérez, M. (2021). *Diseño de sistemas hidráulicos*. Universidad Técnica de Ambato.
- Proapac. (2015). *www.proapac.org, www.epa.gov, www.epanet.es*. Obtenido de Modelacion Hidraulica: <https://dokumen.tips/documents/contenido-del-cd-con-el-software-epanet-modelacion-2015-12-24-u-manual.html?page=1>
- Prüss, A. B. (2014). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene in low-and middle-income settings: a retrospective analysis of data from 145 countries. *Tropical Medicine & International Health*, 19(8), 894-905.
- Romero, J. A. (2006). *Purificación del agua (2ª ed.)*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sánchez, P. (2019). *Economía rural en comunidades indígenas*. Editorial Andina.
- Sánchez, F. J. (2021). *Hidrología superficial y subterránea*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Secretaría del Agua. (s.f.). *Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural (CO 10.7 - 602)*.

Sobsey, M. D. (2008). Point of use household drinking water filtration: A practical, effective solution for providing sustained access to safe drinking water in the developing world. *Environmental science & technology*, 42(12), 4261-4267.

Sotelo, G. (2020). *Hidráulica general*. Limusa.

TULSMA. (2015). *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*. Ecuador.

Twort, A. C. (2000). *Water Supply (5th ed.)*. Butterworth-Heinemann.