



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GERENCIA EN
CONSTRUCCIONES**

**Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para
la Comunidad Guablid, ubicado en el Sector Arañahuayco,
perteneciente al Cantón Guachapala.**

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO(A) CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

AUTORES:

COLLAGUAZO TAZA CHRISTIAN DAVID
SALINAS CASTRO MERCY YOLANDA

DIRECTOR:

OSWALDO TORRES VÁZQUEZ

CUENCA – ECUADOR

2019

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primero a Dios, a mis padres Bolívar y Luz, quienes con su amor, fortaleza, sabiduría y apoyo han hecho de mí una persona con principios y sueños por cumplir. Les agradezco infinitamente por haberme permitido poder lograr una meta que a ratos parecía inalcanzable.

A mi hermana Joseline quien siempre estuvo para mí sin importar los momentos difíciles, sabiendo ayudarme, para ti querida hermana; nunca olvides que los sueños se pueden lograr con sabiduría y perseverancia.

A Samira, por todo su amor y apoyo incondicional en los momentos más difíciles, por siempre motivarme a nunca dejar de luchar por mis sueños y seguir siendo fuerte.

A toda mi familia, amigos y conocidos que me ayudaron a cumplir con este gran paso para poder seguir luchando por mis sueños, sin su ayuda y apoyo no lo hubiese logrado.

Christian David Collaguazo Taza

Este trabajo va dedicado a mis padres Wilson y Marta, quienes con su amor, sacrificio y consejos han hecho de mí una persona de bien, responsable y llena de sueños. Les agradezco porque, aunque no estén cerca, siempre están conmigo motivando y apoyando cada paso que doy.

A mis hermanos, por su cariño y apoyo incondicional, por siempre motivarme a seguir adelante y nunca rendirme, gracias.

A la memoria de mi hermano Freddy, quien me cuidó y guió en una etapa muy importante de mi vida. Gracias por animarme a seguir esta carrera, esta meta cumplida hoy es por y para ti.

Finalmente, a todas las personas que me apoyaron a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida.

Mercy Yolanda Salinas Castro

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a todas las personas que de una u otra manera nos apoyaron a lo largo de nuestra carrera universitaria.

A la prestigiosa Universidad del Azuay, por habernos brindado unos excelentes educadores quienes con su sabiduría, conocimiento y apoyo nos han ayudado a ser unos profesionales de excelencia con valores y principios.

Un sincero agradecimiento a nuestro director de tesis, el ingeniero Oswaldo Torres Vázquez quien con su experiencia y conocimientos nos ayudó en la elaboración de este proyecto. Le agradecemos por toda la ayuda brindada, los conocimientos impartidos y por su amistad.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	XIII
ALCANCE	XIV
ANTECEDENTES	XIV
JUSTIFICACIÓN	XIV
1 CAPÍTULO I	1
ESTUDIOS PRELIMINARES	1
1.1 Información cartográfica	1
1.1.1 Ubicación del proyecto	1
1.1.2 Clima	2
1.1.3 Uso del Suelo	3
1.1.4 Información geográfica	4
1.2 Distribución de la población y características socioeconómicas	5
1.2.1 Población	5
1.2.2 Características de la población en la zona del proyecto	5
1.2.3 Vivienda	6
1.2.4 Características Socioeconómicas	9
1.3 Servicios e infraestructura existente	13
1.3.1 Establecimientos educativos y de salud	13
1.3.2 Redes de energía eléctrica	13
1.3.3 Infraestructura sanitaria	14
1.3.4 Abastecimiento de agua potable	14
1.3.5 Saneamiento	16
1.3.6 Vialidad	17
1.4 Normativa a utilizar en el proyecto	17
2 CAPITULO II	19
EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTENTE	19
2.1 Caracterización del sistema de agua potable existente en el sector Arañahuayco	19
2.2 Evaluación física	19
2.2.1 Captaciones	19
2.2.2 Conducción	21
2.2.3 Planta de tratamiento y almacenamiento	22
2.2.4 Red de distribución	23
2.2.5 Tanques rompe-presiones (TRP)	24

2.3	Análisis de las fuentes	24
2.3.1	Evaluación de las fuentes	24
2.3.2	Calidad de las fuentes	26
2.3.3	Parámetros físicos, químicos y biológicos	27
2.3.4	Toma de muestras del agua para el análisis	31
2.3.5	Resultados de los análisis realizados	32
2.4	Aforo de las fuentes de abastecimiento	32
2.5	Modelación hidráulica	34
2.5.1	Resultados de la modelación hidráulica del sistema actual de agua potable	36
2.6	Conclusiones de la evaluación del sistema actual	39
3	CAPITULO III	41
	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO	41
3.1	Parámetros de diseño	41
3.1.1	Definiciones generales	41
3.1.2	Periodo de diseño	42
3.1.3	Población de diseño	42
3.1.4	Tasa de crecimiento poblacional	43
3.1.5	Niveles de servicio	43
3.1.6	Dotaciones	44
3.1.7	Variaciones de consumo	45
3.1.8	Parámetros de diseño para la captación	48
3.1.9	Parámetros de la línea de conducción	49
3.1.10	Parámetros de la planta de tratamiento	52
3.1.11	Parámetros de almacenamiento	55
3.1.12	Parámetros de la red de distribución	56
3.2	Análisis de alternativas	57
3.2.1	Selección de alternativas	64
4	CAPITULO IV	67
	DISEÑO DEFINITIVO	67
4.1	Diseño de la captación	67
4.2	Diseño de la línea de conducción	68
4.3	Diseño de la planta de tratamiento	68
4.3.1	Caseta de cloración	68
4.3.2	Tanque de almacenamiento	69
4.4	Red de distribución	69
4.4.1	Tanques rompe presiones	70
4.4.2	Válvula de purga	71
4.4.3	Válvulas de control	72
4.5	Manual de operación y mantenimiento	72

5	CAPITULO V	73
	PRESUPUESTO	73
5.1	Análisis de precios unitarios	73
5.2	Presupuesto	73
5.3	Especificaciones técnicas	73
6	CONCLUSIONES	74
7	RECOMENDACIONES	75

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. UBICACIÓN DEL CANTÓN GUACHAPALA	1
FIGURA 1.2 COMUNIDADES DEL CANTÓN GUACHAPALA.	2
FIGURA 1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL SECTOR ARAÑAHUAYCO	4
FIGURA 1.4. PORCENTAJE DE POBLACIÓN DEL SECTOR ARAÑAHUAYCO	6
FIGURA 1.5 TIPO DE VIVIENDA DEL SECTOR	6
FIGURA 1.6 PORCENTAJE DEL TIPO DE USO DE LAS VIVIENDAS	7
FIGURA 1.7. MATERIALES PREDOMINANTES DEL SECTOR DE ARAÑAHUAYCO	8
FIGURA 1.8 RAMA DE ACTIVIDAD DE LA POBLACIÓN	9
FIGURA 1.9 ACTIVIDADES DE LA POBLACIÓN DE GUABLID EN EL SECTOR DE ARAÑAHUAYCO	10
FIGURA 1.10 NIVEL DE INSTRUCCIÓN DEL CANTÓN GUACHAPALA	10
FIGURA 1.11 NIVEL DE EDUCACIÓN DE HOMBRES MAYORES DE EDAD	11
FIGURA 1.12 NIVEL DE EDUCACIÓN DE MUJERES MAYORES DE EDAD	11
FIGURA 1.13 NIVEL DE EDUCACIÓN DE MENORES DE EDAD DEL SECTOR	12
FIGURA 1.14 PATOLOGÍAS PRODUCIDAS POR UNA MALA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO	12
FIGURA 1.15 EVACUACIÓN DE AGUAS SERVIDAS	14
FIGURA 1.16 POBLACIÓN ABASTECIDA DE AGUA	15
FIGURA 1.17 ESTADO DE LA CONEXIÓN DE LAS TUBERÍAS	15
FIGURA 1.18 CALIDAD DEL AGUA	16
FIGURA 1.19 TIPO DE VÍAS DEL SECTOR ARAÑAHUAYCO	17
FIGURA 2.1. CAPTACIONES DE LA COMUNIDAD GUABLID	25
FIGURA 2.2. ESCALA DE PH	29
FIGURA 2.3 TOMA DE MUESTRAS EN ENVASES DE PLÁSTICO	31
FIGURA 2.4 MUESTRAS TOMADAS EN LA CAPTACIÓN	32
FIGURA 3.1 OPERACIÓN DE UN DOSIFICADOR DE TABLETAS DE HIPOCLORITO DE CALCIO	54

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.1 FORMAS DE CULTIVO DEL CANTÓN GUACHAPALA	3
GRÁFICO 1.2 VIVIENDAS DEL SECTOR ARAÑAHUAYCO	8
GRÁFICO 1.3 DISPENSARIO UBICADO EN EL CENTRO DE LA COMUNIDAD GUABLID	13
GRÁFICO 2.1. PRIMERA CAPTACIÓN	20
GRÁFICO 2.2 SEGUNDA CAPTACIÓN	21
GRÁFICO 2.3 PLANTA DE TRATAMIENTO Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO	23
GRÁFICO 2.4 TANQUE ROMPE PRESIONES	24

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 COORDENADAS DE LA COMUNIDAD DE GUABLID	4
TABLA 2.1. RECORRIDO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN	22
TABLA 2.2. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO	25
TABLA 2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES EN EL AGUA	26
TABLA 2.4. PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	27
TABLA 2.5 AFORO EN ÉPOCA DE LLUVIA FUERTE	33
TABLA 2.6 CAUDALES EN ÉPOCA DE VERANO	34
TABLA 2.7. CAUDAL DE LAS FUENTES DE AGUA	34
TABLA 2.8 DATOS PARA REALIZAR LA MODELACIÓN HIDRÁULICA	35
TABLA 2.9. DOTACIÓN DE CADA NODO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL	35
TABLA 2.10 RESULTADOS DE LA TUBERÍA	37
TABLA 2.11 RESULTADO DE LOS NUDOS DE LA RED	38
TABLA 3.1 TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	43
TABLA 3.2 NIVELES DE SERVICIO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS	43
TABLA 3.3. DOTACIONES DE AGUA PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE SERVICIO	45
TABLA 3.4. PORCENTAJE DE FUGAS A CONSIDERARSE EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	47
TABLA 3.5 DATOS DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO	48
TABLA 3.6 RESULTADO DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO	48
TABLA 3.7 COEFICIENTE DE FRICCIÓN N PARA LAS FÓRMULAS DE MANNING	51
TABLA 3.8 VELOCIDADES MÁXIMA Y MÍNIMA PERMISIBLES EN TUBERÍAS	52
TABLA 3.9 RESULTADO DE LAS MUESTRAS DE AGUA	53
TABLA 3.10 MÍNIMAS CONCENTRACIONES RESIDUALES DE CLORO REQUERIDAS PARA UNA DESINFECCIÓN EFICAZ DEL AGUA	55
TABLA 3.11 RESULTADOS DE LA TUBERÍA DE LA ALTERNATIVA 1	58
TABLA 3.12 RESULTADOS EN LOS NODOS DE LA ALTERNATIVA 1	60
TABLA 3.13 RESULTADOS DE LA TUBERÍA DE LA ALTERNATIVA 2	61
TABLA 3.14 RESULTADOS EN LOS NODOS DE LA ALTERNATIVA 2	63
TABLA 3.15 COMPARACIÓN DE COSTOS PARA SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	65
TABLA 4.1. VIDA ÚTIL DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE	67
TABLA 4.2. DOTACIÓN DE LOS RESPECTIVOS NODOS DEL DISEÑO DEFINITIVO	69
TABLA 4.3 UBICACIÓN DE TANQUES ROMPE PRESIONES, VÁLVULAS DE PURGA Y DE SECCIONAMIENTO	70

ANEXOS

- ANEXO 1. ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA (MODELO)
- ANEXO 2. ENCUESTAS SOCIO-ECONÓMICAS REALIZADAS A LA COMUNIDAD
- ANEXO 3. INFORME DEL SUBCENTRO DE SALUD DE GUACHAPALA
- ANEXO 4. INFORME ANÁLISIS DE AGUA
- ANEXO 5. PLANOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTENTE DEL SECTOR ARAÑAHUAYCO
- ANEXO 6. PLANO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA ALTERNATIVA 1
- ANEXO 7. PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALTERNATIVA 1
- ANEXO 8. PLANO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE LA ALTERNATIVA 2
- ANEXO 9. PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA ALTERNATIVA 2
- ANEXO 10. PLANO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL DISEÑO DEFINITIVO
- ANEXO 11. PLANO A DETALLE DE LA PLANTA DE CASETA DE CLORACIÓN Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- ANEXO 12. PLANOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEL DISEÑO DEFINITIVO
- ANEXO 13. PLANO A DETALLE DEL TANQUE ROMPE PRESIONES
- ANEXO 14. PLANO A DETALLE DE LA VÁLVULA DE PURGA
- ANEXO 15. PLANO DE LOS POLÍGONOS DE THIESSEN
- ANEXO 16. PLANO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN
- ANEXO 17. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
- ANEXO 18. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
- ANEXO 19. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
- ANEXO 20. FICHA TÉCNICA DE IMPACTO AMBIENTAL

Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la Comunidad Guablid, ubicado en el Sector Arañahuayco, perteneciente al Cantón Guachapala.

Resumen

Este trabajo presenta el diseño del sistema de agua potable de la comunidad de Guablid del cantón Guachapala. Para el diseño se evaluó el sistema existente, el cual trabaja con un caudal de 0.66 lt/s; posee una longitud de 3 215 m aproximadamente con diámetros de tubería 50, 40, 32 y 25 mm de PVC; determinándose así la reutilización de las dos captaciones, planta de tratamiento y tanque de almacenamiento. Además, se presenta dos alternativas de diseño de la red, se selecciona la primera basada en un análisis de viabilidad técnica y económica. Se elabora el presupuesto referencial, las especificaciones técnicas y el estudio de impacto ambiental de la obra.

Palabras clave: Diseño, Agua Potable, Análisis, Presupuesto, Especificaciones.



Christian Oswaldo Torres Vázquez

Director de Tesis



José Fernando Vázquez Calero

Coordinador de Escuela



Christian David Collaguazo Taza

Autor



Mercy Yolanda Salinas Castro

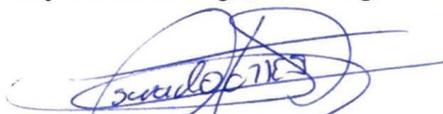
Autor

Design of the drinking water supply system for the Guablid Community, located in the Arañahuayco Sector of the Guachapala Canton.

Abstract

This work presents the design of the drinking water system of the Guablid community of the Guachapala canton. For the design, the existing system was evaluated and it was determined that it works with a flow of 0.66 lt/s and has a length of approximately 3215 m with PVC pipe diameters 50, 40, 32 and 25 mm. The reuse of the two catchments, treatment plant and storage tank was determined. In addition, two network design alternatives were presented. The first option was selected based on an analysis of technical and economic feasibility. Also, a referential budget, the technical specifications and the environmental impact study of the work were developed.

Keywords: Design, Drinking Water, Analysis, Budget, Specifications.



Christian Oswaldo Torres Vázquez

Thesis Director



José Fernando Vázquez Calero

Faculty Coordinator



Christian David Collaguazo Taza

Author



Mercy Yolanda Salinas Castro

Author



Translated by
Ing. Paúl Arpi

Collaguazo Taza Christian David

Salinas Castro Mercy Yolanda

Trabajo de grado

Ing. Oswaldo Torres Vázquez. Msc.

Octubre, 2019

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PARA LA COMUNIDAD GUABLID, UBICADO EN EL SECTOR
ARAÑAHUAYCO, PERTENECIENTE AL CANTÓN GUACHAPALA.**

INTRODUCCIÓN

El agua potable es un servicio al que todas las personas deben tener acceso, pues es el líquido vital de los seres humanos. Según la Organización Mundial de la Salud el acceso al agua es uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la vida y su disponibilidad debe ser un suministro satisfactorio (OMS, 2006).

Muchas comunidades rurales no cuentan con este servicio ya sea por falta de estudios o por dificultades en la ejecución de estas obras; o si los poseen, estos no se encuentran funcionando adecuadamente. Este último es el caso de la comunidad Guablid, ubicada en el cantón Guachapala que es abastecida por un sistema de agua que ha culminado su vida útil y presenta inconvenientes como tuberías rotas y cortes de agua que perjudican la calidad de vida de los moradores. Es por esto que el Gobierno Autónomo Descentralizado de Guachapala y la Universidad del Azuay mediante un convenio específico deciden implementar un sistema de agua potable para esta comunidad con la finalidad de solucionar dicho problema.

En este trabajo se presenta el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Guablid, el cual consta de una línea de conducción y de una red de distribución, que ayudará a mejorar el servicio y confort para el desarrollo de la comunidad.

Alcance

Una de las principales causas por las que la salud de las personas se ve afectada es por un servicio de agua potable de mala calidad, este proyecto tiene la finalidad de mejorar las condiciones del sistema de abastecimiento de agua potable existente en la comunidad Guablid para de esta manera mejorar la calidad de vida de los moradores. El proyecto se centra en analizar el sistema de abastecimiento de agua potable actual para determinar su estado, plantear alternativas en función del comportamiento hidráulico mediante la utilización de un software especializado y seleccionar una alternativa para generar un diseño definitivo que contenga captación, conducción, planta de tratamiento y red de distribución para un periodo de vida útil de 20 años.

Antecedentes

La comunidad Guablid es abastecida por un sistema de agua deficiente. Este sistema presenta tuberías rotas, cortes de agua y otros inconvenientes que perjudican la calidad de vida de los habitantes. La mayoría de los municipios tienen como objetivo cubrir a todos los sectores que están bajo su jurisdicción con un servicio de agua potable para mejorar la calidad de vida de las comunidades.

Es por esto que la Universidad del Azuay y el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Guachapala, firman un convenio para realizar un diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Guablid, con el fin de solucionar los problemas y necesidades que tiene esta comunidad.

Justificación

Actualmente la comunidad Guablid, ubicada en el cantón Guachapala cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable que no está funcionando adecuadamente, esto es debido a que su vida útil a culminado; este sistema presenta fallas a lo largo de toda la red de distribución, provocando cortes de agua y rupturas en la tubería. Por lo que, es necesario generar un nuevo diseño que garantice un servicio de calidad a la comunidad.

Objetivo General

Realizar el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad Guablid, ubicado en el sector Arañahuayco perteneciente al cantón Guachapala.

Objetivos Específicos

- Realizar los estudios de factibilidad del sistema de abastecimiento de agua.
- Diagnóstico y evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento existente.
- Análisis de las de las alternativas, en función del comportamiento hidráulico y presupuesto de cada una. De existir alternativas que incluyan la reutilización de elementos de la red actual, se considerará su capacidad y vida útil remanente.
- Estudios y diseños definitivos de la alternativa seleccionada.

CAPÍTULO I

ESTUDIOS PRELIMINARES

1.1 Información cartográfica

1.1.1 Ubicación del proyecto

El cantón Guachapala es el cantón más pequeño de la provincia del Azuay. Está ubicado en la parte nororiental, a unos 53 km de la ciudad de Cuenca y posee una extensión de 39.669 km².

Este cantón limita al Norte y al Oeste con el cantón Paute; al Sur, con el cantón Gualaceo; al Este, con el cantón El Pan y Sevilla de Oro (Figura 1.1).

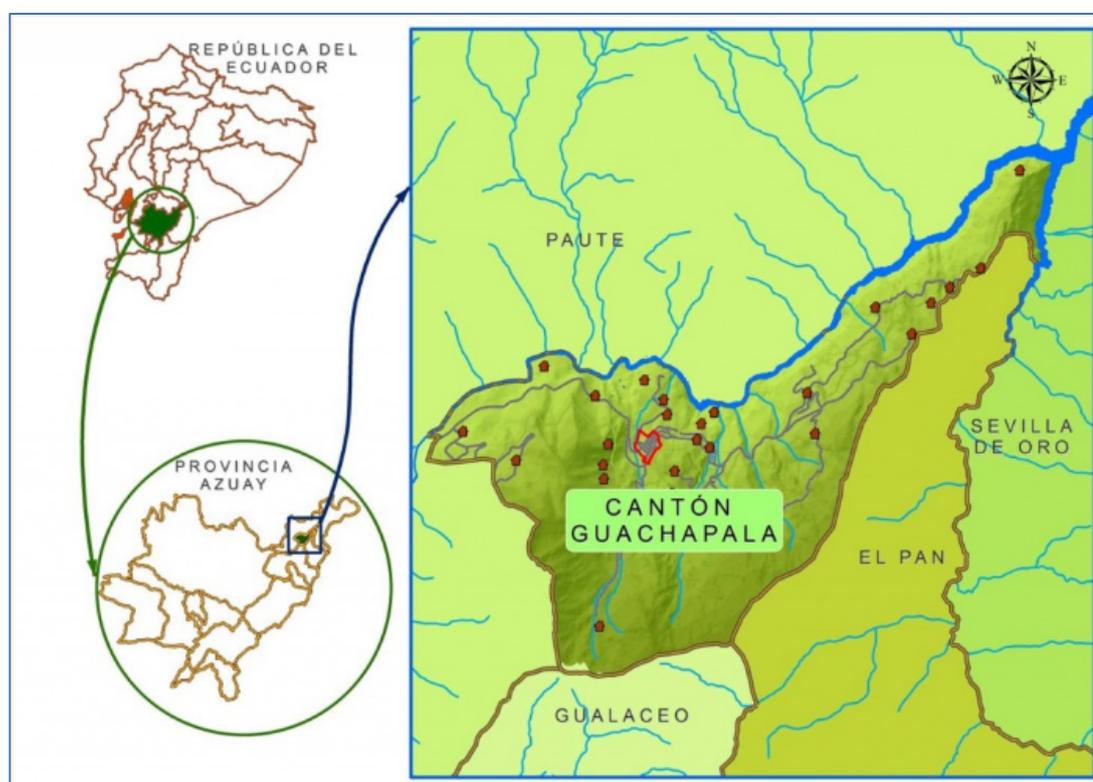


Figura 1.1. Ubicación del cantón Guachapala

Fuente: (GAD GUACHAPALA, 2014)

El cantón está conformado por una parroquia urbana y diecinueve comunidades (Figura 1.2). La parroquia urbana es Guachapala y las comunidades son: Don Julio,

Sacre, Guablid, Rumipungo, San Marcos, Andacocha, Chicti, Chauyallacu, Musaray, Guasac, San Pedro, Agllan, Parig, Monjas, Ñuñurco, Shimshim, Shaushim, Asmal y El Rosario (GAD GUACHAPALA, 2014).

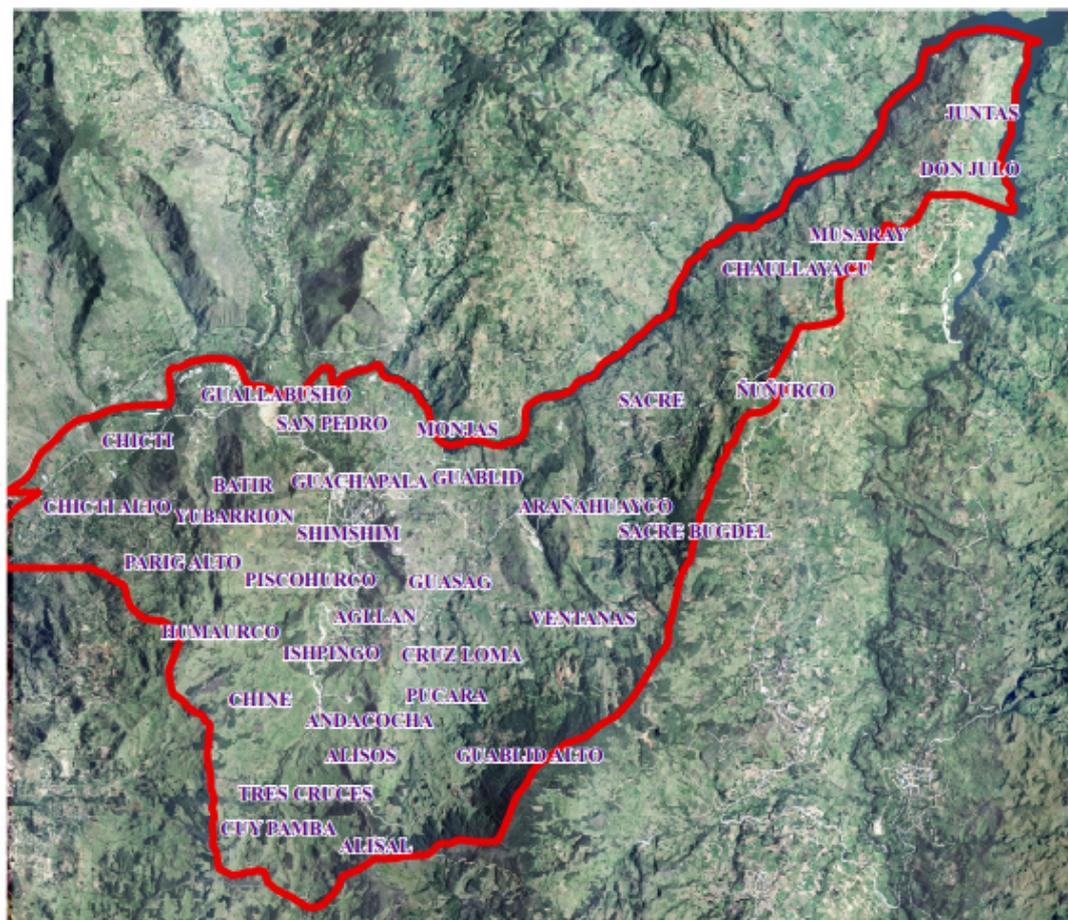


Figura 1.2 Comunidades del cantón Guachapala.

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.1.2 Clima

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) Guachapala goza de una temperatura variada. En las zonas más altas, la temperatura promedio se encuentra alrededor de los 4°C. Mientras que, en los poblados de Don Julo y Juntas considerados como las zonas más bajas, su temperatura promedio oscila entre los 14°C a 16°C (GAD GUACHAPALA, 2014).

Con lo que respecta a las precipitaciones, los poblados de Chicti y el Centro Cantonal son las áreas de menor precipitación, con valores aproximados entre 600mm y 800mm anuales. Hacia el norte, entre las comunidades Ñuñurco, Don Julo y Juntas, se encuentran las zonas de mayor precipitación oscilando entre 1200 mm a 1400 mm anuales (GAD GUACHAPALA, 2014).

De acuerdo al Análisis Integral de Salud de Guachapala, los meses con regímenes de lluvia que se dan en el cantón son en octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo; mientras que los meses de sequía, considerados como meses de verano, se dan en abril, mayo, junio, julio y agosto (Sánchez et al., 2018).

1.1.2.1 Zonas Climatológicas

El cantón Guachapala posee características geográficas similares a las del cantón Paute. Es por esta razón que el cantón cuenta con dos tipos de climas representativos: Clima Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo y Húmedo, y Clima Ecuatorial Frío de Alta Montaña (GAD GUACHAPALA, 2014).

1.1.3 Uso del Suelo

En la actualidad, el suelo del cantón Guachapala está conformado en mayor parte por bosque intervenido, pasto cultivado, cultivos de maíz y de ciclo corto, en menor escala el suelo es utilizado en cultivos de flores y frutas en invernaderos (Gráfico 1.1).



Gráfico 1.1 Formas de cultivo del cantón Guachapala

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.1.4 Información geográfica



Figura 1.3 Ubicación geográfica del sector Arañahuayco

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

El siguiente proyecto se encuentra ubicado en el sector de Arañahuayco, a unos 15 minutos de la cabecera cantonal Guachapala (Figura 1.3). En este sector se encuentra una parte de la comunidad de Guablid.

Esta zona tiene una altura promedio de 2397 m y se encuentra situada en las siguientes coordenadas UTM (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Coordenadas de la comunidad de Guablid

Zona	17 M
Coordenadas Este	756001 m E
Coordenadas Norte	9693228 m S

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.2 Distribución de la población y características socioeconómicas

1.2.1 Población

La población guachapaleña, en términos de identificación étnico-cultural, se reconoce como mestiza (representando el 95.6 % del total de la población). Mientras que la población definida como indígena apenas representa el 0.29 %; a pesar de que hechos históricos muestran de que en esta zona hubo importantes asentamientos cañaris (Sánchez et al., 2018).

El cantón Guachapala cuenta con una población de 3409 habitantes. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010), esta población está conformada por 1560 hombres (que representan el 0.5 % del total de la población de género masculino de la provincia del Azuay); y por 1849 mujeres (que representan el 0.5 % del total de la población de género femenino de la provincia del Azuay).

Los residentes que se encuentran en la zona urbana del cantón de Guachapala representan un 33 % de la población total; mientras que el restante 67 % se encuentra en las zonas rurales. De acuerdo a la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES, 2014); la población masculina representa un 54.2 % de la población total; mientras que la población femenina representa un 54.2 %.

1.2.2 Características de la población en la zona del proyecto

Según datos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón, toda la comunidad de Guablid está conformada aproximadamente por 350 personas; las mismas que conforman por lo menos 120 familias. De acuerdo a las encuestas realizadas en el sector de Arañahuayco (Ver Anexo 1 y Anexo 2), se pudo determinar que la población total que se encuentra dentro de esta red de distribución es de 104 habitantes, la misma que se encuentra conformada de la siguiente manera: 38 hombres (mayores de edad que representan el 36 %); 34 mujeres (mayores de edad que

representan el 33 %); y 32 niños (tanto varones como mujeres menores de 18 años que representan el 31 %). Estos valores se presentan en la Figura 1.4.

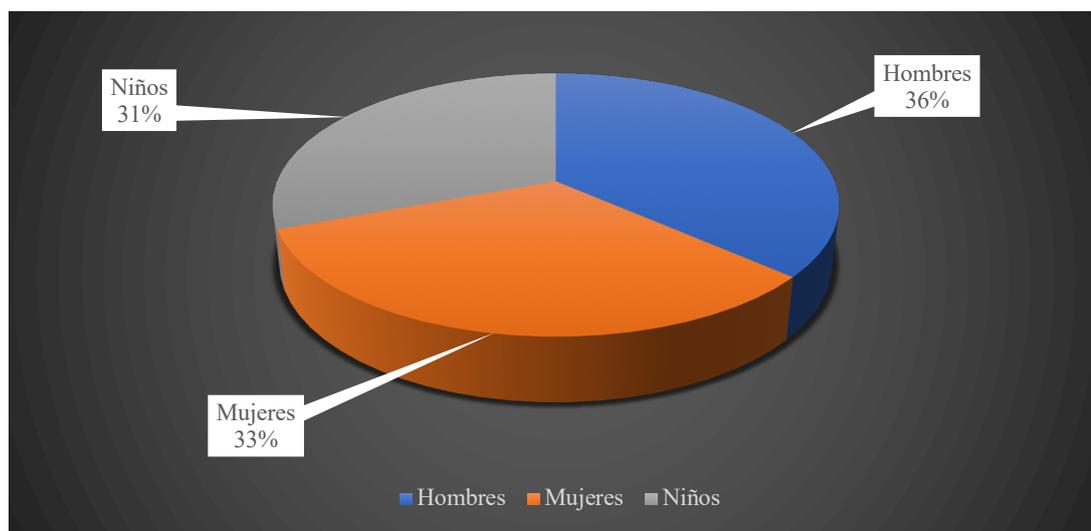


Figura 1.4. Porcentaje de población del sector Arañahuayco

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.2.3 Vivienda

El sector de Arañahuayco cuenta con 31 viviendas habitadas y 8 viviendas abandonadas, el 58 % de las viviendas son de dos plantas, mientras que el 42 % restante corresponde a viviendas de una planta (Figura 1.5). En este sector no se encontraron viviendas de tipo multifamiliar o fincas.

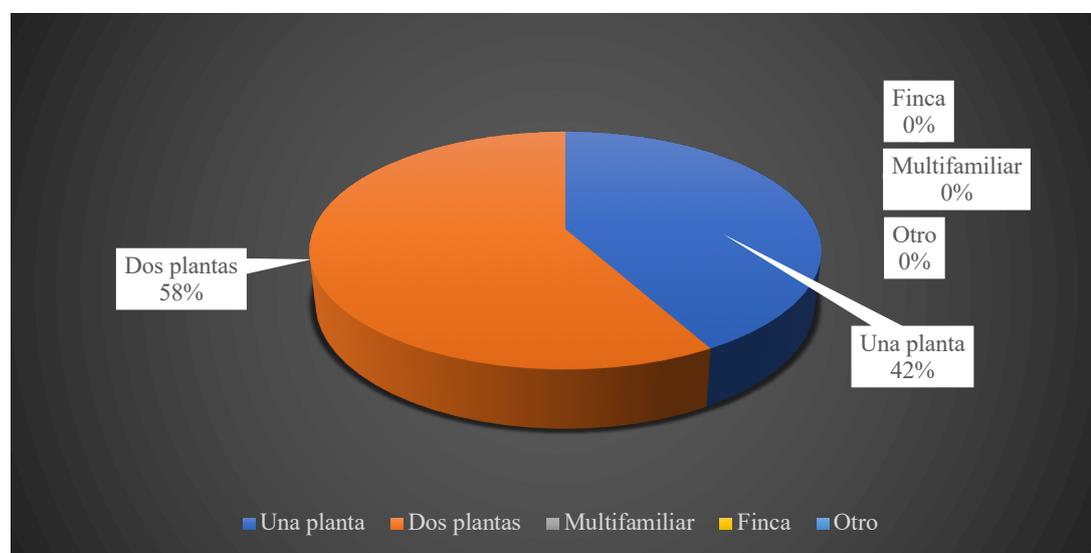


Figura 1.5 Tipo de vivienda del sector

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

La mayoría de las viviendas del sector están destinadas al uso habitacional (Figura 1.6), a excepción de algunas casas que, al estar ubicadas junto a la vía principal, son de uso tanto habitacional como comercial. De acuerdo a los datos obtenidos, en esta localidad no se encuentran estructuras que funcionen como bodegas; a pesar de ser una zona agrícola que necesita lugares de almacenamiento del producto.

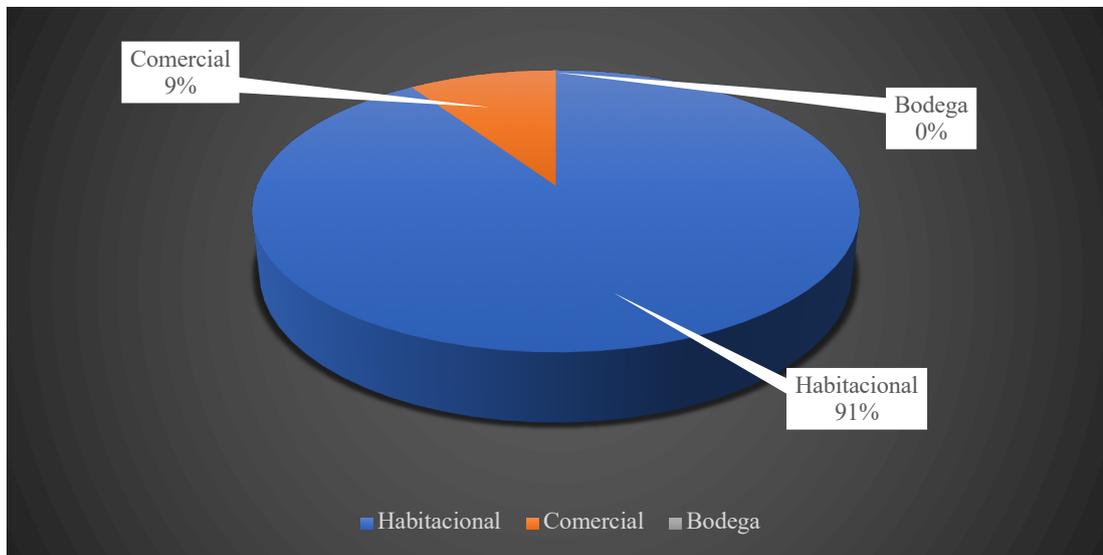


Figura 1.6 Porcentaje del tipo de uso de las viviendas

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Al estar Guablid ubicado en la zona rural del cantón, se podría decir que el material predominante de las viviendas sería el adobe; sin embargo, este no es el caso debido a que las encuestas realizadas, demuestran que el 65 % de las estructuras están construidas a base de cemento y bloque, mientras que el 35 % están construidas con adobe (Figura 1.7). No se encontraron estructuras hechas de otro tipo de material, a pesar de que, en otras zonas del cantón, existen viviendas construidas con otros materiales.

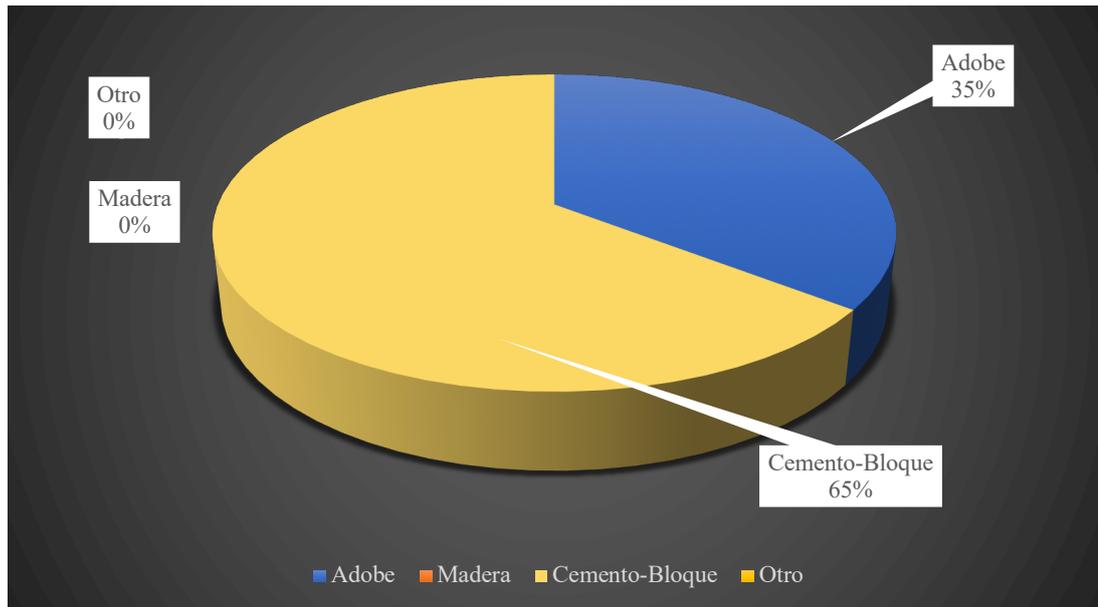


Figura 1.7. Materiales predominantes del sector de Arañahuayco

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

En el Gráfico 1.2 se puede observar dos viviendas y los materiales de los que están hechas.



Gráfico 1.2 Viviendas del sector Arañahuayco

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.2.4 Características Socioeconómicas

1.2.4.1 Actividades laborales de los habitantes

Los habitantes del cantón Guachapala se dedican principalmente a la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, con un 49% (Figura 1.8). También, a la construcción, el comercio al por mayor y menor, al transporte y almacenamiento, industrias manufactureras, administración pública y privada, actividades de alojamiento y enseñanza, trabajos domésticos y otras actividades laborables que permiten el desarrollo del cantón.



Figura 1.8 Rama de actividad de la población

Fuente: (Censo de Población y Vivienda 2010)

En el sector de Arañahuayco la población se enfoca fundamentalmente en realizar actividades agrícolas (57%), mientras que el porcentaje restante realiza actividades en el sector público y privado con el 15% y el 28%, respectivamente (Figura 1.9).

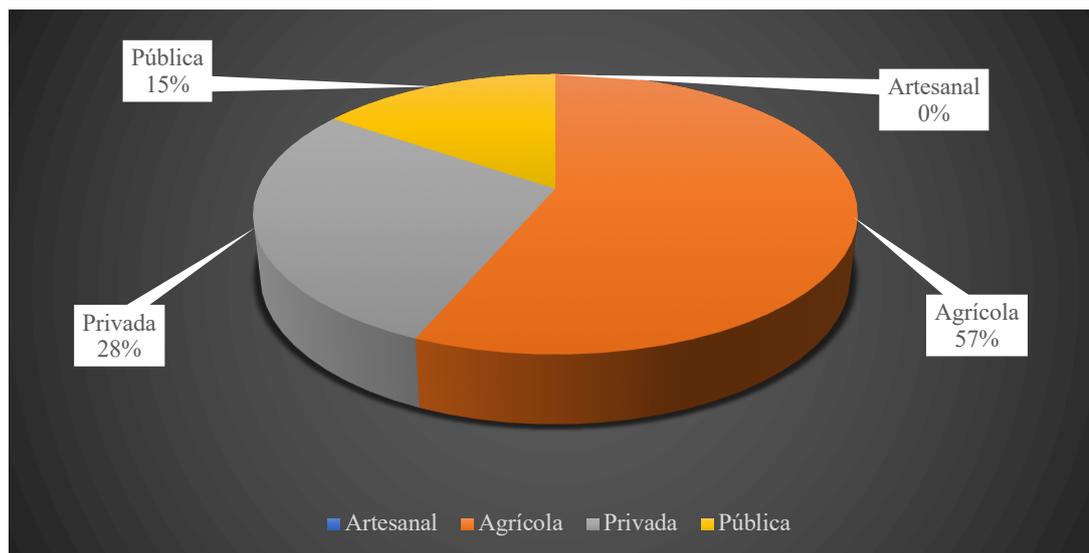


Figura 1.9 Actividades de la población de Guablid en el sector de Arañahuayco

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.2.4.2 Educación

Como se puede apreciar en la Figura 1.10, la mayoría de los habitantes poseen instrucción primaria, con un 45% y el resto de la población posee diferentes porcentajes para los diferentes niveles de estudio. Sin embargo, es necesario mencionar que solamente se ha encontrado que 5 personas poseen estudios de Post Grado, valor que, en comparación con los demás niveles prácticamente representa el 0% (GAD GUACHAPALA, 2014).

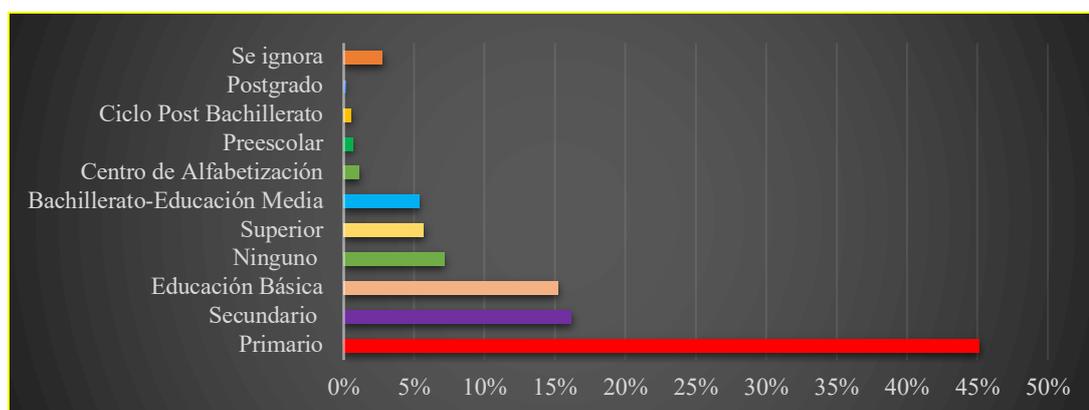


Figura 1.10 Nivel de instrucción del cantón Guachapala

Fuente: (INEC, 2010)

Según la encuesta realizada en la zona de estudio del presente proyecto se obtuvo que, los varones mayores de edad poseen niveles de educación primario y secundario, con el 37 % y 48 % respectivamente (Figura 1.11). Las mujeres mayores de edad presentan niveles de educación primario, secundario y superior, representando un 55 %, 29 % y 3 % respectivamente (Figura 1.12). En cuanto al nivel de educación de los menores de edad, el 49 % posee estudios primarios, el 46 % estudios secundarios; y solamente el 5 % estudios de nivel superior. Cabe recalcar que en el sector todas las personas menores de edad se encuentran asistiendo a un centro educativo (Figura 1.13).

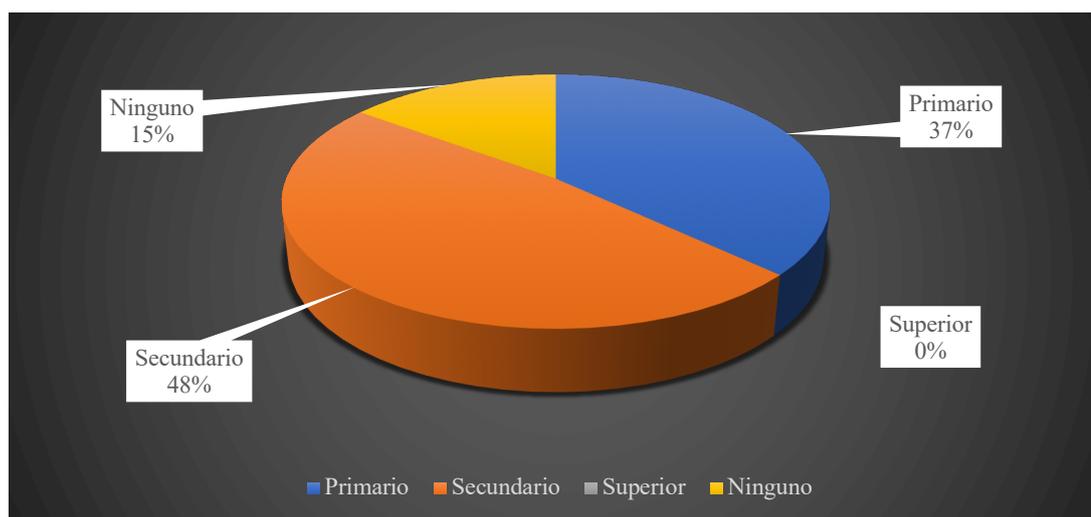


Figura 1.11 Nivel de educación de Hombres mayores de edad

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

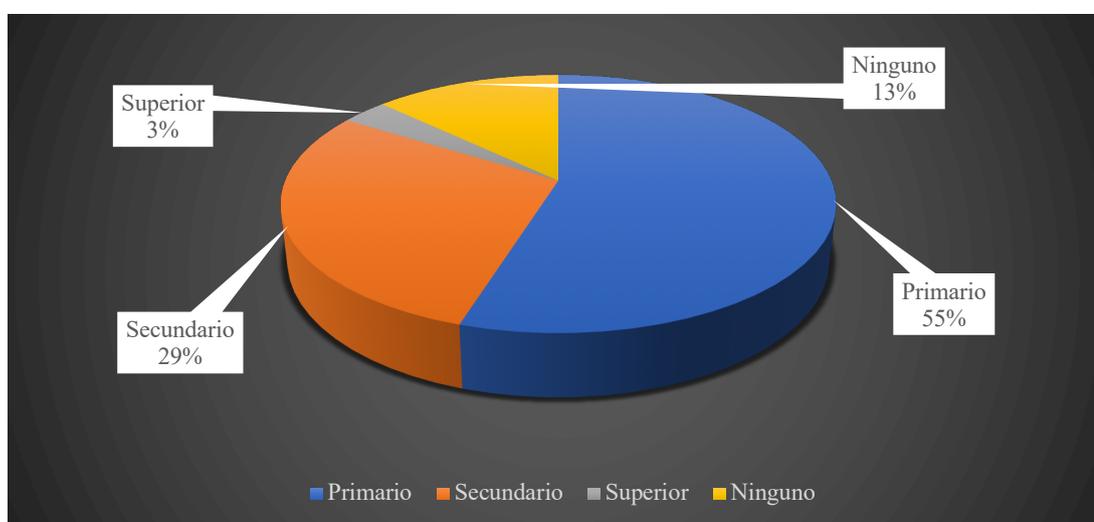


Figura 1.12 Nivel de educación de mujeres mayores de edad

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

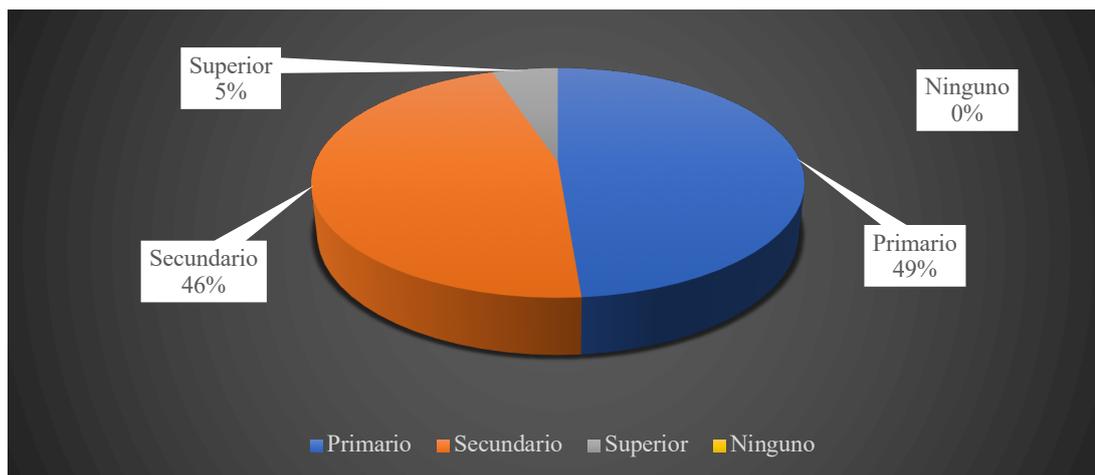


Figura 1.13 Nivel de educación de menores de edad del sector

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.2.4.3 Salud

En el sector Arañahuayco, las enfermedades adquiridas por la contaminación del agua según el informe del Ministerio de Salud son la parasitosis de origen inespecífico y la gastroenteritis de origen infecciosos (Anexo 3). Esta información se puede corroborar con la encuesta realizada en la zona. En la Figura 1.14 se muestra los resultados de dicha encuesta y se puede ver que la mayoría de los pobladores han adquirido patologías como amebiasis, diarrea y fiebre tifoidea.

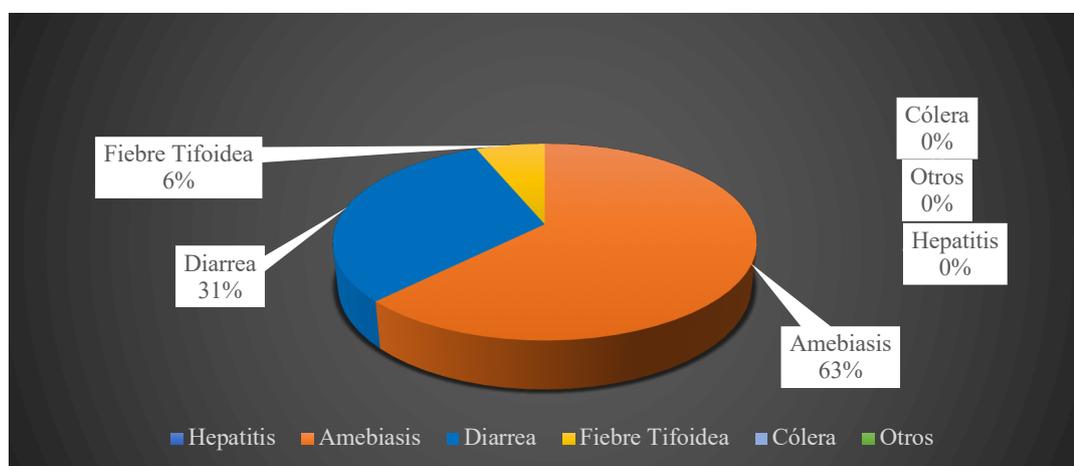


Figura 1.14 Patologías producidas por una mala calidad de agua para consumo

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.3 Servicios e infraestructura existente

1.3.1 Establecimientos educativos y de salud

La comunidad de Guablid carece de establecimientos educativos, por lo que los niños y jóvenes acuden a la escuela ubicada en la cabecera cantonal Guachapala.

En cuanto a los establecimientos de salud, existe un dispensario del Seguro Social Campesino para las poblaciones rurales ubicado en la comunidad de Guablid (Gráfico 1.3).



Gráfico 1.3 Dispensario ubicado en el centro de la comunidad Guablid

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.3.2 Redes de energía eléctrica

El servicio de energía eléctrica es brindado por la empresa regional Centro Sur, se utilizan postes de hormigón para extender las redes de cableado a todas las viviendas. El alumbrado público es deficiente en algunas calles del sector, sin embargo, la calidad

del servicio de energía eléctrica domiciliaria es buena ya que todas las viviendas tienen cobertura (GAD GUACHAPALA, 2014).

1.3.3 Infraestructura sanitaria

La comunidad Guablid carece de un sistema de alcantarillado de agua residual y pluvial, es por esto que el agua residual es destinada a fosas sépticas. Según las encuestas realizadas al sector Arañahuayco (Figura 1.15), la mayoría de la población posee fosa séptica (97 %) y la población restante destina sus residuos a quebradas aledañas (3 %).

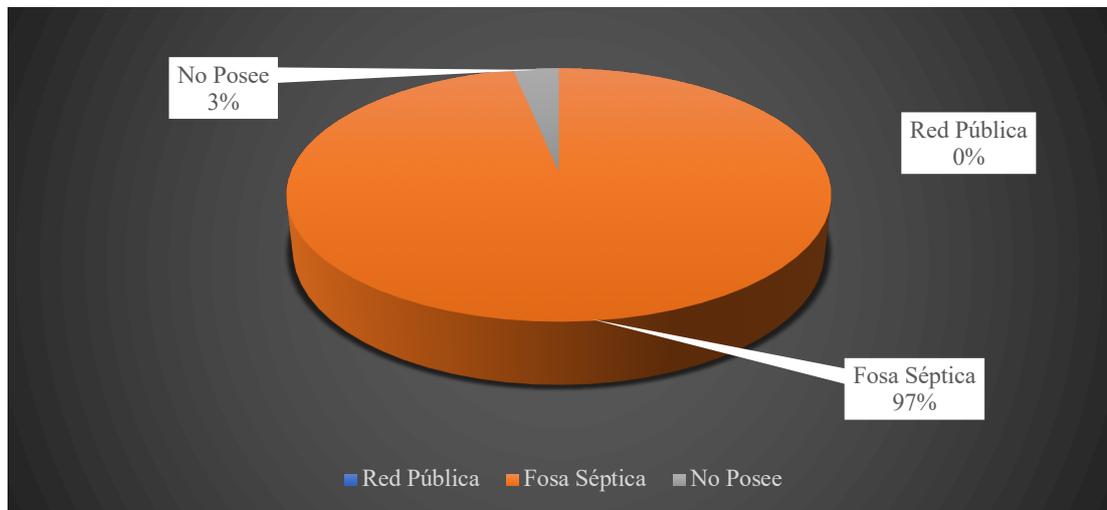


Figura 1.15 Evacuación de aguas servidas

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.3.4 Abastecimiento de agua potable

La población del sector Arañahuayco está abastecida por un sistema de agua potable construido en el año 1997, el agua llega a todas las viviendas del sector (Figura 1.16) y la cantidad de agua que recibe la población es suficiente para sus diferentes usos como, limpieza de la vivienda, higiene personal, preparar alimentos, lavar ropa y

beber.

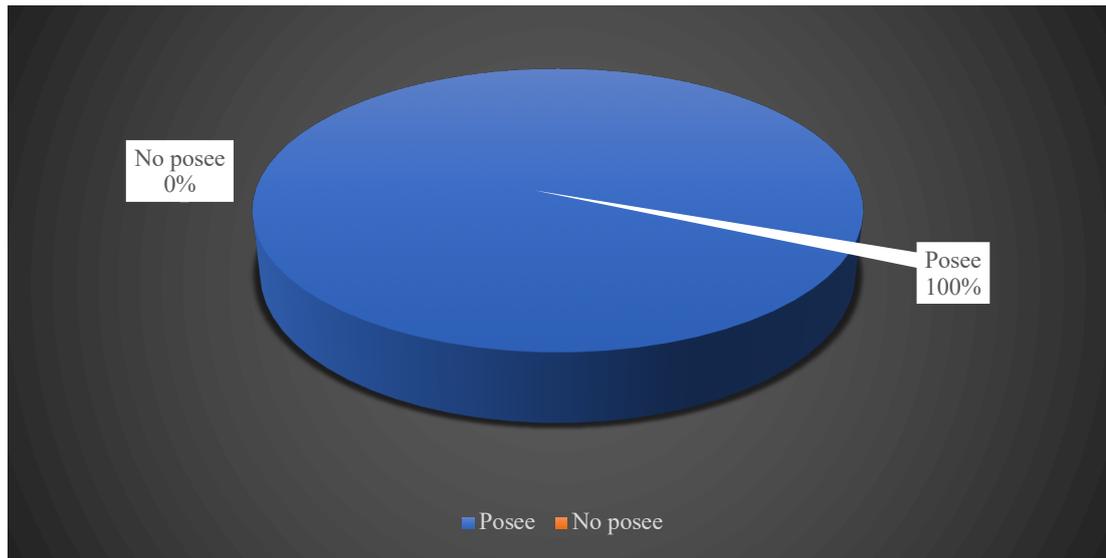


Figura 1.16 Población abastecida de agua

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Sin embargo, el funcionamiento de este sistema de agua potable es malo debido a tuberías deterioradas y conexiones deficientes (Figura 1.17); cabe recalcar que la vida útil de este sistema ha culminado, pues tiene 22 años de construcción.

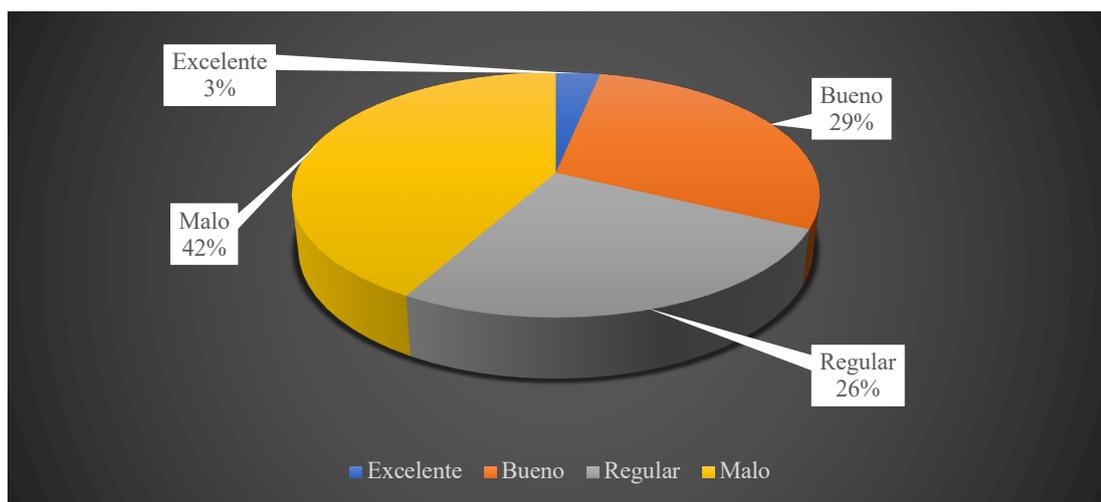


Figura 1.17 Estado de la conexión de las tuberías

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

El agua actualmente recibe tratamiento de cloración; sin embargo, el sistema de agua no cuenta con ningún mantenimiento; es por esto que la población considera que el agua es de mala calidad (Figura 1.18). Debido a estas condiciones algunos habitantes optan por hervir el agua antes de beberla; otros en cambio, colocan gotas de cloro para evitar alguna enfermedad o infección.

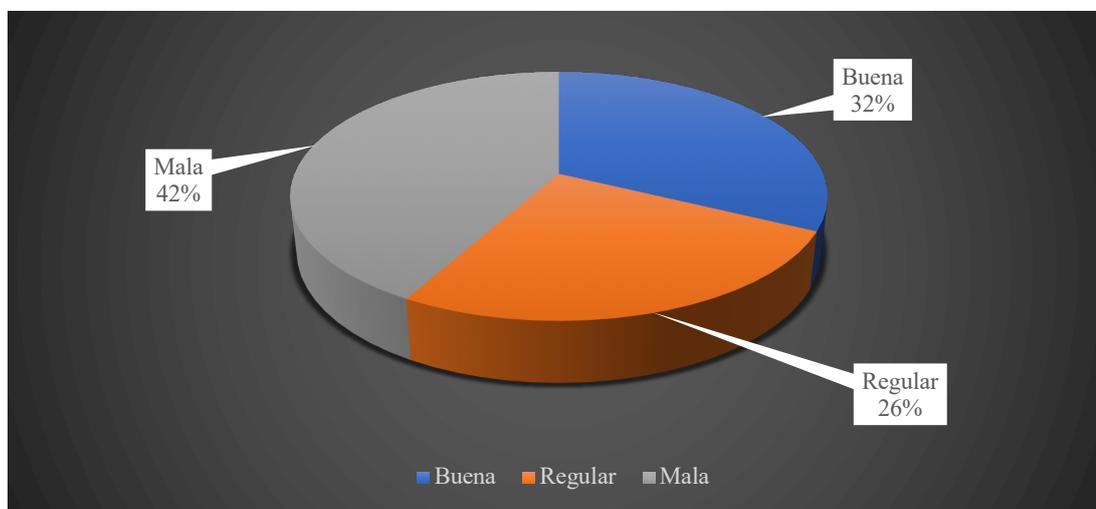


Figura 1.18 Calidad del Agua

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.3.5 Saneamiento

En Guachapala se utilizan camiones recolectores para recoger y transportar los residuos sólidos al relleno sanitario de Cancay. Este relleno cuenta con tubos para la eliminación de gases producidos por la descomposición de los residuos. Así mismo, está cubierto por una geomembrana impermeable para evitar la filtración y facilitar la recolección de los lixiviados hacia una balsa para almacenarlos y posteriormente tratarlos (GAD GUACHAPALA, 2014).

El servicio de recolección es considerado regular por los habitantes puesto que en el centro cantonal se realizan solo dos recorridos por semana, y en las comunidades una vez por semana. Además, el camión encargado de la recolección transita solo por la vía asfaltada (Transversal Austro) y las personas que viven alejados de esta vía tienen que trasladar la basura hasta la ruta de recorrido del camión recolector (GAD GUACHAPALA, 2014).

1.3.6 Vialidad

Como se dijo anteriormente, el sector de Arañahuayco está ubicado a unos 15 minutos de la cabecera cantonal Guachapala siguiendo la vía asfaltada conocida como la Transversal Austral (E40). En esta zona de estudio, el 53 % de las viviendas tienen acceso a vías de asfalto, mientras que el 27 % de las viviendas cuentan con vías de lastre, y el restante 20 % cuentan con vías de Tierra (Figura 1.19).

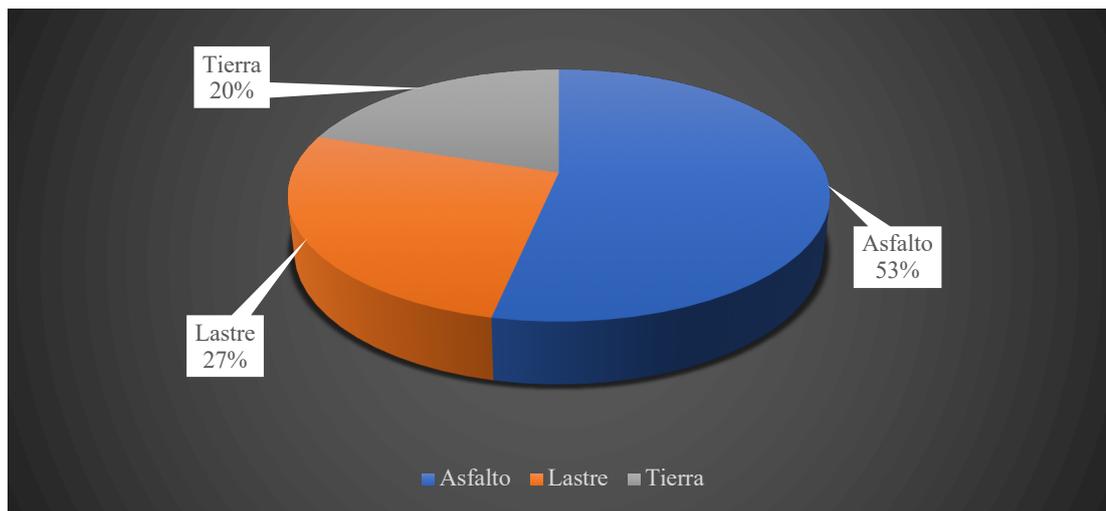


Figura 1.19 Tipo de vías del sector Arañahuayco

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

1.4 Normativa a utilizar en el proyecto

De acuerdo con las características poblacionales y socioeconómicas de la zona de Arañahuayco, se utilizará el Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias, NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL (CO 10.7 - 602, 2000).

Para la determinación de la cantidad de cloro en la desinfección del agua se utilizará la Norma ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ELIMINACION DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁREA URBANA (CO 10.7 - 601, 2000).

CAPITULO II

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTENTE

2.1 Caracterización del sistema de agua potable existente en el sector Arañahuayco

El sistema existente de abastecimiento de agua potable está constituido por los siguientes elementos:

- Dos captaciones.
- Una línea de conducción constituida por tuberías de PVC de 50, 40 y 32 mm de longitud total de 1 018 m.
- Una caseta de hormigón para clorar el agua.
- Un tanque de almacenamiento con una capacidad de 15 m³.
- Una red de distribución de PVC de 32 y 25 mm de longitud de 2 195 m aproximadamente.
- Cuatro tanques rompen presiones, una válvula de control ubicados en la red de distribución.
- Conexiones domiciliarias.

2.2 Evaluación física

2.2.1 Captaciones

La captación es una estructura utilizada para captar el agua de una fuente superficial o subterránea dependiendo del caso. La estructura de captación de este sistema de agua potable cuenta con dos cámaras de hormigón que están cubiertas con tapas de acero. En la cámara pequeña se encuentran válvulas y accesorios de hierro galvanizado para la salida, rebose y limpieza. Y la cámara grande sirve como recolector del agua proveniente de la fuente.

Captación N°1

El agua es captada mediante una tubería de PVC de 110 mm y pasa a la conducción por una tubería de PVC de 50 mm. Está ubicada en las coordenadas 756772 E y 9692093 N, a una altura de 2718 m.s.n.m. La estructura física de la cámara se encuentra en buenas condiciones (Gráfico 2.1); sin embargo, las tapas de tool presentan oxidación y es necesario la aplicación de pintura antioxidante.



Gráfico 2.1. Primera captación

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Captación N°2

Está ubicada en las coordenadas 756707 E y 9692139 N, a una altura de 2703 m.s.n.m. En el Gráfico 2.2 se puede observar que hay dos tuberías en la cámara de recolección, la primera es una tubería de PVC de 50 mm que proviene del tanque de captación N°1 y la segunda tubería es de PVC de 110 mm que capta el agua directamente de la segunda vertiente. Esta captación se encuentra en las mismas condiciones físicas que

la estructura de captación N°1, a excepción de la cámara de control que se encuentra en buen estado.



Gráfico 2.2 Segunda captación

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

2.2.2 Conducción

La línea de conducción tiene una longitud de 1020 m aproximadamente y está compuesta por tuberías de PVC de 50, 40 y 32 mm. de diámetro. El primer tramo de tubería se encuentra en buenas condiciones debido a que fue reemplazado aproximadamente hace unos 10 años, en cambio el segundo tramo presenta frecuentes roturas debido a que esta tubería tiene más de 20 años en funcionamiento. En la Tabla 2.1 se puede ver el resumen del recorrido de la línea de conducción del sistema de agua potable existente.

Tabla 2.1. Recorrido de la línea de conducción

Tramo	Línea de Conducción		Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)
	Desde	Hasta			
1	Captación 1	Captación 2	PVC	50	81
	Captación 2	Cambio de diámetro	PVC	40	184
2	Cambio de diámetro	Planta de tratamiento	PVC	32	752
Total					1 018

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Además, no se encontraron tanques rompe-presiones, válvulas de purga y válvulas de aire en todo el trazado de la línea de conducción.

2.2.3 Planta de tratamiento y almacenamiento

La planta de tratamiento tiene como objetivo tratar el agua para el consumo humano. En el sistema actual, la planta de tratamiento consta de una caseta de cloración y un tanque de reserva de 15m³ de capacidad. La caseta de cloración es de bloque y cubierta de Eternit, las dimensiones de esta son 1.78 m de largo y 0.98 m de ancho; en esta no se presentan fisuras ni daños estructurales, dentro contiene un dosificador de tabletas de hipoclorito de calcio para desinfectar el agua.

Esta planta está protegida por un cerramiento perimetral de malla, mismo que se encuentra en buenas condiciones.



Gráfico 2.3 Planta de tratamiento y tanque de almacenamiento

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

2.2.4 Red de distribución

Es un conjunto de accesorios, estructuras y tuberías que llevan el agua tratada desde el tanque de almacenamiento hasta los usuarios consumidores. La red de distribución está conformada por una tubería de PVC de 32 y 25 mm de diámetro, la misma que tiene una longitud total de 2 195 m.

2.2.5 Tanques rompe-presiones (TRP)

Estas estructuras tienen la función de reducir la energía total a cero, con el fin de que el sistema trabaje dentro del rango de presiones establecidas. Los TRP constan de una cámara de ingreso, una cámara de recolección y una cámara de salida. En la cámara de recolección está la válvula flotadora que regula la cantidad de agua que ingresa al depósito, mientras que en la cámara de salida están los accesorios y las válvulas de control. Todas las TRP tienen tapas de tool.



Gráfico 2.4 Tanque rompe presiones

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

2.3 Análisis de las fuentes

2.3.1 Evaluación de las fuentes

El sector Arañahuayco es abastecido por dos vertientes superficiales que están ubicadas en el sector de ventanas. En la Tabla 2.2 se detalla la ubicación geográfica de las vertientes.

Tabla 2.2. Coordenadas geográficas de las fuentes de abastecimiento

Fuente	Coordenadas Geográficas		
	Este (m)	Norte (m)	Altura (m.s.n.m)
Vertiente 1	756772	9692093	2718
Vertiente 2	756707	9692139	2703

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Según la norma CO 10.7 - 602 (2000), la fuente de abastecimiento debe asegurar un caudal mínimo de 2 veces el caudal máximo diario futuro calculado. En la Figura 2.1 se puede ver que las captaciones son de fácil acceso ya que se encuentran a unos pocos metros de la carretera.



Figura 2.1. Captaciones de la comunidad Guablid

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

2.3.2 Calidad de las fuentes

El agua, al ser el líquido vital del ser humano debe contar con una calidad adecuada para prevenir y evitar enfermedades gastrointestinales y otras. Estas enfermedades las provocan los contaminantes que están presentes en el agua, por lo que tratarla es de vital importancia. En la Tabla 2.3 se presenta los contaminantes físicos, químicos y biológicos más comunes en el agua.

Tabla 2.3. Clasificación de los contaminantes en el agua

Físicos	Químicos	Biológicos
Color, Olor y Sabor	Materia orgánica	Bacterias
Olor y sabor	Acides/Alcalinidad	Hongos
Grasas y aceites	pH	Protozoos
Temperatura	Nitrógeno	Algas
Solidos disueltos	Fosforo	Animales
Sólidos en suspensión	Salinidad	Plantas
	Metales pesados	Virus
	Detergentes	
	Compuestos tóxicos	
	Pesticidas	

Fuente: (Chulluncuy, 2011)

Estos contaminantes deben ser tratados hasta que lleguen a cumplir con los límites máximos permisibles establecidos. En la Tabla 2.4 se muestran los parámetros que se deben cumplir según la norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural (CO 10.7 – 602, 2000).

Tabla 2.4. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos

PARÁMETRO	UNIDADES	LIMITE DESEABLE	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Físicos			
Turbiedad	NTU	5	20
Cloro residual	Mg/l	0.5	0.3 - 1.0
Color	Pt-Co	5	30
Olor		Ausencia	Ausencia
Sabor		Inobjetable	Inobjetable
Químicos			
Ph	U	7.0-8.5	6.5 - 9.5
Dureza total	mg/l CaCO ₃	120	300
Sólidos totales disueltos	mg/l	500	1000
Hierro	mg/l	0.2	0.8
Manganeso	mg/l	0.05	0.3
Nitratos, NO ₃	mg/l	10	40
Sulfatos	mg/l	50	400
Microbiológicos			
Coliformes totales	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia

Fuente: (SENAGUA, 2000b)

Además de los contaminantes mencionados anteriormente, existen otros factores que afectan la calidad del agua, clasificándose en naturales y humanos. Los factores naturales son: el clima, incendios forestales, nutrientes y otros; y, los factores humanos son: tratamiento de agua servidas, productos químicos, basura, minería, entre otros.

2.3.3 Parámetros físicos, químicos y biológicos

Los parámetros que miden la calidad del agua se clasifican en físicos, químicos y biológicos.

2.3.3.1 Parámetros físicos

Turbiedad

La turbiedad se define como la falta de transparencia en el agua debido a la presencia de sólidos disueltos. Es un indicador que puede ser generado por la erosión de los ríos, desperdicios domésticos o industriales; es decir, mientras más sucia se ve el agua, mayor turbidez tendrá. Este parámetro se mide en unidades Nefelométricas de Turbiedad, NTU (Ocasio, 2008).

Color, olor y sabor

El color es producido por las sustancias disueltas y por los coloides. Se clasifica en color aparente y verdadero. El color aparente es producido por el material suspendido, mientras que el color verdadero es el que permanece en el agua después de remover la turbiedad. Este indicador es importante porque su presencia causa rechazo en los consumidores. Para su medición se utiliza patrones de colores, Pt-Co (Sierra Ramirez, 2011).

El olor y sabor están asociados con la presencia de sustancias indeseables que causan rechazo al consumidor, como el plancton y compuestos orgánicos, por lo que estos son indicadores de contaminación. Las concentraciones de olores altos pueden reducir el apetito, producir náuseas y vómitos en el consumidor (Sierra Ramirez, 2011).

Sólidos Suspendidos

Los sólidos suspendidos son las partículas de arcilla, limo u otros que se encuentran suspendidos o disueltos en el agua. Estos son transportados de dos maneras: por el arrastre del agua o en suspensión estable (Ocasio, 2008).

2.3.3.2 Parámetros químicos

pH

El pH es un término que expresa la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Según análisis químicos el pH siempre se encuentra en una escala de 0 a 14 (Sierra Ramirez, 2011).

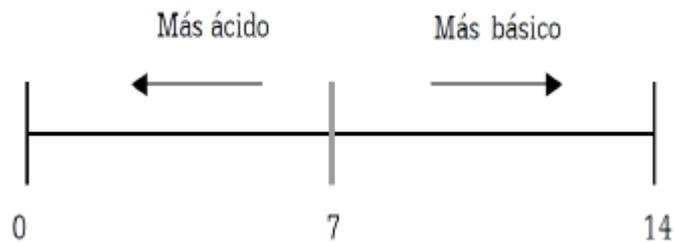


Figura 2.2. Escala de PH

Fuente: (Sierra Ramirez, 2011)

Las soluciones con pH menores a 7 son ácidas y las mayores a 7 son básicas. Un pH de 7 indica neutralidad en la sustancia (Figura 2.2).

Conductividad

La conductividad mide la cantidad de iones que están disueltos en el agua, especialmente de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Las aguas que contengan alta cantidad de conductividad son corrosivas (Sierra Ramirez, 2001).

Dureza

La dureza es una propiedad que tienen ciertas aguas para cortar el jabón, es decir, requieren grandes cantidades de jabón para producir espuma. Las aguas duras a elevadas temperaturas forman incrustaciones en las tuberías y los equipos mecánicos. Por ejemplo, cuando el agua que alimenta una caldera es dura se forman incrustaciones que llegan a taponarla, y en muchos casos pueden hacerla explotar. Las aguas duras, no presentan ningún problema sanitario, pero si van a ser utilizadas en la industria

deben ser tratadas, para esto se realiza un proceso de ablandamiento o suavización (Sierra Ramirez, 2011).

Acidez

La acidez aparece en las aguas que tengan un pH inferior a 8,5 unidades y es ocasionada por la presencia de CO₂ o algún ácido fuerte (H₂SO₄, HNO₃, HCl). Las aguas que contienen acidez son corrosivas. Por lo tanto, las aguas que tengan valores de acidez por encima de lo permisible deben ser tratadas (Sierra Ramirez, 2011).

2.3.3.3 Parámetros biológicos

Coliformes fecales

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales. Son capaces de generar lactosa con producción de gas a una temperatura de 44.5 °C. Están presentes en las heces de los animales de sangre caliente, y es considerado como el mejor indicador para reflejar la presencia de la contaminación fecal (CYTED, n.d.).

Coliformes totales

Los coliformes totales incluyen una variedad de bacilos aeróbicos y anaeróbicos facultativos, gramnegativos. Estos coliformes totales pueden sobrevivir y proliferar en el agua, provienen de las heces de personas y animales. Están presentes en aguas residuales y aguas naturales. El agua debe tener ausencia de coliformes totales después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento no es el adecuado. La presencia de coliformes totales en la distribución y agua almacenada como reserva, puede ser debido a una reproblicación o contaminación por la filtración de tierra o plantas (OMS, 2006).

2.3.4 Toma de muestras del agua para el análisis

Es importante realizar un análisis físico-químico y microbiológico para determinar la calidad del agua, ya que estos parámetros son los que determinan el tipo de tratamiento requerido para que el agua sea apta para el consumo humano. Se tomaron muestras en dos puntos: en la captación, para determinar el estado del agua cruda; y en el tanque de almacenamiento, para verificar que el tratamiento de desinfección está funcionando.

Para el análisis físico-químico se tomó una muestra aproximadamente de 1 litro en envases de plástico con tapa, mientras que para el análisis microbiológico se tomó una muestra de 200 mililitros en frascos de plástico esterilizados con tapa hermética. Las muestras fueron transportadas hacia el laboratorio de agua potable, ubicado en la Planta Potabilizadora de Agua de Tixán, sector Ochoa León - Cuenca.

En las Figura 2.3 y Figura 2.4 se puede observar la toma de las muestras en los envases de plástico.



Figura 2.3 Toma de muestras en envases de plástico

Fuente: (Collaguazo_Salinas)



Figura 2.4 Muestras tomadas en la captación

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

2.3.5 Resultados de los análisis realizados

El informe de análisis de agua indica que el agua cruda es relativamente buena, puesto que no presenta altos contenidos en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. En cuanto al agua tratada, se puede decir que el tratamiento de desinfección está cumpliendo con su objetivo, puesto que no se evidencia la presencia de coliformes totales y fecales (Ver Anexo 4).

2.4 Aforo de las fuentes de abastecimiento

Los caudales de las vertientes se los determinó mediante el método volumétrico, este método es muy utilizado para calcular caudales pequeños, consiste en la medición del

tiempo que tarda en llenar el agua un recipiente de volumen conocido. Se debe tomar varias lecturas en fechas representativas dependiendo del tipo de clima, es decir, en verano e invierno para de esta manera sacar una media aritmética de todos los datos y obtener el caudal.

En este proyecto las mediciones se las realizaron en los tanques de captación, se utilizó un recipiente con una capacidad de 1 litro y un cronómetro; se tomaron 3 lecturas para cada fuente de abastecimiento y el caudal se lo calculó mediante la siguiente ecuación (1):

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Donde,

Q= Caudal, l/s.

V= volumen del recipiente, l.

t= tiempo, s.

Cabe mencionar que únicamente se aforó en época de invierno, en la época de verano se consideraron datos históricos proporcionados por el GAD de Guachapala.

Los caudales aforados se presentan en la Tabla 2.5 y en la Tabla 2.6 se presenta los caudales proporcionados por el GAD.

Tabla 2.5 Aforo en época de lluvia fuerte

Tanque de captación 1		Tanque de captación 2	
Volumen (l)	Tiempo (s)	Volumen (l)	Tiempo (s)
1	2.08	1	3.3
1	1.99	1	3.34
1	2.04	1	3.69
Promedio	2.04	Promedio	3.34
Caudal	0.49	Caudal	0.3

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Tabla 2.6 Caudales en época de verano

Tanque de captación 1		Tanque de captación 2	
Caudal	0.42	Caudal	0.24

Fuente: (GAD GUACHAPALA, 2014)

Analizando los datos de las tablas presentadas se pudo determinar un caudal máximo de 0.79 l/s que corresponde en época de invierno y un caudal mínimo de 0.66 en época de verano. A manera de resumen se presenta la Tabla 2.7 en la que se detalla los caudales actuales de las fuentes de abastecimiento.

Tabla 2.7. Caudal de las fuentes de agua

Fuente	Caudal (l/s)
Vertiente 1	0.42
Vertiente 2	0.24
TOTAL	0.66

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

2.5 Modelación hidráulica

Para realizar la modelación hidráulica se parte de las características de la tubería, consumo de agua por parte de los usuarios y de la topografía. Para este proyecto se utilizó el software WaterGEMS, el cual diseña, modela, simula y analiza redes de distribución de fluidos a presión.

En la siguiente Tabla 2.8 se muestra los datos que se utilizaron para la modelación hidráulica. El número de habitantes se obtuvo de las encuestas realizadas; por recomendación del GAD se utiliza el caudal mínimo aforado en las captaciones y una demanda de 0.32 L/s.

Tabla 2.8 Datos para realizar la modelación hidráulica

Datos		
Población	104	habitantes
Caudal captado	0.66	L/s
Demanda	0.32	L/s

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

También, se consideraron los siguientes criterios:

- La tubería es de PVC de 50, 40, 32 y 25 mm de diámetro.
- Para las pérdidas de carga se utiliza la fórmula de Hazen-Williams con una rugosidad de $C = 140$.

Para el cálculo de las áreas de aporte en la red de distribución y su respectiva dotación se utiliza el método de los polígonos de Thiessen. Se obtiene cada polígono con su respectiva área y se calcula el porcentaje parcial en relación a la extensión de superficie total que abastece esta red. Una vez obtenido este porcentaje, se obtiene la cantidad de agua que debe ingresar por cada nodo para abastecer a los usuarios que están conectados. En la Tabla 2.9 se muestran los caudales requeridos para cada nodo.

Tabla 2.9. Dotación de cada nodo de la red de distribución actual

NODOS	ÁREA (m²)	%	Caudal (L/s)
N2	4178.773	1.5%	0.006
N3	18304.865	6.4%	0.025
N4	17553.792	6.1%	0.024
N5	9334.492	3.2%	0.013
N6	6817.418	2.4%	0.009
N7	7624.982	2.7%	0.011
N8	7053.916	2.5%	0.010
N9	9810.684	3.4%	0.014
N10	13820.590	4.8%	0.019
N11	7888.853	2.7%	0.011
N12	5708.201	2.0%	0.008
N13	6536.924	2.3%	0.009

N14	4055.579	1.4%	0.006
N15	6206.706	2.2%	0.009
N16	8392.765	2.9%	0.012
N17	8551.228	3.0%	0.012
N18	10319.301	3.6%	0.014
N19	6326.323	2.2%	0.009
N20	13464.539	4.7%	0.019
N21	14473.837	5.0%	0.020
N22	13725.379	4.8%	0.019
N23	12887.945	4.5%	0.018
N24	3982.608	1.4%	0.005
N25	12282.843	4.3%	0.017
N26	14928.692	5.2%	0.021
N27	16377.453	5.7%	0.023
N28	17959.820	6.2%	0.025
N29	8936.730	3.1%	0.012
TOTAL	287505.239	100.0%	0.400

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

2.5.1 Resultados de la modelación hidráulica del sistema actual de agua potable

En la Tabla 2.10 y Tabla 2.11 se presentan los resultados de la modelación hidráulica. La norma CO 10.7 – 602 (2000), establece lo siguiente:

- Para la conducción, una presión mínima de 5 m.c.a. y sin exceder la presión de trabajo especificada por el fabricante.
- Para la distribución, una presión mínima de 7 m.c.a y máxima de 30 m.c.a.
- Las velocidades en la tubería deben de ser mínimo 0.3 m/s y máximo 4 m/s.
- Perdidas unitarias máximas de 12 m/km.

Para el análisis del proyecto se consideraron las siguientes presiones:

- En la conducción, una presión máxima de 75 m.c.a.

- En la distribución, una presión máxima de 30 m.c.a.

Analizando los resultados obtenidos, se puede ver que las tuberías no cumplen con lo establecido en la norma. La tubería T18 tiene una velocidad menor a la mínima con un valor de 0.088 m/s, las pérdidas en la tubería T3 son de 27.837 m/km que sobrepasa el límite máximo. Las presiones tampoco cumplen, puesto que el nodo TP3 está con 98.561 m.c.a. que sobrepasa el valor máximo recomendando.

En el Anexo 5 se presenta a detalle la información antes mencionada.

Tabla 2.10 Resultados de la tubería

Nombre Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Pérdida (m/km)
T1	81.563	50	PVC	0.42	0.214	1.372
T2	184.374	40	PVC	0.66	0.525	9.388
T3	752.225	32	PVC	0.66	0.821	27.837
T4	18.41	32	PVC	0.32	0.398	7.276
T5	60.176	32	PVC	0.313	0.389	6.994
T6	113.302	32	PVC	0.284	0.353	5.84
T7	160.724	32	PVC	0.284	0.353	5.839
T8	13.038	32	PVC	0.284	0.353	5.833
T9	76.264	32	PVC	0.256	0.318	4.822
T10	18.028	32	PVC	0.242	0.3	4.326
T11	88.68	32	PVC	0.242	0.3	4.328
T12	74.384	32	PVC	0.199	0.247	3.023
T13	27.663	32	PVC	0.18	0.224	2.512
T14	23.431	32	PVC	0.18	0.224	2.515
T15	54.088	32	PVC	0.1	0.124	0.845
T16	35.714	32	PVC	0.084	0.104	0.608
T17	95.029	32	PVC	0.084	0.104	0.611
T18	76.701	32	PVC	0.071	0.088	0.45
T19	24.799	32	PVC	0.058	0.073	0.312
T20	50.942	32	PVC	0.058	0.073	0.313
T21	72.5	32	PVC	0.046	0.057	0.197
T22	43.566	32	PVC	0.04	0.049	0.15

T23	58.364	32	PVC	0.031	0.039	0.099
T24	12.53	32	PVC	0.024	0.029	0.059
T25	25.983	32	PVC	0.024	0.029	0.057
T26	51.245	32	PVC	0.018	0.022	0.035
T27	68.183	32	PVC	0.01	0.013	0.013
T28	15.811	25	PVC	0.043	0.087	0.584
T29	155.878	25	PVC	0.015	0.03	0.08
T30	27.577	25	PVC	0.08	0.163	1.867
T31	112.458	25	PVC	0.08	0.163	1.869
T32	198.765	25	PVC	0.057	0.117	1.006
T33	83.001	25	PVC	0.04	0.082	0.52
T34	103.878	25	PVC	0.031	0.063	0.319
T35	50.99	25	PVC	0.009	0.018	0.032
T36	53.488	25	PVC	0.022	0.045	0.173
T37	49.193	25	PVC	0.01	0.02	0.036

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Tabla 2.11 Resultado de los nudos de la red

Nombre	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulico (m)	Presión (m.c.a.)	Tipo
J-10	2.699.33	0.42	2.718.52	19.152	NODO
N1	2.600.43	0.66	2.675.67	75.09	NODO
N2	2.593.47	0.007	2.600.87	7.384	NODO
N3	2.567.06	0.029	2.600.45	33.32	NODO
N4	2.479.52	0.028	2.483.32	3.793	NODO
N5	2.450.29	0.015	2.482.96	32.598	NODO
N6	2.404.39	0.019	2.440.22	35.756	NODO
N7	2.402.99	0	2.440.15	37.088	NODO
N8	2.398.06	0.016	2.440.05	41.897	NODO
N9	2.397.31	0	2.440.02	42.623	NODO
N10	2.390.04	0.013	2.439.97	49.822	NODO
N11	2.384.10	0.013	2.439.93	55.714	NODO
N12	2.382.18	0	2.439.92	57.624	NODO
N13	2.378.11	0.013	2.439.91	61.672	NODO

N14	2.373.74	0.006	2.439.89	66.023	NODO
N15	2.369.80	0.008	2.439.89	69.942	NODO
N16	2.364.98	0.008	2.439.88	74.755	NODO
N17	2.362.40	0	2.439.88	77.326	NODO
N18	2.358.28	0.006	2.439.88	81.43	NODO
N19	2.354.21	0.007	2.439.88	85.497	NODO
N20	2.410.35	0.028	2.440.43	30.024	NODO
N21	2.361.55	0.023	2.389.78	28.177	NODO
N22	2.304.96	0.017	2.389.58	84.459	NODO
N23	2.294.78	0.009	2.389.54	94.567	NODO
N24	2.304.29	0.012	2.389.50	85.039	NODO
TP1	2.346.36	0.015	2.440.42	93.876	TAPON
TP2	2.315.10	0.009	2.389.51	74.253	TAPON
TP3	2.341.12	0.01	2.439.88	98.561	TAPON
TP4	2.293.27	0.01	2.389.50	96.035	TAPON

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

2.6 Conclusiones de la evaluación del sistema actual

Con todo lo expuesto anteriormente en el análisis de agua se puede concluir que el agua de la fuente de abastecimiento y el proceso de desinfección se encuentran operando correctamente puesto que la calidad del agua que sale del tanque de almacenamiento está dentro de los estándares que determina la norma.

En cuanto a los caudales, se está captando y tratando mediante un proceso de desinfección un total de 0.66 l/s, pero la población tiene una demanda actual de 0.32 l/s. La diferencia de estos caudales, es decir agua tratada, es descargada a un canal que no beneficia a la comunidad. Este reboce de agua al no necesitar de un tratamiento de cloración debería ser desviado antes de que llegue a la planta de tratamiento; el cual podría ser utilizado para un sistema de riego.

Además, la red del sistema de agua potable existente tiene 22 años de vida útil, superando el periodo de 20 años establecido en la norma. Esto quiere decir que su vida útil ha culminado. Adicionalmente, no cumple con los criterios de velocidad, pérdidas

unitarias y presiones, por lo que se debería realizar un nuevo diseño para de esta manera garantizar un buen servicio a los consumidores.

Finalmente, se concluye que los accesorios como estructura de captación, caseta de cloración y tanque de almacenamiento, no presentan daños representativos por lo que su estado es bueno.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

3.1 Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño para un correcto dimensionamiento del sistema de agua potable serán obtenidos de las normas que se mencionó con anterioridad.

3.1.1 Definiciones generales

Periodo 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 reemplazado por obsoleto.

Población futura o de diseño. – Número de habitantes que se espera tener al final del periodo de diseño.

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

Dotación media futura. – Cantidad de agua potable, consumida diariamente, en promedio, por cada habitante al final del periodo 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 el caudal máximo diario al caudal medio.

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

3.1.2 Periodo de diseño

La norma Co 10.7 – 602 (2000) establece para todas las obras civiles de los sistemas de agua potable, un periodo de diseño de 20 años. Sin embargo, este periodo puede variar siempre y cuando se tenga una justificación motivada. También, se debe considerar que la población futura no puede exceder a 1.25 veces la población existente. Además, los equipos serán diseñados para un periodo de vida útil según las especificaciones de los fabricantes.

3.1.3 Población de diseño

La población de diseño para el presente proyecto se calculará a partir de la población presente que fue determinada mediante las encuestas socioeconómicas en la zona de Arañahuayco.

Para el cálculo de la población futura, se utilizará el método geométrico. A continuación, se muestra la ecuación (2):

$$Pf = Pa * (1 + r)^n \quad (2)$$

Donde:

Pf = Población futura, en habitantes.

Pa = Población actual, en habitantes.

r = Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada en decimal

n = Periodo de diseño, en años

3.1.4 Tasa de crecimiento poblacional

Existe una base de datos del crecimiento poblacional de todos los cantones, parroquias y provincias de Ecuador elaborado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos; pero en el caso de que el proyecto no cuente con dichos datos la Norma Co 10.7 – 602 (2000) proporciona algunos porcentajes de crecimiento poblacional (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Tasa de crecimiento poblacional

REGIÓN GEOGRÁFICA	r %
Sierra	1
Costa, Oriente y Galápagos	1.5

Fuente: (SENAGUA, 2000b)

Debido a que la comunidad Guablid no tiene datos del crecimiento poblacional se va a utilizar lo establecido en la norma, una tasa de crecimiento poblacional del 1 %.

3.1.5 Niveles de servicio

El nivel de servicio del proyecto depende básicamente de las características de la comunidad, nivel de vida y actividades laborales que realicen (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
o	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 EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa Sistemas de alcantarillado sanitario
Simbología utilizada: AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas ERL: Eliminación de residuos líquidos		

Fuente:(SENAGUA, 2000b)

Analizando las características de la comunidad, se define para este proyecto un nivel de servicio IIb debido a que poseen conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa.

3.1.6 Dotaciones

La dotación depende del nivel de servicio y del clima donde se vaya a desarrollar el proyecto, en la Tabla 3.3 se puede ver las dotaciones recomendadas por la norma Co 10.7 602. La dotación esta expresada en litros de agua que consume cada habitante en un día.

Tabla 3.3. Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

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

Fuente:(SENAGUA, 2000b)

El proyecto tiene un nivel de servicio IIb y un clima frío, por lo que se va a utilizar una dotación de 75 l/hab*día para el diseño.

3.1.7 Variaciones de consumo

Caudal medio

Para el cálculo del caudal medio se utilizará la siguiente ecuación (3):

$$Qm = \frac{f*(P*D)}{86400} \quad (3)$$

Donde:

Qm= Caudal medio, en l/s.

f= Factor de fugas

P= Población al final del periodo de diseño

D= Dotación futura, en l/hab*día.

Caudal máximo diario

Para el cálculo del caudal máximo diario se utilizará la ecuación (4):

$$QMD = KMD * Qm \quad (4)$$

Donde:

QMD= Caudal máximo diario

KMD= Factor de mayoración máximo diario

Para todos los niveles de servicio, en el factor de mayoración máximo diario se asumirá el valor de 1.25.

Caudal máximo horario

Para el cálculo del caudal máximo horario se utilizará la ecuación (5):

$$QMH = KMH * Qm \quad (5)$$

Donde:

QMH= Caudal máximo horario

KMH= Factor de mayoración máximo horario

Para todos los niveles de servicio, en el factor de mayoración máximo horario se asumirá el valor de 3.

Fugas

Las fugas se van a medir en porcentaje y dependen directamente del nivel de servicio del proyecto, en la Tabla 3.4 se muestra dichos porcentajes.

Tabla 3.4. Porcentaje 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%

Fuente: (SENAGUA, 2000b)

Como el proyecto tiene un nivel de servicio IIb, se va a utilizar un porcentaje de fugas del 20 %.

Caudal Unitario

El caudal unitario es el consumo por cada vivienda, se calcula con la ecuación (6):

$$Q_{unitario} = \frac{Q_{MH}}{N \text{ casas}} \quad (6)$$

Donde:

Q unitario = Caudal unitario, en l/s*casa.

QMH= Caudal máximo horario, en l/s.

N casa = Numero de casas de todo el proyecto.

Resumen de resultados

En la Tabla 3.5 y Tabla 3.6 se muestran los datos y los resultados de los parámetros de diseño, respectivamente.

Tabla 3.5 Datos de los parámetros de diseño

DATOS	Población actual	104	hab.
	Periodo de diseño (n)	20	años
	Tasa de crecimiento (r)	1	%
	Factor de fugas	20	%
	Dotación	75	lt/hab.*día
	Factor de mayoración diario (KMD)	1.25	
	Factor de mayoración horario (KMH)	3	

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Tabla 3.6 Resultado de los parámetros de diseño

RESULTADOS	Población futura	127	hab.
	Caudal medio (qm)	0.14	lt/s
		0.00014	m ³ /s
	Caudal máximo diario (QMD)	0.17	lt/s
		0.00017	m ³ /s
	Caudal máximo horario (QMH)	0.4	lt/s
0.0004		m ³ /s	

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

3.1.8 Parámetros de diseño para la captación

Según la Norma Co 10.7 - 602 (2000), la estructura de captación debe tener una capacidad para un caudal mínimo de 1.2 veces el caudal máximo diario al final del periodo de diseño.

Dicho esto, el caudal de diseño de la estructura de captación es de:

$$Qd = 1.2 * QMD = 1.2 * 0.17 = \mathbf{0.20 \text{ l/s}}$$

3.1.9 Parámetros de la línea de conducción

Las condiciones topográficas propias de la zona permiten la realización de una conducción por gravedad, para esto se utilizará la Norma Co 10.7 – 602 (2000), Sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos sólidos en el área rural.

Los principales parámetros que se toman en cuenta para el diseño de la línea de conducción son: caudal, presión, pérdidas unitarias, velocidad, diámetros y tipo de material.

Caudal de diseño

El caudal de diseño será 1.1 veces el caudal máximo diario calculado al final del periodo de diseño para conducciones que no requieren bombeo, entonces:

$$Qd = 1.1 * QMD = 1.1 * 0.17 = \mathbf{0.187 \text{ l/s}}$$

Pérdidas Unitarias

Las pérdidas de carga se producen por la fricción que existe entre las partículas de los fluidos y las paredes de las tuberías. Existen diferentes ecuaciones para el cálculo de las pérdidas de energía por fricción en la conducción, las más utilizadas son: Darcy-Weisbach, Hazen – Williams, y Manning.

Para este proyecto se va a utilizar la ecuación de Hazen-Williams (7), la cual toma en cuenta el diámetro y longitud de la tubería, rugosidad del material y el caudal de circulación.

$$hf = \frac{10.667 * L}{D^{4.87}} \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \quad (7)$$

Donde:

hf = Pérdida por fricción, en m.

D = Diámetro de la tubería, en m.

L = Longitud de la tubería, en m.

Q = Caudal, en m³/s.

C = Valor de la rugosidad. Para tuberías de PVC, $C = 140$.

La pérdida unitaria sería hf/L , con las siguientes unidades m/km. La norma Co 10.7 – 602 (2000) establece valores para las pérdidas unitarias:

- Pérdida unitaria mínima de 7 – 10 m/km
- Pérdida unitaria máxima de 12 m/km

Presiones de diseño

Para el cálculo de la presión, se va a utilizar la ecuación Bernoulli (8).

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (8)$$

Donde:

Z_i = Carga de posición (m), también considerada carga hidrostática.

P_i = Presión estática a la que está sometido el fluido, en kg/m².

γ = Peso específico del fluido, en kg/m³.

V_i = Velocidad media, en m/s.

g = Aceleración gravitatoria, 9,81 m/s².

Velocidad

La velocidad es un factor muy importante al momento de diseñar la línea de conducción, pues influye directamente con la selección de los diámetros de la tubería.

Para el cálculo de la velocidad se va a emplear la fórmula de Manning (9).

$$V = \frac{R^{2/3} S_o^{1/2}}{n} \quad (9)$$

Donde:

V= Velocidad, en m/s.

R= Radio hidráulico, en m.

S_o= Pendiente de la línea de agua.

n= Coeficiente de rugosidad de Manning.

Las velocidades van a depender del material de la tubería que se vaya a utilizar. En la Tabla 3.7 y Tabla 3.8 se muestra los coeficientes de rugosidad y las velocidades admisibles, respectivamente.

Tabla 3.7 Coeficiente de fricción n para las fórmulas de Manning

Material	n
PVC	0.009
Asbesto Cemento y Polietileno de alta densidad	0.010
Hierro fundido nuevo	0.013
Hierro fundido usado	0.017
Concreto liso	0.012
Concreto rugoso	0.016
Mampostería con mortero de cemento	0.020
Acero soldado con revestimiento interior basado en epoxy	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Acero galvanizado nuevo o usado	0.014

Fuente: (SOAPAP, n.d.)

Tabla 3.8 Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías

Material de la tubería	Velocidad	
	Máxima	Mínima
Concreto simple hasta 40 cm, de diámetro	3.00	0.3
Concreto reforzado a partir de 60 cm, de diámetro	3.50	0.3
Acero con revestimiento	5.00	0.3
Acero sin revestimiento	5.00	0.3
Acero galvanizado	5.00	0.3
Asbesto cemento	5.00	0.3
Hierro fundido	5.00	0.3
Hierro dúctil	5.00	0.3
PEAD (Polietileno de Alta Densidad)	5.00	0.3
PVC (Policloruro de Vinilo)	5.00	0.3

Fuente: (SOAPAP, n.d.)

3.1.10 Parámetros de la planta de tratamiento

Según la norma CO 10.7 – 602 (2000), la planta de potabilización tendrá una capacidad de 1.10 veces del caudal máximo diario correspondiente final del periodo de diseño. También, expresa que cualquier tipo de agua debe tener como tratamiento mínimo la desinfección. Entonces,

$$Qd = 1.1 * QMD = 1.1 * 0.17 = \mathbf{0.187 \text{ l/s}}$$

3.1.10.1 Tratamiento a emplear

La planta de tratamiento del proyecto se diseñará cumpliendo con los parámetros que expresa la norma CO 10.7 – 602.

3.1.10.1.1 Selección del proceso de tratamiento

Analizando los resultados del análisis a la fuente de abastecimiento, obtenidos mediante laboratorio (Tabla 3.9), y comparando con los valores deseables y máximos permisibles establecido en la norma CO 10.7 – 602 (2000); se determina que el agua necesita únicamente una desinfección, puesto que los valores obtenidos en los análisis son inferiores a los límites deseables de la norma.

Tabla 3.9 Resultado de las muestras de agua

Parámetros	Unidades	Agua cruda
Turbiedad	N.T.U	2.4
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2,00E+00
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2,00E+00

Fuente: (LABORATORIO DE AGUA POTABLE, 2019)

Sistema de desinfección

La desinfección es un proceso de mucha importancia dentro de los sistemas de abastecimiento de agua potable, su función es destruir los organismos patógenos causantes de enfermedades, tales como bacterias, protozoarios y virus.

Para este proyecto se va a utilizar un dosificador por erosión de tabletas de hipoclorito de calcio de alta concentración (HTH), las que se pueden obtener de distribuidores, o prepararse localmente comprimiendo mecánicamente polvo de hipoclorito de calcio. Este sistema es muy utilizado en comunidades pequeñas debido a que son equipos fáciles de manejar, económicos y duraderos.

Dosificador por erosión de tabletas

Los dosificadores de erosión disuelven las tabletas de hipoclorito a una tasa predeterminada mientras fluye una corriente de agua alrededor de ellas. Según las tabletas se van diluyendo, se reemplaza con otras nuevas. La solución de cloro concentrada alimenta un canal abierto, un tanque o un reservorio.

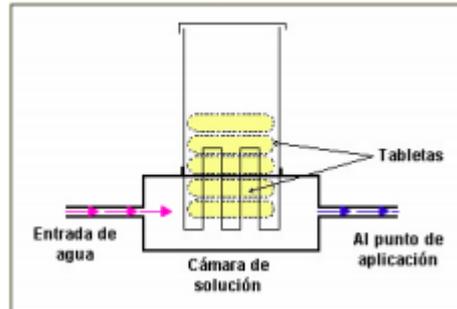


Figura 3.1 Operación de un dosificador de tabletas de hipoclorito de calcio

Fuente: (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2007)

Ventajas

- No necesita de energía eléctrica por lo que se puede utilizar manualmente.
- No hay contacto con las tabletas por lo que se tiene más seguridad en el manejo del producto químico.
- Tiene alta estabilidad en almacenaje y aplicación.
- Posee una concentración de cloro del 65 a 70 %.
- No afecta la dureza ni el pH del agua.
- Facilidad de instalación.
- Es económicamente rentable.

Desventajas

- Requiere agua con una turbiedad baja.
- Para caudales entre 0.1 a 20 l/s.
- No debe haber interrupciones prolongadas en el suministro de agua.

La norma Co 10.7 – 601 (2000), establece en la Tabla 3.10 los valores admisibles de cloro residual que el agua debe poseer dependiendo del pH. De acuerdo a los resultados del análisis del laboratorio, el agua tiene un pH de 6.51, por lo tanto, el agua debe tener 0.2 mg/l de cloro residual.

Tabla 3.10 Mínimas concentraciones residuales de cloro requeridas para una desinfección eficaz del agua

pH del agua	Cloro libre residual, mg/l Tiempo mínimo de contacto, 10 minutos	Cloro residual combinado, mg/l Tiempo mínimo de contacto, 60 minutos
6-7	0,2	1
7-8	0,2	1,5
8-9	0,4	1,8
9-10	0,8	No se recomienda
más de 10	0,8 (con mayor periodo de contacto)	No se recomienda

Fuente: (SENAGUA, 2000b)

3.1.11 Parámetros de almacenamiento

Para el almacenamiento del agua se utilizan tanques de reservas, su función es almacenar el agua tratada para luego ser distribuida. Según la norma Co 10.7 – 602 (2000), la capacidad del almacenamiento será el 50% del volumen medio diario futuro y no puede ser inferior a 10m³.

La dimensión del tanque se la puede calcular con la ecuación (10):

$$V = \frac{(Qm * \frac{86400}{1000})}{2} \quad (10)$$

Donde:

V= Volumen del tanque, en m³

Qm= caudal medio diario, en l/s.

Reemplazando valores, obtenemos:

$$V = \frac{(0.13 * \frac{86400}{1000})}{2}$$

$$V = 5.616 m^3 < 10 m^3$$

El volumen del taque mínimo recomendado por norma es de 10 m³, por lo tanto, el tanque de almacenamiento actual al poseer una capacidad de 15 m³ cumple con lo requerido.

3.1.12 Parámetros de la red de distribución

La norma Co 10.7 – 602 (2000) indica que, para cualquier nivel de servicio, la red de distribución será diseñada para el caudal máximo horario y podrá estar conformada por ramales abiertos, mallas o una combinación de los dos sistemas.

Entonces,

$$Qd = QMH = 0.4 \text{ l/s}$$

También, deberá disponer de válvulas que permitan independizar sectores para su operación o mantenimiento, para así evitar la suspensión del servicio de agua en toda la localidad.

Además, la norma establece los siguientes parámetros de presiones:

- La presión dinámica máxima será de 3 Kg/cm².
- La presión dinámica mínima será de 0.7 Kg/cm².
- La presión estática máxima será de 4 Kg/cm².
- El diámetro nominal mínimo de los conductos de la red será de 19 mm (3/4").

Tipos de redes

Existen ramales abierto o ramificados y cerrados o mallas.

Red ramificada

Una red ramificada consta de una tubería principal, y varias tuberías que llegan a ser ramificaciones de segundo, tercer, etc. orden. Este tipo de red es más utilizada en zonas rurales que tienen las viviendas muy separadas y poblaciones muy pequeñas.

La utilización de este tipo de red no es recomendable debido a que las tuberías conforme se van alejando de la tubería principal tienen diámetros más pequeños, además, el agua va perdiendo velocidad, lo que genera estancamientos; y, por ende, pérdida en la calidad del agua. Una avería en la red ramificada cortarían el servicio a todas las tuberías a continuación del punto averiado. Si se decide emplear este tipo de red, se debe considerar en el diseño llaves de desagüe para un mantenimiento.

Red mallada

Este tipo de red consta de tuberías que al momento de unirse forman una malla. La utilización de esta red es más conveniente porque el agua puede llegar a un punto por varios caminos. Así, si se genera un daño en la tubería el servicio no necesita ser cortado, ya que el tramo dañado se lo puede aislar mediante válvulas.

3.2 Análisis de alternativas

Para proponer una solución al problema existente se realizó un análisis de dos alternativas, las cuales constan de captación, línea de conducción, planta de tratamiento, tanque de almacenamiento y una red de distribución. Están diseñadas para que funcionen como un sistema a gravedad.

La primera alternativa está conformada por una red de tuberías de PVC de 63, 50, y 32 mm, que suman una longitud total de 3 512.00 m. En la red existen 19 tanques rompe presiones, tres válvulas de purga y dos válvulas de control distribuidas estratégicamente para cumplir con todo lo especificado en la norma y garantizar un buen funcionamiento del sistema. En la Tabla 3.11 y Tabla 3.12 se presenta los valores de longitud, diámetros y tipo de material de las tuberías, los caudales, velocidad y

presiones en los nodos. Esta alternativa está diseñada bajo el criterio de presiones, es por esto que la velocidad no se cumple en algunos tramos.

En el Anexo 6 y Anexo 7 se presenta la información detallada.

Tabla 3.11 Resultados de la tubería de la alternativa 1

Nombre Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
T1	81	63	PVC	0.42	0.13
T2	383	63	PVC	0.66	0.21
T3	553	63	PVC	0.66	0.21
T4	17	50	PVC	0.4	0.2
T5	25	50	PVC	0.4	0.2
T6	35	50	PVC	0.4	0.2
T7	45	50	PVC	0.4	0.2
T8	83	50	PVC	0.4	0.2
T9	94	50	PVC	0.4	0.2
T10	65	50	PVC	0.4	0.2
T11	19	50	PVC	0.4	0.2
T12	57	50	PVC	0.4	0.2
T13	24	50	PVC	0.4	0.2
T14	56	50	PVC	0.4	0.2
T15	27	50	PVC	0.4	0.2
T16	74	50	PVC	0.38	0.19
T17	28	50	PVC	0.38	0.19
T18	23	50	PVC	0.38	0.19
T19	54	50	PVC	0.32	0.16
T20	36	50	PVC	0.32	0.16
T21	6	50	PVC	0.32	0.16
T22	89	50	PVC	0.32	0.16
T23	77	50	PVC	0.32	0.16
T24	25	50	PVC	0.32	0.16
T25	51	50	PVC	0.32	0.16

T26	72	50	PVC	0.32	0.16
T27	40	50	PVC	0.32	0.16
T28	28	50	PVC	0.32	0.16
T29	73	50	PVC	0.32	0.16
T30	51	50	PVC	0.32	0.16
T31	68	50	PVC	0.32	0.16
T31A	2	50	PVC	0.32	0.16
T32	41	50	PVC	0.32	0.16
T33	50	50	PVC	0.32	0.16
T34	158	50	PVC	0.32	0.16
T35	70	50	PVC	0.32	0.16
T36	58	50	PVC	0.32	0.16
T37	86	50	PVC	0.32	0.16
T38	102	50	PVC	0.32	0.16
T39	27	50	PVC	0.32	0.16
T40	55	50	PVC	0.32	0.16
T41	49	32	PVC	0.02	0.02
T41A	4	32	PVC	0.02	0.02
T42	82	32	PVC	0.02	0.02
T43	39	32	PVC	0.06	0.07
T44	103	32	PVC	0.06	0.07
T45	46	32	PVC	0.06	0.07
T46	43	32	PVC	0.06	0.07
T47	43	32	PVC	0.06	0.07
T48	39	32	PVC	0.06	0.07
T49	56	32	PVC	0.06	0.07

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Tabla 3.12 Resultados en los nodos de la alternativa 1

Nombre	Elevación (m)	Presión (m.c.a.)	Tipo
N1	2.600.43	57	NODO
N2	2.593.47	7	NODO
N3	2.567.06	15	NODO
N4	2.479.52	20	NODO
N5	2.450.29	22	NODO
N6	2.404.39	16	NODO
N7	2.402.99	18	NODO
N8	2.398.06	23	NODO
N9	2.397.31	23	NODO
N10	2.389.04	8	NODO
N11	2.384.10	13	NODO
N12	2.382.18	15	NODO
N13	2.378.11	19	NODO
N14	2.373.74	23	NODO
N15	2.369.80	27	NODO
N16	2.358.28	8	NODO
N17	2.354.21	12	NODO
N18	2.341.12	25	TAPON
N19	2.334.21	7	NODO
N20	2.323.81	17	NODO
N21	2.321.91	19	NODO
N22	2.304.21	8	NODO
N23	2.259.21	24	NODO
N24	2.401.11	20	NODO
N24	2.239.49	13	NODO
N25	2.382.11	18	NODO
N26	2.355.82	11	NODO
N27	2.336.39	10	NODO
N28	2.304.90	18	NODO

UNIÓN	2.698.93	20	NODO
V1	2.410.88	10	VÁLVULA
V2	2.400.70	20	VÁLVULA

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

La segunda alternativa está conformada por tuberías de PVC de 63, 50 y 32 mm, con una longitud total de 3 606.00 m. Existen 21 tanques rompe presiones, tres válvulas de purga y tres válvulas de control ubicadas estratégicamente a lo largo de la red de distribución con la finalidad de garantizar un buen funcionamiento cumpliendo con todos los parámetros establecidos en la norma. En la Tabla 3.13 y Tabla 3.14 se presenta los valores de longitud, diámetros y tipo de material de las tuberías, los caudales, velocidad y presiones en los nodos. Esta alternativa está diseñada bajo el criterio de presiones, es por esto que la velocidad en algunos tramos de la tubería no va a cumplir con lo especificado anteriormente.

En el Anexo 8 y Anexo 9 se presenta la información más a detalle.

Tabla 3.13 Resultados de la tubería de la alternativa 2

Nombre Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
T1	81	63	PVC	0.42	0.13473
T2	382	63	PVC	0.66	0.21173
T3	554	63	PVC	0.66	0.21173
T4	17	50	PVC	0.4	0.20372
T5	37	50	PVC	0.4	0.20372
T6	23	50	PVC	0.4	0.20372
T7	66	50	PVC	0.4	0.20372
T8	85	50	PVC	0.4	0.20372
T9	74	50	PVC	0.4	0.20372
T10	58	50	PVC	0.4	0.20372
T11	26	50	PVC	0.4	0.20372
T12	55	50	PVC	0.4	0.20372
T13	5	50	PVC	0.4	0.20372
T14	75	50	PVC	0.4	0.20372

T15	27	50	PVC	0.4	0.20372
T16	74	50	PVC	0.36	0.18335
T17	28	50	PVC	0.36	0.18335
T18	23	50	PVC	0.36	0.18335
T19	54	50	PVC	0.22	0.11205
T20	36	50	PVC	0.22	0.11205
T21	7	50	PVC	0.22	0.11205
T22	88	50	PVC	0.22	0.11205
T23	77	50	PVC	0.22	0.11205
T24	25	50	PVC	0.22	0.11205
T25	51	50	PVC	0.22	0.11205
T26	72	50	PVC	0.22	0.11205
T27	44	50	PVC	0.22	0.11205
T28	6	50	PVC	0.22	0.11205
T29	53	50	PVC	0.22	0.11205
T30	13	50	PVC	0.22	0.11205
T31	26	50	PVC	0.22	0.11205
T32	51	50	PVC	0.22	0.11205
T33	68	50	PVC	0.22	0.11205
T34	7	50	PVC	0.22	0.11205
T35	37	50	PVC	0.22	0.11205
T36	50	50	PVC	0.22	0.11205
T37	49	32	PVC	0.04	0.04974
T38	31	32	PVC	0.04	0.04974
T39	54	32	PVC	0.04	0.04974
T40	48	32	PVC	0.04	0.04974
T41	69	32	PVC	0.04	0.04974
T42	23	32	PVC	0.14	0.17408
T43	55	32	PVC	0.14	0.17408
T44	62	32	PVC	0.14	0.17408
T45	28	32	PVC	0.14	0.17408
T46	40	32	PVC	0.14	0.17408

T47	61	32	PVC	0.14	0.17408
T48	70	32	PVC	0.14	0.17408
T49	83	32	PVC	0.14	0.17408
T50	104	32	PVC	0.14	0.17408
T51	51	32	PVC	0.01	0.01243
T52	53	32	PVC	0.13	0.16164
T53	10	32	PVC	0.13	0.16164
T54	40	32	PVC	0.13	0.16164
T55	67	32	PVC	0.13	0.16164
T56	50	32	PVC	0.13	0.16164
T57	62	32	PVC	0.13	0.16164
T58	41	32	PVC	0.13	0.16164

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Tabla 3.14 Resultados en los nodos de la alternativa 2

Nombre	Elevación (m)	Gradiente Hidráulico (m)	Presión (m.c.a.)	Tipo
UNIÓN	2.699.04	2.718.59	20	NODO
N1	2.600.43	2.657.81	57	NODO
N2	2.593.47	2.600.98	7	NODO
N3	2.567.06	2.577.09	10	NODO
N4	2.479.52	2.497.44	18	NODO
N5	2.450.29	2.470.14	20	NODO
N6	2.404.39	2.420.70	16	NODO
N7	2.402.99	2.420.67	18	NODO
N8	2.398.06	2.420.62	23	NODO
N9	2.397.31	2.420.61	23	NODO
N10	2.389.04	2.396.68	8	NODO
N11	2.384.10	2.396.65	13	NODO
N12	2.382.18	2.396.64	14	NODO
N13	2.378.11	2.396.62	18	NODO
N14	2.373.74	2.396.59	23	NODO
N15	2.369.80	2.396.57	27	NODO

N16	2.364.98	2.369.32	4	NODO
N17	2.362.40	2.369.32	7	NODO
N18	2.358.28	2.369.31	11	NODO
N19	2.354.21	2.369.29	15	NODO
N20	2.341.12	2.369.26	28	TAPON
N21	2.333.01	2.340.04	7	NODO
N22	2.323.81	2.340.02	16	NODO
N23	2.361.55	2.378.80	17	NODO
N24	2.304.96	2.324.65	20	NODO
N25	2.294.78	2.324.52	30	NODO
N26	2.315.10	2.324.36	9	TAPON
N27	2.304.29	2.324.29	20	NODO
N28	2.293.27	2.302.10	9	TAPON
N29	2.266.90	2.278.02	11	NODO
N30	2.239.49	2.250.39	11	NODO
N31	2.401.11	2.420.76	20	NODO
N32	2.382.11	2.394.11	12	NODO
N33	2.346.36	2.367.42	21	NODO
V1	2.410.88	2.420.77	10	VÁLVULA
V2	2.400.70	2.420.64	20	VÁLVULA
V3	2.308.80	2.324.36	16	VÁLVULA

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

3.2.1 Selección de alternativas

Para la selección de la alternativa más viable y factible se realizó un presupuesto en el cual se considera el costo de los siguientes rubros: tuberías, desbroce y limpieza, excavación a mano, excavación a máquina y los tanques rompe presiones. (Ver Tabla 3.15)

Tabla 3.15 Comparación de costos para selección de la alternativa

Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2
Tubería	5383.95	5140.4
Desbroce y limpieza	4688.52	4814.01
Excavación a mano	3550.632	3645.666
Excavación a máquina	22662.936	23269.518
Tanque Rompe-Presión	14250	15750
Total	50536.038	52619.594

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Analizando las alternativas presentadas, se seleccionó la primera debido a que es mucho más económica. Presenta una mayor facilidad en la etapa de construcción, además el acceso de la maquinaria, materiales y mano de obra es más ágil puesto que la red se encuentra dentro de diferentes puntos de fácil acceso.

CAPITULO IV

DISEÑO DEFINITIVO

4.1 Diseño de la captación

Se optó por reutilizar las captaciones existentes por las siguientes razones:

1. Posee 22 años de vida útil. La norma Co 10.07 – 601 establece que las obras de captación deben tener de 25 a 50 años de vida útil (Tabla 4.1)
2. Ya que su capacidad actual es mayor a la que requiere la población futura
3. Su condición física y estructural está en buenas condiciones necesitando únicamente un pintado con pintura antioxidante en las tapas.

Tabla 4.1. Vida útil de un sistema de agua potable

COMPONENTE	VIDA UTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanque de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red: De hierro dúctil De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Fuente: (SENAGUA, 2000a)

4.2 Diseño de la línea de conducción

La línea de conducción comienza en la estructura de captación de agua N° 2 y termina en la planta de tratamiento. No posee ningún tanque rompe presiones, válvulas de purga o de aire.

Consiste en una tubería de PVC de 63 mm de diámetro con una longitud de 1 017.00 m, misma que se diseñó para que cumpla con el criterio de presiones.

En el Anexo 10 se presenta la toda la información de la línea de conducción.

4.3 Diseño de la planta de tratamiento

4.3.1 Caseta de cloración

La caseta de cloración se va a reutilizar puesto que sus condiciones físicas y estructurales se encuentran en buen estado. Aquí se colocará un dosificador de tabletas de hipoclorito de calcio al 65 % que van a diluirse en agua en pequeñas dosis.

La caída de la solución de cloro tiene que ser antes de que el agua ingrese al tanque de almacenamiento para que se mezcle adecuadamente.

La dosis de cloro necesario para aplicar al agua se calcula de la siguiente manera:

$$Fc = 86.4 * Q * \frac{c}{\%CA} \quad (11)$$

Donde:

Q= caudal del suministro, en l/s.

c= concentración de cloro en el agua, en g/m³.

%CA= porcentaje de cloro activo en el reactivo.

Entonces,

$$Fc = 86.4 * 0.14 * \frac{1.5}{0.65}$$

$$Fc = 27.91 \text{ g/dia}$$

4.3.2 Tanque de almacenamiento

Basándose en lo expuesto en el Capítulo II, se optó por reutilizar el tanque de almacenamiento debido a que su capacidad es mayor a la que el sistema requiere; además, su condición física y estructural se encuentra en muy buen estado.

Ver Anexo 11.

4.4 Red de distribución

La red de distribución consta de tuberías de 50 mm y 32 mm, las presiones tienen un valor mínimo de 7 m.c.a y máximo 30 m.c.a de acuerdo a lo establecido en la norma. Además, se colocaron tanques rompe presiones, válvulas de purga y válvulas de control (Ver Anexo 12).

En la Tabla 4.2 se presenta la dotación correspondiente a cada nodo de la red de distribución del diseño definitivo.

Tabla 4.2. Dotación de los respectivos nodos del diseño definitivo

NODOS	ÁREA (m2)	%	Caudal (L/s)
N2	4178.773	1.5%	0.006
N3	18304.865	6.4%	0.025
N4	17553.792	6.1%	0.024
N5	9334.492	3.2%	0.013
N6	6817.418	2.4%	0.009
N7	7624.982	2.7%	0.011
N8	7053.916	2.5%	0.010
N9	9810.684	3.4%	0.014
N10	13820.590	4.8%	0.019
N11	7888.853	2.7%	0.011
N12	5708.201	2.0%	0.008
N13	6536.924	2.3%	0.009

N14	4055.579	1.4%	0.006
N15	6206.706	2.2%	0.009
N16	8392.765	2.9%	0.012
N17	8551.228	3.0%	0.012
N18	10319.301	3.6%	0.014
N19	6326.323	2.2%	0.009
N20	13464.539	4.7%	0.019
N21	14473.837	5.0%	0.020
N22	13725.379	4.8%	0.019
N23	12887.945	4.5%	0.018
N24	3982.608	1.4%	0.005
N25	12282.843	4.3%	0.017
N26	14928.692	5.2%	0.021
N27	16377.453	5.7%	0.023
N28	17959.820	6.2%	0.025
N29	8936.730	3.1%	0.012
TOTAL	287505.239	100.00%	0.400

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

4.4.1 Tanques rompe presiones

En este proyecto se utilizarán 19 tanques rompe presiones, están ubicados en puntos estratégicos con el objetivo de disminuir la presión del agua para que no exceda la presión de trabajo de las tuberías. En la Tabla 4.3 se detalla la ubicación de todos los tanques rompe presiones.

Tabla 4.3 Ubicación de tanques rompe presiones, válvulas de purga y de seccionamiento

Elemento	X	Y	Z
PRV-1C	756541	9692272	2 644.67
PRV-1	756163	9692840	2 582.47
PRV-2	756139	9692917	2 553.22

PRV-3	756115	9693271	2 390.00
PRV-4	756085	9693085	2 499.21
PRV-5	756066	9693166	2 472.23
PRV-6	756064	9693246	2 441.57
PRV-7	756047	9693300	2 420.86
PRV-8	755871	9693194	2 396.89
PRV-9	755602	9693008	2 366.59
PRV-10	755586	9693181	2 340.79
PRV-11	755527	9693464	2 312.25
PRV-12	755578	9693596	2 283.64
PRV-13	755683	9693630	2 252.65
PRV-14	756069	9693371	2 400.29
PRV-15	755924	9693281	2 391.43
PRV-16	755873	9693370	2 362.14
PRV-17	755791	9693342	2 346.12
PRV-18	755716	9693344	2 323.41

Fuente: (Collaguazo_Salinas)

Los tanques poseen una cámara de entrada, un tanque y una cámara de salida, con tuberías y accesorios son de hierro galvanizado. El desfogue se realiza a través de una tubería de PVC de 63 mm. El nivel del agua se regularizará mediante una válvula flotadora de 2 pulg. (Ver Anexo 13).

4.4.2 Válvula de purga

La red contiene tres válvulas de purga, están ubicada en los puntos más bajos del terreno y en los extremos de los ramales, su función es eliminar la acumulación de barro o arenas en la tubería para evitar obstrucciones, hacer mantenimientos y limpieza de la tubería (Ver Anexo 14).

4.4.3 Válvulas de control

Este componente tiene la función de regular el caudal de agua por sectores para realizar mantenimiento y reparaciones.

4.5 Manual de operación y mantenimiento

El manual de mantenimiento para este sistema de agua potable cuenta con fechas y actividades detalladas que ayudaran a entender los procesos de mantenimiento y operación (Ver Anexo 17).

CAPITULO V

PRESUPUESTO

5.1 Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios de cada rubro ayuda a determinar el presupuesto del proyecto.

Para el presente proyecto se analizaron los costos directos, es decir, el costo de la mano de obra, equipo y herramientas, materiales y transporte; y para los costos indirectos se consideró el 20% del costo directo. (Ver Anexo 18).

5.2 Presupuesto

El presupuesto es un análisis que contiene el costo aproximado de la obra que se va a construir. Para determinar este valor se debe conocer los rubros que se utilizarán para realizar el proyecto.

Con el diseño definitivo y los planos del sistema de agua potable se procedió a determinar el presupuesto mediante la herramienta informática EXCEL. Este proyecto tiene un costo total de 101 371.61 dólares más IVA (Ver Anexo 18).

5.3 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas contienen normas y procedimientos que se deben considerar para la ejecución de la obra, para de esta manera garantizar un buen funcionamiento del proyecto.

Este documento también servirá para el fiscalizador para controlar el avance de la obra, la calidad de los materiales y verificar la correcta construcción de la obra.

Para desarrollar este documento se tomó como referencia las especificaciones técnicas de la secretaria del agua (SENAGUA) (Ver Anexo 19).

CONCLUSIONES

- Se realizó un análisis del sistema de agua potable existente, en el cual se concluye que la estructura de captación, la caseta de cloración y el tanque de almacenamiento se encuentran en buen estado y sin daños estructurales necesitando solo un mantenimiento; también, la línea de conducción y la red de distribución no están cumpliendo con las presiones, velocidades, justificando así las rupturas de las tuberías y los cortes de agua existentes.
- Se presentan dos alternativas para el sistema de abastecimiento de agua potable, las cuales están diseñadas con un periodo de vida útil de 20 años, utilizando todos los parámetros que establece la norma. Estas alternativas están diseñadas bajo el criterio de presiones, la presión máxima en la distribución es de 30 m.c.a y en la conducción es de 75 m.c.a. De estas dos alternativas se seleccionó la Alternativa 1 debido a que es más económica y tiene mayor facilidad en la etapa de construcción.
- Se presenta el diseño definitivo, el cual consta de una línea de conducción, una red de distribución, tanques rompe presiones, válvulas de purga y de control.
- El proyecto tiene un costo total de 101 371.61 dólares más IVA.
- De acuerdo al Catálogo de Categorización Ambiental Nacional (CAN) que proporciona el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), el presente proyecto se encuentra dentro de la Categoría II con el código 23.4.2.1.5.2.
- Al pertenecer el proyecto al grupo de Categoría II, se necesita realizar una Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental que se puede observar en los anexos. Esta ficha brinda información acerca de los impactos tanto positivos como negativos que presenta la realización de este proyecto, el marco legal a seguirse, las medidas que deben ser las utilizadas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) y su respectivo Cronograma Valorado para poder disminuir los impactos negativos a los que se encuentran expuestas las especies del sector.

RECOMENDACIONES

- Socializar con las habitantes de la comunidad sobre la importancia de mantener protegidas las fuentes de abastecimiento de agua para que de esta manera se evite la contaminación de la misma.
- Se debe realizar un monitoreo periódico de la calidad del agua de la fuente y del agua tratada. También se debe capacitar al personal que va a estar a cargo de la operación y el mantenimiento del sistema.
- En la etapa de la construcción del sistema de agua potable, el constructor deberá de manera estricta regirse a los planos y las especificaciones técnicas de este estudio para garantizar una obra de calidad y de buen funcionamiento. Si se presentan inconvenientes al momento de la construcción y se necesita realizar cambios en los planos, se los realizará solo con la aprobación del fiscalizador.

BIBLIOGRAFIA

- Chulluncuy, N. C. (2011). TRATAMIENTO DE AGUAS PARA CONSUMO HUMANO. *Ingeniería Industrial*, (29), 153–170. <https://doi.org/1025-9929>
- CYTED. (n.d.). INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL EN AGUAS. In *Agua Potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas* (pp. 224–229). Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep184/vleh/fulltext/acrobat/agua.pdf>
- GAD GUACHAPALA. (2014). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. <https://doi.org/10.1093/tropej/fmv052>
- INEC. (2010). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS*. Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- LABORATORIO DE AGUA POTABLE. (2019). *INFORME ANALISIS DE AGUA. CUENCA*.
- Ocasio, F. (2008). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN UN SEGMENTO DEL RÍO PIEDRAS*.
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable. In *Organización Mundial de la Salud* (Vol. 23). Retrieved from http://201.147.150.252:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1262/Investigacion_e_evolucion.pdf?sequence=1
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2007). GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMA DE DESINFECCIÓN. *Lima*, 1–33. Retrieved from <http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/agua/guiaselectdesinf.pdf>
- Sánchez, K., Cajilima, T., Chang, F. Y., Bermeo, M., Casa, K., & Suconota, Y. (2018). *ANÁLISIS INTEGRAL DE SALUD GUACHAPALA*. 2, 83.
- SENAGUA. (2000a). *NORMA CO 10.7 - 601 NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*.

<https://doi.org/10.07>

SENAGUA. (2000b). *NORMA CO 10.7 - 602 NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. Retrieved from <https://www.agua.gob.ec>

SENPLADES. (2014). *SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACION Y DESARROLLO. 5*. Retrieved from <https://www.planificacion.gob.ec/sistema-de-informacion-para-los-gobiernos-autonomos-descentralizados/>

Sierra Ramirez, C. A. (2011). *CALIDAD DEL AGUA: EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO*. Medellin: Universidad de Medellin.

SOAPAP. (n.d.). *TABLAS HIDRÁULICAS Y FÓRMULAS*.