



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

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

**“EVALUACIÓN Y REDISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA PARA LAS COMUNIDADES DE SAN PEDRO Y SANTA
BÁRBARA”**

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

Autores:

**DENISSEE ALEXANDRA BUENO APOLO
CARLOS ALFREDO ORDÓÑEZ ABRIGO**

**Director de tesis:
ING. CARLOS JAVIER FERNÁNDEZ DE CÓRDOVA WEBSTER PhD**

**CUENCA, ECUADOR
2023**

DEDICATORIA.

A mi familia por sus consejos y apoyo a lo largo de mi vida, que ha estado a mi lado motivándome a cumplir esta meta.

A todas las personas especiales que me acompañaron y ayudaron de cualquier forma a culminar mis estudios.

Denissee Bueno Apolo

A Dios, por darme la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida, además de su infinita bondad.

A mis padres que son el pilar fundamental de mi vida, quienes me han guiado y apoyado con sabiduría en cada paso dado hasta conseguir esta meta, sin ellos no lo habría logrado, por su dedicación y sacrificio para que nunca me falte nada.

A mis hermanos que con sus consejos y cariño siempre estuvieron presentes durante mi carrera universitaria.

A mis maestros por compartir sus conocimientos, a mis amigos quienes sin esperar nada a cambio me brindaron aliento y motivación.

Carlos Ordóñez Abrigo

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres por apoyarnos y orientarnos con sus consejos durante el transcurso de nuestra carrera, también por siempre confiar en nosotros y nunca dejarnos solos.

A nuestros maestros que con su sabiduría nos han formado tanto en lo profesional como en lo ético, también por la pasión con la que comparten sus conocimientos.

A nuestro director el Ing. Javier Fernández de Córdova por el tiempo que nos brindó orientándonos, asesorándonos y por su eficaz colaboración para lograr la culminación de este trabajo.

A las personas que conforman la directiva del sistema de agua Yanaturo – Gulac por su cooperación para realizar el presente proyecto.

A nuestros amigos que nos acompañaron durante toda la carrera universitaria por brindarnos su amistad y extendernos una mano amiga en los momentos difíciles.

Denissee y Carlos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Página
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
Introducción	xiv
Antecedentes	xiv
Objetivo general	xv
Objetivos específicos	xv
Alcance.....	xv
1 CAPÍTULO 1. INFORMACIÓN DE ENTRADA	1
1.1 Descripción general de la zona de estudio.....	1
1.1.1 San Pedro	1
1.1.2 Santa Bárbara	1
1.2 Área de cobertura	2
1.3 Información cartográfica	2
1.3.1 Modelo digital del terreno.....	2
1.3.2 Análisis de suelos del área de cobertura.....	4
1.3.3 Clima.....	5
1.3.4 Vialidad.....	5
1.3.5 Usos del suelo.	6
1.3.6 Geomorfología y geología.....	7
1.4 Levantamiento de encuestas a usuarios	8

	Datos de la población.....	9
1.4.1	Servicios públicos existentes.....	13
1.4.2		
1.4.3	Características socioeconómicas.....	18
1.5	Recopilación de la información hidráulica.....	19
1.5.1	Calidad del agua de la fuente	19
1.5.2	Análisis de la calidad del agua: parámetros físico químicos.....	20
1.5.3	Aforo en la captación.	22
2	CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUA.....	24
2.1	Infraestructura Existente.....	24
2.1.1	Captación.....	24
2.1.2	Tanque Sedimentador.....	24
2.1.3	Tanque de Almacenamiento.....	25
2.1.4	Redes de distribución	26
2.1.5	Vida útil de un sistema.....	27
2.1.6	Calidad de materiales	27
2.1.7	Mantenimiento preventivo y correctivo.....	28
2.2	Análisis Hidráulico de la red abierta actual.....	28
2.2.1	Criterios de Análisis de la Red.....	28
2.2.2	Población del proyecto.....	28
2.2.3	Caudal de diseño	29
2.2.4	Diámetros de la tubería	30
2.2.5	Diagnostico hidráulico	30
2.2.6	Conclusiones	35
3	CAPÍTULO 3. REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA	36
3.1	Análisis de alternativas de diseño.....	36
3.1.1	Normativa a emplear.....	36
3.2	Parámetros de diseño.....	36

3.2.2	Método geométrico	36
3.2.3	Periodo de diseño.....	37
3.2.4	Dotación.....	37
3.2.5	Caudales de diseño.....	39
3.3	Diseño de las Estructuras de Almacenamiento.....	41
3.3.1	Caudal de diseño.....	41
3.3.2	Volumen de regulación	42
3.3.3	Volumen contra incendios.....	42
3.3.4	Diseño estructural.....	45
3.4	Diseño de la red de distribución de agua.....	45
3.4.1	Consideraciones del diseño	46
3.4.2	Cálculo de la Red Abierta	49
3.5	Manual de operación y mantenimiento.....	61
3.5.1	Conceptos generales.....	61
3.5.2	Tipos de mantenimiento.....	62
3.5.3	Personal de operación y mantenimiento.....	63
3.5.4	Procedimientos.....	64
3.5.5	Seguridad.....	70
4	CAPÍTULO 4. PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO.....	73
4.1	Presupuesto.....	73
4.1.1	Costos directos	75
4.1.2	Costos indirectos	75
4.1.3	Análisis de Precios Unitarios	75
4.1.4	Volúmenes de obra.....	76
4.1.5	Costos de operación y mantenimiento.....	76
4.2	Cronograma valorado de obras.....	76
4.3	Especificaciones técnicas	77
4.3.1	Aplicación	77
4.3.2	Definición de términos y abreviaturas	77

	Logística.....	77
4.3.3		
4.3.4	Obras civiles.....	77
4.3.5	Suministro e instalación de válvulas.....	86
4.3.6	Tuberías de presión de cloruro de polivinilo pvc.....	88
5	CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1	Conclusiones.....	90
5.2	Recomendaciones.....	91
	Bibliografía.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de las Comunidades en la Parroquia Santa Ana	1
Figura 1.2: Área de Cobertura.....	2
Figura 1.3. Modelo Digital del Terreno	3
Figura 1.4. Levantamiento topográfico.....	3
Figura 1.5. Rango de Altitud.....	4
Figura 1.6. Pisos Climáticos.....	5
Figura 1.7. Red Vial de la Parroquia Santa Ana	6
Figura 1.8. Geomorfología de la zona.....	7
Figura 1.9. Geología de la Parroquia Santa Ana	8
Figura 1.10. Comunidad a la que pertenece la población	10
Figura 1.11. Número de miembros en el hogar.....	11
Figura 1.12 Nivel de estudios del Jefe de Hogar.....	11
Figura 1.13. Tipo de vivienda	12
Figura 1.14. Uso de la vivienda	12
Figura 1.15. Material predominante de la construcción.....	13
Figura 1.16. Servicio de agua.....	14
Figura 1.17. Almacena el agua.....	15
Figura 1.18. Tipo de almacenaje	15
Figura 1.19. Calidad del agua	16
Figura 1.20. Uso del Agua	16
Figura 1.21. Pago por consumo de agua	17
Figura 1.22. población dispuesta a pagar por un mejor servicio.....	17
Figura 1.23. Personas que aportan ingresos al hogar	18
Figura 1.24. Ingreso familiar promedio	18
Figura 1.25. Actividad económica	19
Figura 1.26. Aforo volumétrico	22
Figura 2.1. Captaciones del proyecto.....	24
Figura 2.2. Tanque Sedimentador	25
Figura 2.3. Tanque de Almacenamiento	26
Figura 2.4. Red de Distribución	27
Figura 2.5. Trazado actual de la red.....	30
Figura 3.1. Tanque de almacenamiento	43
Figura 3.2. Curva de consumo horario de la red de abastecimiento.	46

Figura 3.3. Esquema de una red abierta	48
Figura 3.4. Presión antes de colocar la válvula reguladora de presión	52
Figura 3.5. Presión después de colocar la bomba	53
Figura 3.6. Red abierta en WaterCadV10	54
Figura 3.7. Variación de consumo en 24 hrs.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Parámetros Físicos	19
Tabla 1.2. Parámetros Químicos	20
Tabla 1.3. Sustancias tóxicas - metales pesados	20
Tabla 1.4. Comparación de los resultados del análisis físico-químico de la fuente con los límites deseables por norma	21
Tabla 1.5. Comparación de los resultados del análisis físico-químico de la fuente con los límites deseables por norma	21
Tabla 1.6. Resumen del aforo de caudales	23
Tabla 2.1. Datos hidráulicos del sistema actual	31
Tabla 2.2. Nodos sin caudal	33
Tabla 2.3. Presiones en la red actual	33
Tabla 2.4. Nodos con presiones inferiores a las 5 m.c.a	34
Tabla 3.1. Población de Diseño.....	37
Tabla 3.2. Niveles de Servicio para el sector rural	38
Tabla 3.3. Uso público.	39
Tabla 3.4. Caudal de diseño para los componentes de un sistema de agua.....	39
Tabla 3.5. Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua	40
Tabla 3.6. Constante de la capacidad del tanque de almacenamiento.....	44
Tabla 3.7. Dimensionamiento y niveles de regulación del tanque de almacenamiento.	44
Tabla 3.8. Espesores de pared y tolerancias para tubos de PVC, Cédula 80.....	47
Tabla 3.9. Diámetro para el diseño del proyecto.....	48
Tabla 3.10. Coeficiente K para pérdidas menores en accesorios	51
Tabla 3.11. Nodos de menor y mayor presión del sistema.....	55
Tabla 3.12 Resultados de presión y elevación del diseño	55
Tabla 3.13. Resultados de velocidad, caudal en las tuberías.....	57
Tabla 3.14. Variación del Caudal en el tiempo.	59
Tabla 3.15 Comparación de valores mínimos de trabajo	60
Tabla 3.16. Comparación de valores máximos de trabajo	61
Tabla 3.17. Servicios que debe brindar el personal de operación	64
Tabla 3.18. Actividades de operación y mantenimiento	65
Tabla 3.19. Procedimientos de Operacion y Mantenimiento tanque desarenador	65

Tabla 3.20. Procedimientos de Operacion y Mantenimiento tanque de almacenamiento	66
Tabla 3.21. Procedimientos de Operacion y Mantenimiento red de agua.....	68
Tabla 3.22. Valores de K.....	70
Tabla 3.23. Equipo de Protección Personal	71
Tabla 4.1. Resumen del presupuesto.....	73
Tabla 4.2. Costos de operación y mantenimiento anual.....	76

RESUMEN

“EVALUACIÓN Y REDISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA LAS COMUNIDADES DE SAN PEDRO Y SANTA BÁRBARA. CUENCA - AZUAY”

Las comunidades de San Pedro y Santa Bárbara ubicadas la Parroquia Santa Ana, Cantón Cuenca, Provincia de Azuay, cuentan con 101 familias que corresponden a 488 habitantes. Actualmente el sistema constituido por una red abierta, con tubería en buen estado, sin embargo, El sistema es abastecido por dos captaciones propias de la comuna que llegan a un tanque de 12m³, el cual ha cumplido su vida útil, La solución adoptada consiste de un sistema óptimo con un nuevo tanque de almacenamiento de 35 m³ de capacidad, incrementando de esta manera la reserva en época de verano, también se ha rediseñado la red para que evite en lo posible terrenos de miembros de la comunidad y vaya por las calles y vías principales, garantizado el suministro de agua y presión en todo momento; complementado con el presupuesto referencial, cronograma de ejecución y manual de operación y mantenimiento del sistema.

Palabras claves: Sistemas de Agua, red abierta tanque de almacenamiento, abastecimiento, evaluación hidráulica, WaterCad



Firmado electrónicamente por:
CARLOS JAVIER
FERNANDEZ DE CORDOVA
WEBSTER

Ing. Javier Fernández de Córdova
Director del trabajo de titulación

Ing. José Fernando Vázquez Calero
Director de Escuela

Traducido por:

Denisse Bueno

Carlos Ordoñez

ABSTRACT

**"EVALUATION AND REDESIGN OF THE WATER SUPPLY NETWORK
FOR THE COMMUNITIES OF SAN PEDRO AND SANTA BÁRBARA.
CUENCA - AZUAY".**

The communities of San Pedro and Santa Barbara located in the Santa Ana Parish, Canton Cuenca, Province of Azuay, have 101 families corresponding to 488 inhabitants. Currently the system consists of an open network, with pipes in good condition, however, the system is supplied by two own catchments of the community that reach a tank of 12m³, which has fulfilled its useful life, The adopted solution consists of an optimal system with a new storage tank of 35 m³ capacity, thus increasing the reserve in summer time, also the network has been redesigned to avoid as much as possible land of members of the community and go through the streets and main roads, ensuring water supply and pressure at all times; The project is complemented by the reference budget, execution schedule and the system's operation and maintenance manual.

Key words: Drinking water systems, open storage tank network, supply, hydraulic evaluation, WaterCad.



Firmado electrónicamente por:
CARLOS JAVIER
FERNANDEZ DE CORDOVA
WEBSTER

Ing. Javier Fernández de Córdoba
Degree Project Director

Ing. José Fernando Vázquez Calero
School Director

Translated by:

Denisse Bueno
Author

Carlos Ordoñez
Author



ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

Introducción

En la actualidad, disponer de una red óptima de agua, es prioritario en las comunidades y ciudades del Ecuador. Es un reto para la ingeniería hidráulica debido a que los organismos operadores de agua, mantienen criterios que son cada vez más estrictos en procura de optimizar los sistemas, debido a esto y a la gran problemática que ocasiona tener un sistema antiguo en operación, lo cual causa un alto costo de mantenimiento e interferencias en el uso del mismo, se toman medidas de solución tales como realizar un nuevo diseño de los sistemas en operación o su rediseño.

Con el paso del tiempo y sin el adecuado mantenimiento, algo muy común que se suele presentar en las redes de distribución de las comunidades alejadas de los principales centros poblados del país, es el deterioro de la infraestructura física, esto afecta directamente a la calidad y cantidad del agua, así como en la presión de suministro. La red de agua, es afectada por varios factores (tipo de material, presión de servicio, vida útil, medio ambiente entre otros) tales factores pueden generar alteraciones en el material, generar fisuras y posteriormente fugas considerables de agua, daños a la infraestructura física y posibles daños a terceros. El análisis y reparación individual de los elementos que conforman un sistema hidráulico en una red de abastecimiento puede llegar a ser demasiado costoso y mucho más en estructuras que han sido construidas sin procedimientos técnicos o bajo la supervisión de un profesional del área.

Antecedentes

Las comunidades de San Pedro y Santa Bárbara actualmente cuentan con un sistema de distribución la cual inicia desde la captación pasando por un filtro de arena, luego se conduce a un tanque de almacenamiento y se distribuye a las viviendas. Este sistema presenta ciertas carencias como desborde de agua en la captación, además la falta de presión en las tuberías provoca desabastecimiento de agua en las viviendas más alejadas y la distribución de la red actual pasa por terrenos privados lo que imposibilita el mantenimiento. Por estas razones el actual proyecto propone la evaluación del sistema actual y el diseño de un nuevo sistema de distribución misma que ayudará a solventar los problemas ya mencionados, además se podrá dar servicio a una mayor cantidad de viviendas.

Objetivo general:

Evaluar y rediseñar el sistema de agua para la comunidad de San Pedro y Santa Bárbara.

Objetivos específicos:

- Obtener información real y actualizada de la zona de estudio mediante la toma de datos en campo, obteniendo así las bases de diseño.
- Realizar el diagnóstico y evaluación del sistema existente y sus componentes.
- Re-diseños de la red de distribución.
- Realizar un presupuesto detallado para la implementación de los diseños presentados.

Alcance

Este proyecto tiene como objetivo la evaluación del sistema actual de distribución de agua y el rediseño de la red de distribución, de las comunidades de San Pedro y Santa Bárbara de la parroquia Santa Ana. Se iniciará con el levantamiento de información del sistema existente para conocer sus condiciones actuales, por lo que sus elementos han cumplido con su periodo de vida útil. A continuación, se realizará la revisión y verificación del estado de los componentes del sistema existente: captación, planta de almacenamiento, distribución y análisis de calidad de agua; para proponer las mejores soluciones del sistema o el rediseño del mismo. Además, obtener el diseño definitivo para un proyecto de agua que sea construible y funcional a lo largo del tiempo. Por último, se desarrollará un presupuesto referencial del proyecto y el cronograma valorado de actividades.

CAPÍTULO 1. INFORMACIÓN DE ENTRADA.

1.1 Descripción general de la zona de estudio

Las comunidades de San Pedro y Santa Bárbara están ubicadas en la parroquia Santa Ana, cantón Cuenca, provincia del Azuay.

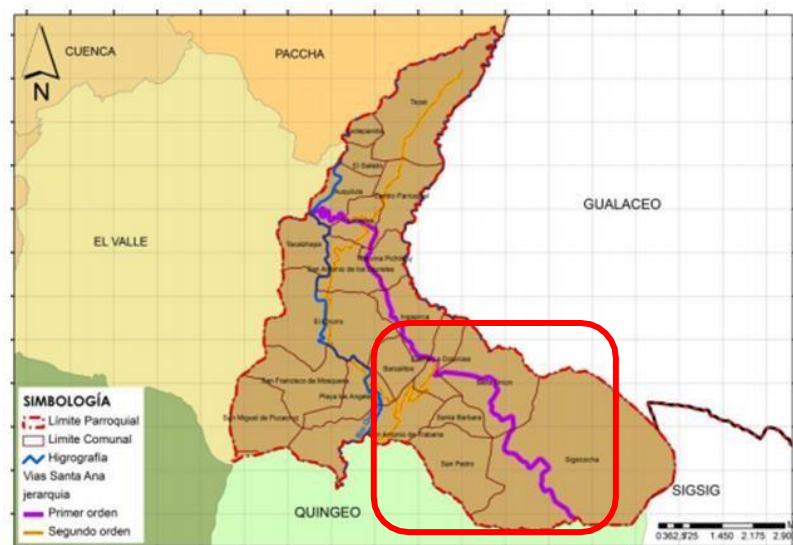
1.1.1 San Pedro

La comunidad de San Pedro se localiza al sur de la parroquia Santa Ana, entre Sigsicocha, San Antonio de Trabana y Santa Bárbara, abarca una superficie de 255.24 ha. y ocupa el 52.77% del área total de la parroquia. Está a una altura de 2500-3500 m, por lo que su clima es ecuatorial de alta montaña, con una temperatura promedio de 4 a 6° C y una pluviometría anual entre 1200 y 1800 (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019)

1.1.2 Santa Bárbara

La comunidad de Santa Bárbara se localiza al sureste de la parroquia entre San Pedro, San Antonio de Trabana, Bella Unión y la Dolorosa, abarca una superficie de 71.39 ha. y ocupa el 52.77% del área total de la parroquia. Está a una altura de 2500-3500 m, por lo que su clima es ecuatorial de alta montaña, con una temperatura promedio de 4 a 6° C y una pluviometría anual entre 1200 y 1800 mm (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019)

Figura 1.1. Ubicación de las Comunidades en la Parroquia Santa Ana.

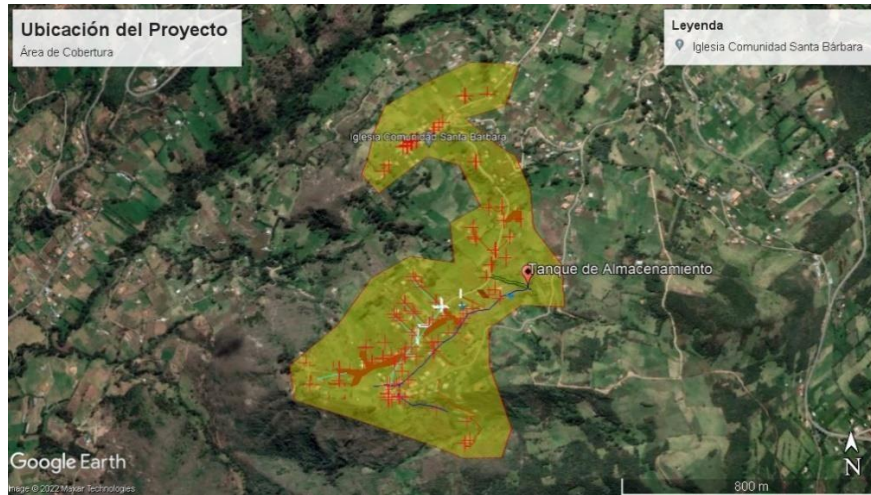


Fuente: (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019)

1.2 Área de cobertura.

El área de influencia del proyecto a desarrollar es la comunidad de San Pedro y de Santa Bárbara. A continuación, se presenta un mapa en el que se indica la ubicación del tanque de almacenamiento y el trazado de la red actual. La figura delimita la el área de cobertura

Figura 1.2: Área de Cobertura



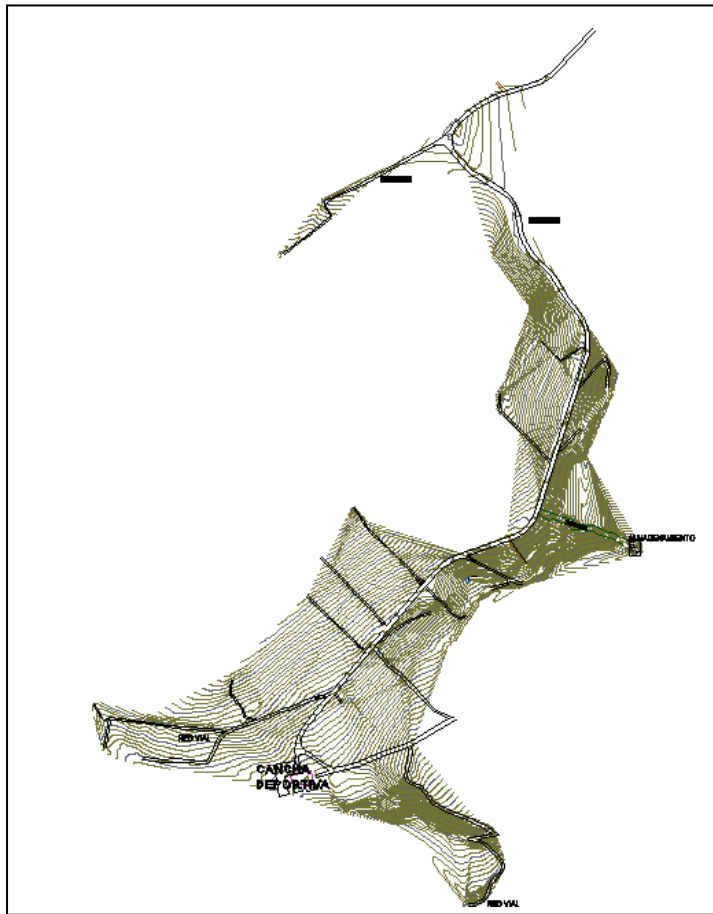
Fuente: El Autor a través de GoogleMaps

1.3 Información cartográfica.

1.3.1 Modelo digital del terreno.

Uno de los elementos básicos de cualquier representación digital de la superficie terrestre son los Modelos Digitales de Terreno (MDT); un modelo digital de elevaciones (MDE) se define como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno.

Figura 1.3. Modelo Digital del Terreno



Fuente: El Autor.

1.3.1.1 Levantamiento Topográfico

Se realizaron varias visitas técnicas para obtener el trazado del sistema de agua, en especial para la red de distribución.

Figura 1.4. Levantamiento topográfico.



Fuente: El Autor.

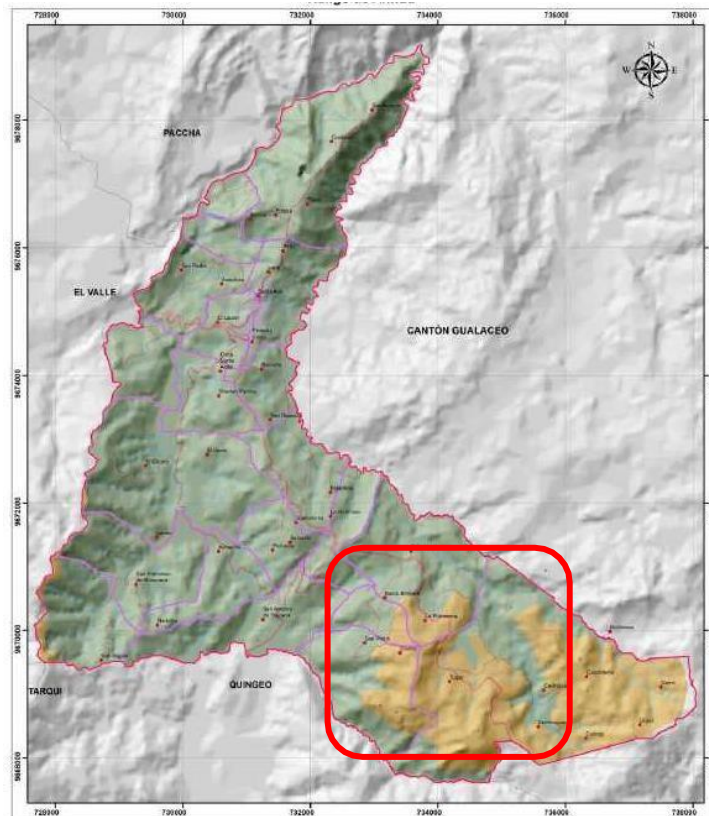
Con los datos obtenidos se procede a crear la superficie y el perfil del terreno sobre el cual se asentará la línea de aducción, para ello se utiliza el software Autodesk civil CAD.

El software permite el ingreso de la nube de puntos determinados en el levantamiento topográfico, generar curvas de nivel y perfiles del terreno lo que se conoce como el modelo digital del terreno.

1.3.2 Análisis de suelos del área de cobertura.

La parroquia de Santa Ana, presenta una división por alturas desde los 2500 m s.n.m. a 3000 m.s.n.m. con una superficie de 81% y de 3000 m s.n.m. a 3500 m s.n.m. con un porcentaje de 19%.

Figura 1.5. Rango de Altitud



Fuente: (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019)

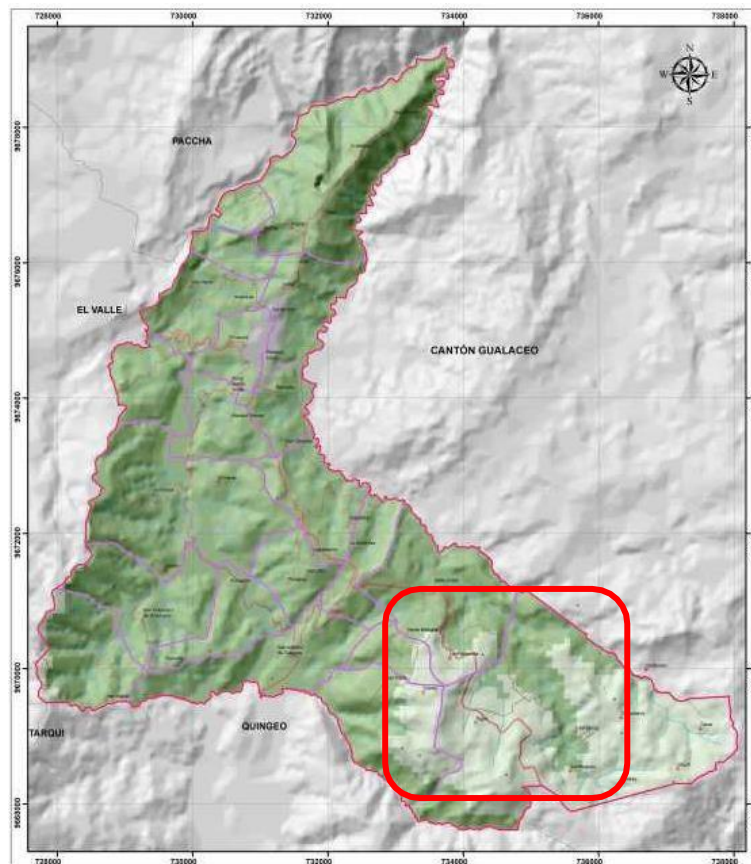
Se observa la distribución de las pendientes en la cuenca mostrando en primer lugar un relieve colinado con 3.094 hectáreas, seguido de escarpado con 508 ha; luego con 453 hectáreas de moderadamente ondulado y de montañoso con 235 hectáreas y

por último suave a ligeramente ondulado con 205 ha. (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019)

1.3.3 Clima.

El clima en las comunidades es de tipo Ecuatorial Mesotérmico Semi-húmedo, con un promedio anual de las precipitaciones oscila entre 500 a 200 mm. La época lluviosa está presente en los meses de febrero a mayo y de octubre a noviembre. (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019)

Figura 1.6. Pisos Climáticos



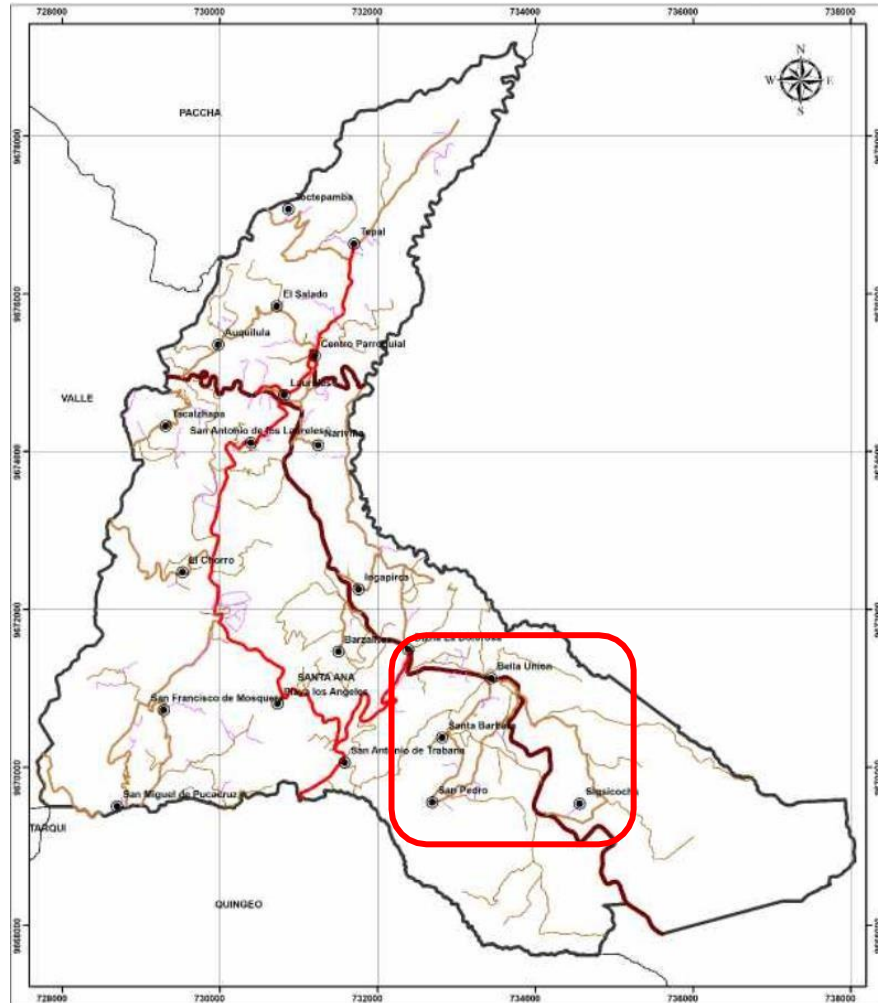
La temperatura varía entre 12° a 20° Celsius, y una humedad relativa entre 65% al 85%. La precipitación se encuentra entre los 700 mm y 900 mm anuales, siendo los meses más secos en julio y agosto y marzo a abril, los más lluviosos. (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019)

1.3.4 Vialidad.

El acceso a la parroquia de Santa Ana se lo hace mediante una vía de segundo orden a nivel cantonal, su capa de rodadura es de asfalto, por lo general se encuentra

en buen estado. El acceso a las comunidades de San Pedro y Santa Bárbara se lo realiza a través de vías de tercer orden, con capa de rodadura de lastre, en estado regular. Y, para las zonas productivas y viviendas son vías de cuarto orden, conocidos como caminos vecinales.

Figura 1.7. Red Vial de la Parroquia Santa Ana.



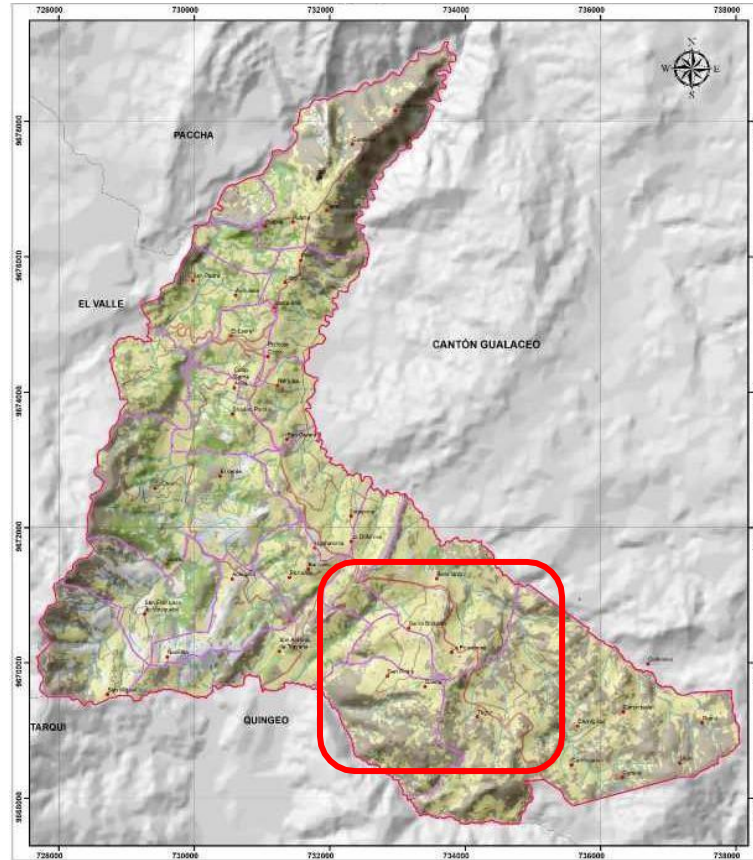
1.3.5 Usos del suelo.

El uso del suelo se refiere a la categoría de utilización de las tierras en el sector rural de la parroquia. Entendido como cualquier tipo de utilización humana de un terreno. El uso del suelo es la modificación antrópica del ambiente natural o naturaleza en ambiente construido como campos de cultivo, pasturas, asentamientos humanos (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019).

En las comunidades de San Pedro y Santa Bárbara el uso de suelo está enfocado en la agricultura, como cultivos de maíz, habas, fréjol y papas; en la ganadería en la

producción de ganado vacuno, porcino y cuyes; y recursos forestales como el eucalipto y árboles nativos.

Figura 1.8. Geomorfología de la zona



1.3.6 Geomorfología y geología.

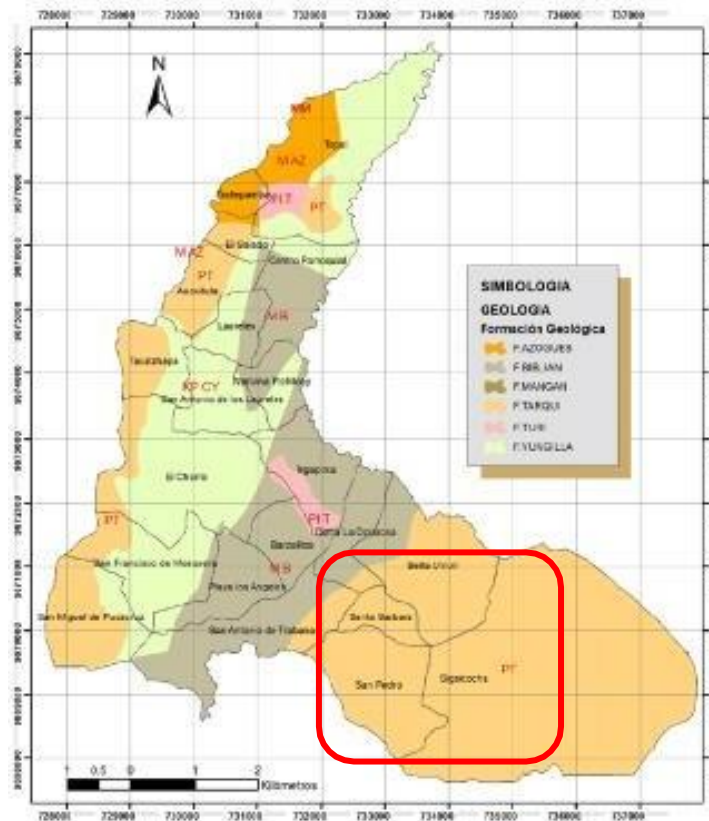
Es necesario mencionar las formaciones geológicas donde se encuentra el asentamiento de la comunidad para tener en consideración los efectos de inestabilidad del terreno, ya que las formaciones más recientes tienden a ser en forma general las de mayor susceptibilidad a la rotura. La comunidad de San Pedro y Santa Bárbara se encuentra sobre la formación Tarqui, una formación relativamente joven, puesto que pertenece al periodo cuaternario.

1.3.6.1 Formación Tarqui (PT)

Se presenta como una capa de depósitos volcánicos ligeramente consolidados y alterados. En la secuencia predominan los piroclastos consistiendo de aglomerados que van de riolíticos a andesíticos, tobas, cenizas volcánicas e ignimbritas la mayoría de las que han sido fuertemente caolinizadas y/o silicificadas. Lavas dacíticas a

riodacitas forman una parte subsidiaria de la sucesión Tarqui; horizontes menores no volcano-sedimentarios aparecen muy esporádicamente. El espesor de la formación alcanza 1.200 metros. Madera fósil ha dado edades de alrededor de 25.000 y 34.000 años, las que indican una edad del Pleistoceno Superior. Pirita está ampliamente desarrollada, algunas vetillas atraviesan a la madera fosilizada.

Figura 1.9. Geología de la Parroquia Santa Ana



Fuente: (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019)

1.4 Levantamiento de encuestas a usuarios.

Para la recolección de la información se empleó una encuesta, utilizando como herramienta el cuestionario, esta fue aplicada a un representante de cada familia. La encuesta permitió obtener información sobre:

- La organización y participación en temas del agua.
- La descripción de la población.
- El nivel socioeconómico.

- El servicio de agua.

1.4.1 Datos de la población.

Según el Censo Poblacional del año 2010 (INEC, 2010) la población de la comunidad de Santa Barbara es de 258 que representa el 4.8% del total de habitantes de la parroquia Santa Ana y la población de la comunidad de San Pedro es de 129 que llega a representar el 2.4%.

El sistema de agua Yanaturo -Gulac abastece a cierta cantidad de la población de estas comunidades aproximadamente 101 familias, de las cuales se ha tomado la muestra para realizar obtener las características de la población.

La población actual está identificada en el reporte de usuarios del “SISTEMA DE AGUA DE YANATURO”. Esta lista se desglosa en: 101 familias.

1.4.1.1 Muestra.

Debido a la población flotante existente en la comuna, es necesario tomar una cantidad de la población para la aplicación de la encuesta, la misma que más adelante será utilizada para caracterizar a la población.

El tamaño de la muestra para poblaciones finitas se puede determinar con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{i^2 * (N - 1) + (Z^2 * p + q)}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra.

N: tamaño del universo.

Z: nivel de Confianza correspondiente a la distribución de Gauss.

p: porcentaje de la población con el atributo deseado.

q: porcentaje de la población sin el atributo deseado (1 – p)

i: error que se prevé cometer

Nota: Si no se conoce el porcentaje de la población con el atributo deseado se asume p = 50 % y q = 50 %

(Mantilla, 2015, pág. 131)

Se conoce que el tamaño del universo son 101 familias, por otro lado, se asumirá un error del 5 % y un nivel de confianza del 95%; para determinar los valores de p y q, se emplearan valores tomados del (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019) donde indica que para comunas y comunidades la población flotante se encuentra en el 10,00 %.

$$n = \frac{101 * 1.96^2 * 0.96 * 0.04}{0.05^2 * (101 - 1) + (1.96^2 * 0.90 * 0.01)}$$

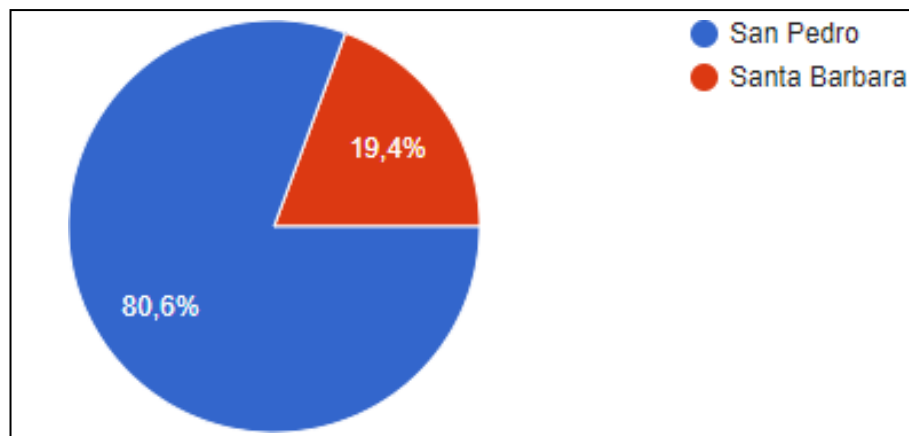
$$n = 58.62 \approx 59 \text{ familias}$$

El tamaño de la muestra para aplicar la encuesta será de 59 familias de la comuna.

1.4.1.2 Descripción de la población.

El primer dato relevante a considerar es que el 80,6% de la población se concentra en la comunidad de San Pedro, mientras que solo un 19.4 % en la comunidad de Santa Bárbara.

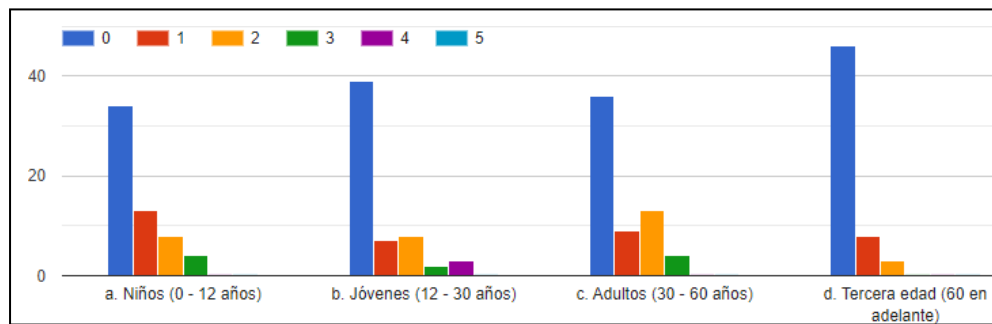
Figura 1.10. Comunidad a la que pertenece la población



Fuente: El Autor.

Se puede identificar que la mayoría de los hogares tienen a su mayor población en personas que superan los 60 años siendo estos más de 40, le siguen los jóvenes entre 12 y 30 años, mientras que los adultos entre 30 y 60 y los niños menores de 12 años, son los de menor población.

Figura 1.11. Número de miembros en el hogar



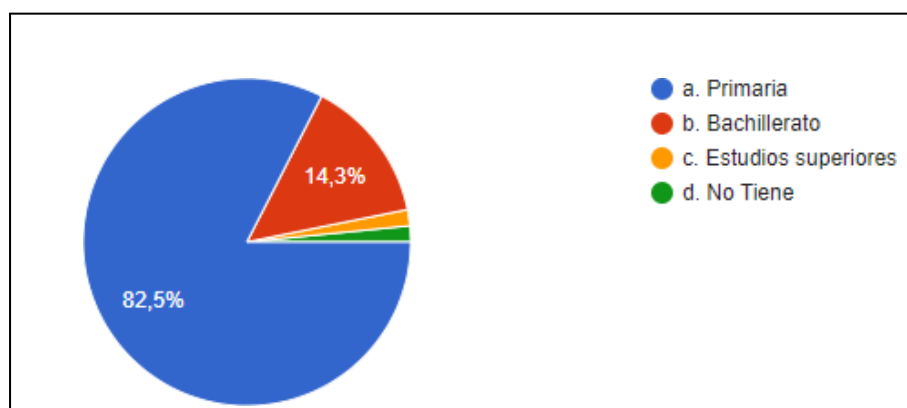
Fuente: El Autor.

Como dato relevante se observa que el 82.5% de los jefes de hogares solo han podido culminar sus estudios de nivel básico.

1.4.1.3 Educación

Según el Censo 2010 en la parroquia existe un alto número de personas con nivel primario de escolaridad que representa el 47,9% de la población. Luego se encuentra la educación básica con el 18,6%, es decir aproximadamente 1255 personas y el nivel secundario con el 12,2%, alrededor de 826 personas. Sólo un 2,9% de la población en edad escolar tiene estudios superiores o los está cursando, es decir aproximadamente 200 personas en toda la parroquia. El 10,3% de la población no tiene ningún nivel de escolaridad (700 personas), principalmente quienes poseen de 50 años en adelante. (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019)

Figura 1.12 Nivel de estudios del Jefe de Hogar.

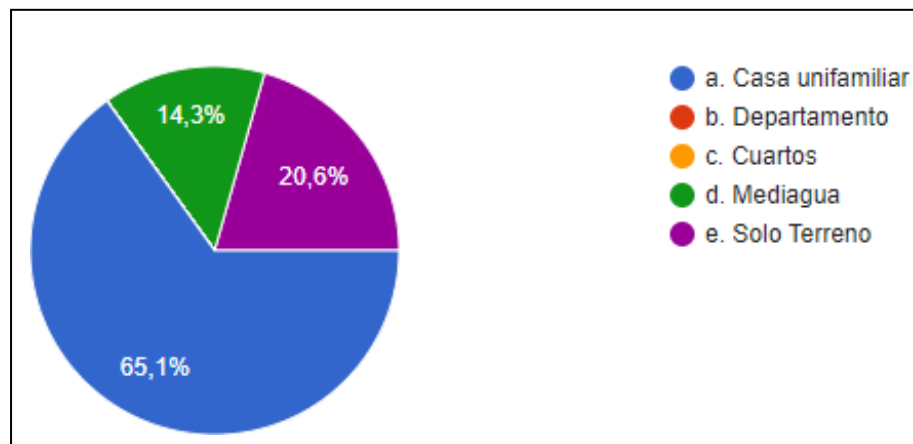


Fuente: El Autor.

1.4.1.4 Vivienda

La población de la comuna de San Pedro y Santa Bárbara en su mayor parte con un 65.1% dispones de casas unifamiliares, mientras que un 14.30% ha construido medias aguas, el 20.6% no tiene construcciones en sus propiedades.

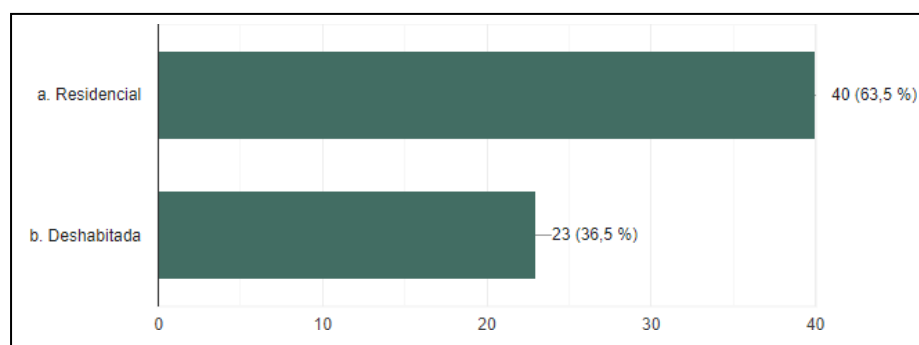
Figura 1.13. Tipo de vivienda:



Fuente: El Autor.

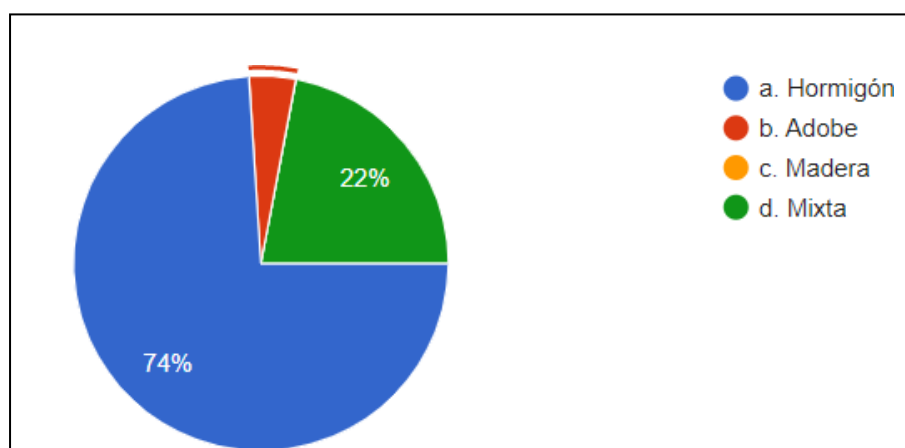
El 63.5% de la población destina su vivienda para uso residencial es decir está ocupada, mientras que el 36.5% la tiene desocupada.

Figura 1.14. Uso de la vivienda



Fuente: El Autor.

El 74% de las construcciones tienen como material predominante al hormigón, un 22% son mixtas entre hormigón y madera o adobe, mientras que un 4% de estas son de adobe.

Figura 1.15. Material predominante de la construcción

Fuente: El Autor.

1.4.1.5 Salud

Los habitantes de las comunas de San Pedro y de Santa Bárbara se movilizan al centro de la Parroquia, en su gran mayoría se sirven de la red de salud pública integral del Cantón que está compuesta por instituciones que brindan servicio integral de primer nivel y que pertenecen a la Coordinación Zonal 6.

En (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023) se indica que “Como centro de primer nivel de atención en Santa Ana se encuentra el Centro de Salud, que pertenece al Distrito de Salud 01D02 del Ministerio de Salud Pública, y atiende en un horario de 8 horas laborables y que mantiene como personal para la atención de la ciudadanía al siguiente personal (2019):

- 3 médicos (2 generales o rurales y 1 familiar).
- 2 odontólogos.
- 2 enfermeras.

1.4.2 Servicios públicos existentes

Los servicios básicos a los que debe acceder hoy en día un hogar ecuatoriano son muchos más que antes, pues ahora el internet y la telefonía fija son parte de estos; en las comunas de San Pedro y Santa Barbara podemos observar que el 37.7% de los hogares tiene internet, el 21% cuenta con telefonía fija, el 70,5% tiene luz eléctrica, al agua tienen acceso el 96.7%, mientras que al alcantarillado tan solo un 44.3% y a la recolección de basura un 47.5%

La empresa regional CENTROSUR provee a las dos comunidades del servicio de energía eléctrica, cuentan con alumbrado público.

Para el servicio de internet existen varios proveedores privados y la contratación de este queda a disponibilidad del usuario

El alcantarillado es uno de los servicios básicos más necesarios para la población. ETAPA cuenta con Plantas de tratamiento de Aguas Residuales de menor envergadura en la parroquia de Santa Ana, dos de ella se encuentran en la comunidad de San Pedro y en Santa Bárbara, gracias a estas una gran parte de las viviendas se benefician de este servicio y las restantes cuentan con pozos sépticos.

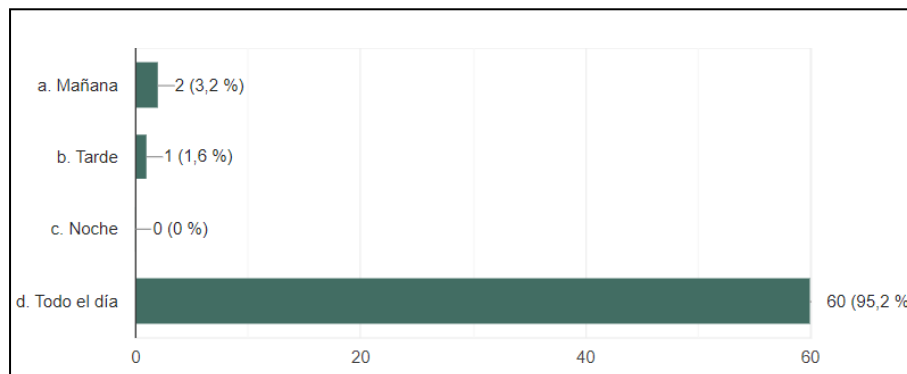
La comunidad de San Pedro y Santa Bárbara se beneficia del plan de recolección de basura de la parroquia Santa Ana. La recolección se realiza en horarios establecidos y no están obligados a realizar la separación de residuos reciclables.

1.4.2.1 Agua potable

En las dos comunidades disponen del servicio de agua entubada del sistema de agua Yanaturo - Gulac, también existen redes de distribución de agua potable de ETAPA.

Actualmente el 95.2% de la población indica que recibe de forma permanente agua, mientras que en porcentaje muy pequeño con el 3.2% solo en la mañana y finalmente con 1.6% solo en la tarde.

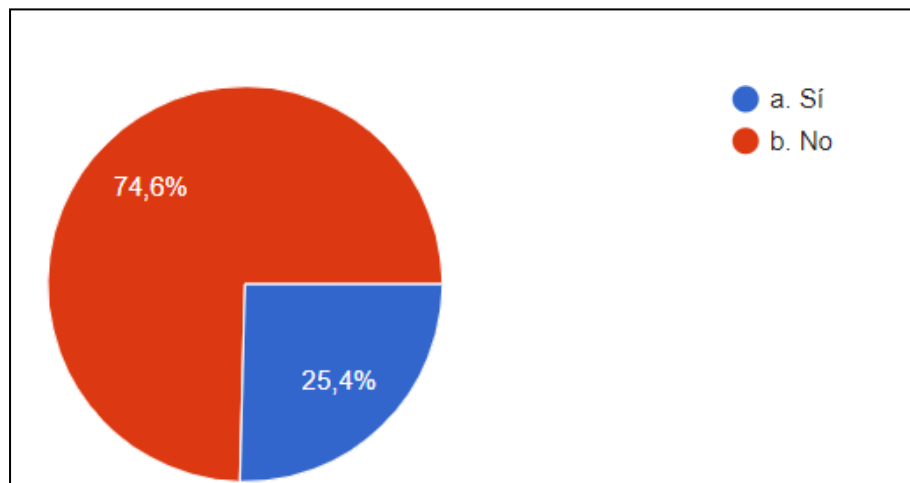
Figura 1.16. Servicio de agua



Fuente: El Autor.

El 74.6 % de la población indica que almacena el agua de alguna forma, mientras que un 25.4% no lo hace.

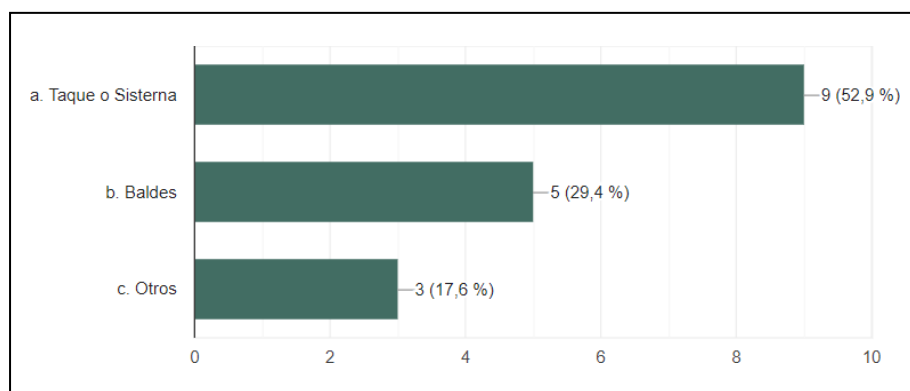
Figura 1.17. Almacena el agua



Fuente: El Autor.

El 52.9% de la población indica que almacena el agua en tanques o cisternas, el 29.4% lo hacen en baldes o tanques pequeños, mientras que el 17.6% utiliza otros métodos para almacenar agua.

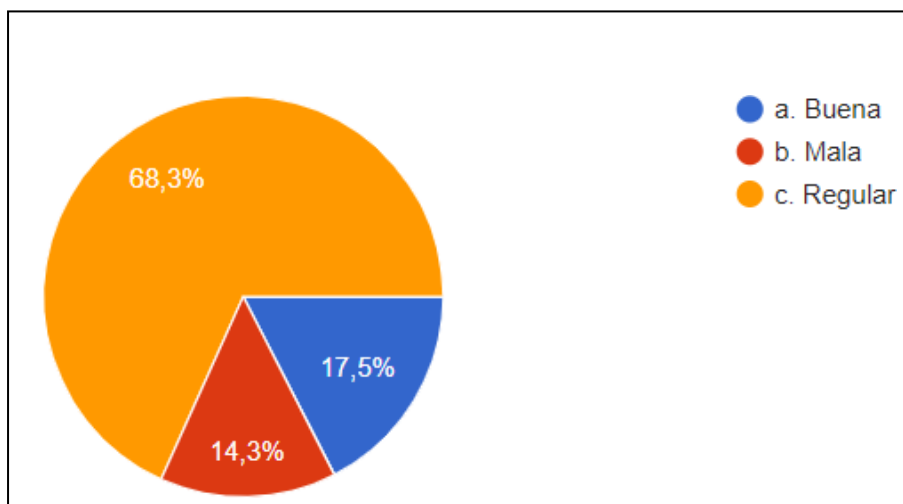
Figura 1.18. Tipo de almacenaje



Fuente: El Autor.

En cuanto a la calidad del agua el 68.3% de la población cree que recibe agua de calidad regular, el 14.3% siente que es mala, y el 17.5% la considera buena.

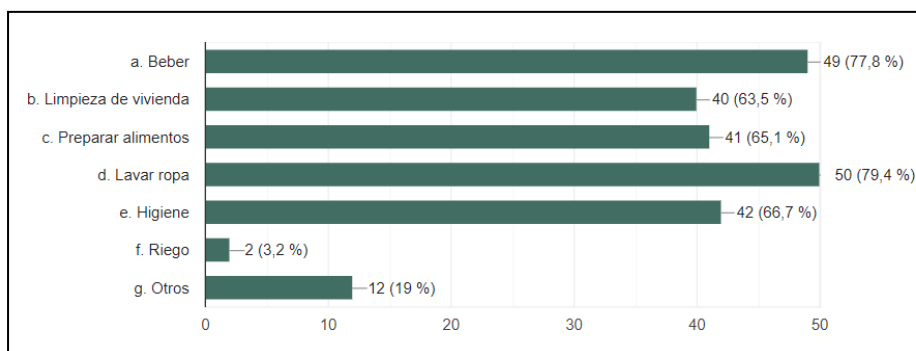
Figura 1.19. Calidad del agua



Fuente: El Autor.

En cuanto al uso que le dan al agua, es importante observar que aparte de los usos comunes para el consumo humano, existe un 3.2% que la utiliza para riego, y un 19% que la destina para otros usos.

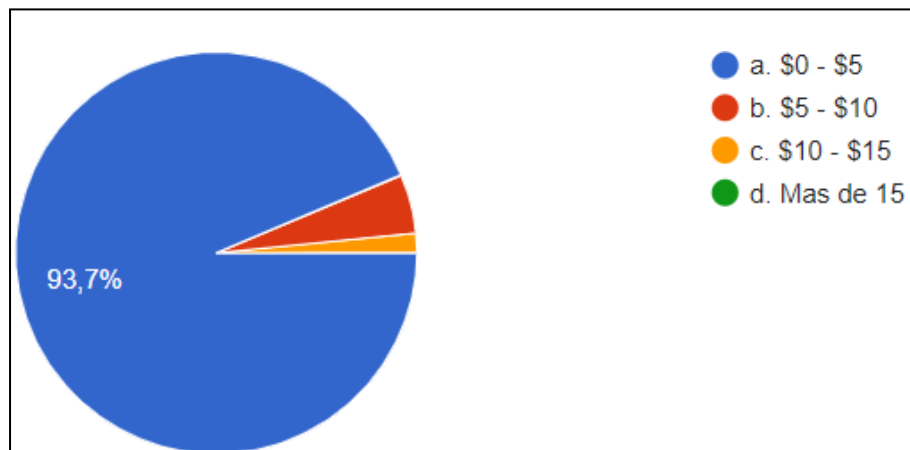
Figura 1.20. Uso del Agua



Fuente: El Autor.

En lo que se refiere a pagos por consumo de agua el 93.7% de la población paga un máximo de \$5 dólares mientras que un 6.3% llega a pagar hasta \$15 dólares por el uso y consumo de la misma

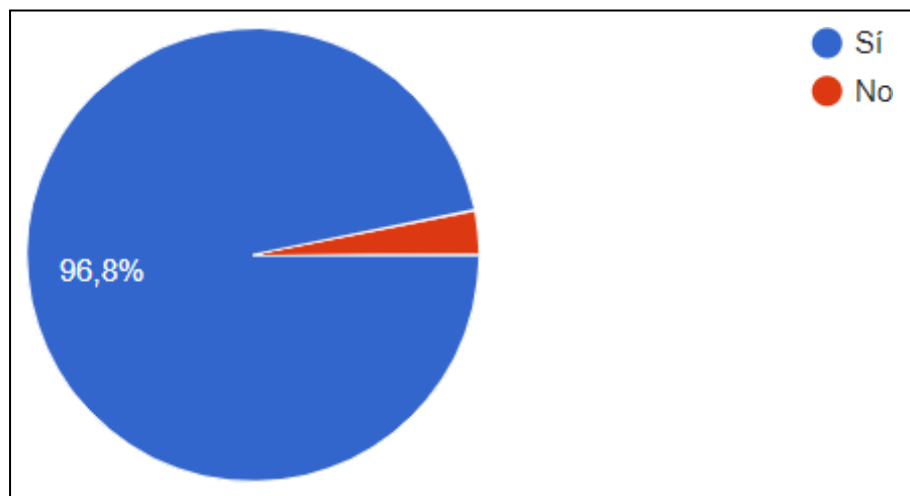
Figura 1.21. Pago por consumo de agua.



Fuente: El Autor.

Como ultima característica, el 96.8% de la población indicó que estaría dispuesta a pagar un poco más en su mensualidad por mejoras en el servicio.

Figura 1.22. población dispuesta a pagar por un mejor servicio



Fuente: El Autor.

1.4.2.2 Establecimientos Públicos

San Pedro: actualmente cuentan con una casa comunal y cancha donde realizan actividades sociales para el beneficio de la comunidad, y también cuentan con una capilla

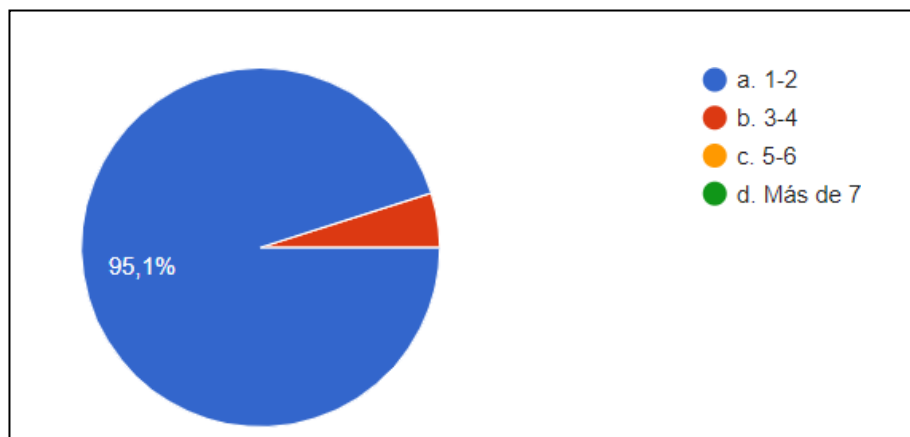
Santa Bárbara: en la comunidad existe una casa comunal, una capilla, un cementerio y una escuela que al momento no se encuentra en funcionamiento debido

a la poca demanda de alumnos. Los cuales se trasladaron a la escuela de la cabecera parroquial.

1.4.3 Características socioeconómicas.

En cuanto a las características socioeconómicas de las comunidades, en el 95.1% de los hogares, aportan con ingresos entre 1 y 2 personas.

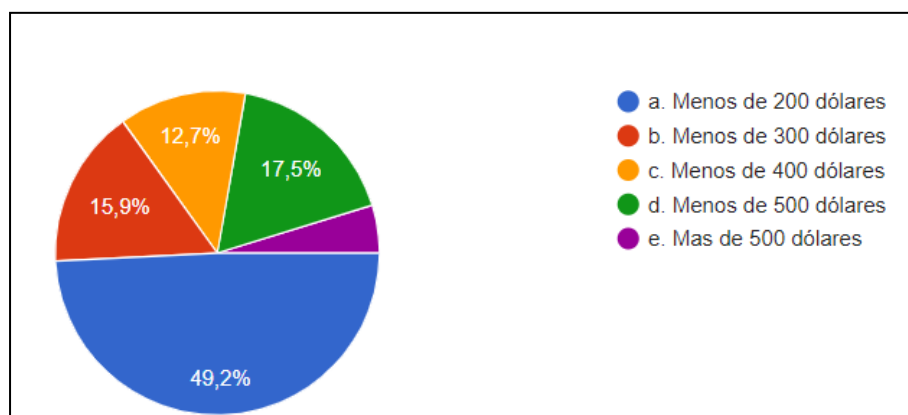
Figura 1.23. Personas que aportan ingresos al hogar



Fuente: El Autor.

El 49.2% de los hogares tiene ingresos mensuales por medios de \$200, el 17.5% tiene ingresos entre \$400 y \$500, el 15.9% genera ingresos entre \$200 y \$300, el 12.7% tiene ingresos entre \$300 y \$400, y tan solo un 4.7% de la población tiene ingresos superiores a los \$500

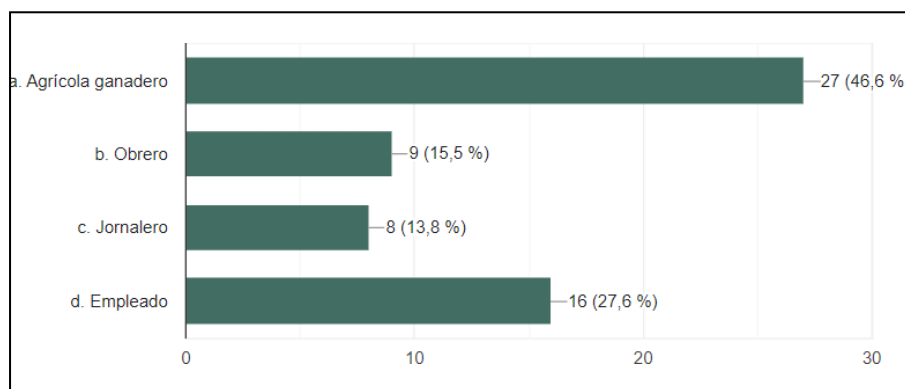
Figura 1.24. Ingreso familiar promedio



Fuente: El Autor.

La principal actividad económica de las comunas es la agricultura y la ganadería con un 46.6%, le sigue el empleo privado con un 27.6%, el trabajo como obrero de la construcción ocupa el tercer lugar con el 15.5% y por último el trabajo de jornalero recibe un 13.8%

Figura 1.25. Actividad económica



Fuente: El Autor.

1.5 Recopilación de la información hidráulica.

1.5.1 Calidad del agua de la fuente.

El estudio de la calidad del agua consiste en realizar un análisis físico – químico del agua que está siendo utilizada para consumo doméstico dentro de la comuna, este análisis permite cuantificar una serie de parámetros establecidos en la cuarta parte de la (Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural).

Tabla 1.1. Parámetros Físicos.

Parámetros I			
Parámetro	Unidad	Límite deseable	Límite máximo permisible
Turbiedad	NTU	5	20
Cloro residual	mg/l	0.5	0.3 - 1.0
Ph	U	7.0 - 8.5	6.5 - 9.5
Parámetros II			
Parámetro	Unidad	Límite deseable	Límite máximo permisible
Coliformes totales	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Color	Pt - Co	5	30
Olor		Ausencia	Ausencia
Sabor		Inobjetable	Inobjetable

Fuente: (SENAGUA, 2014).

Tabla 1.2. Parámetros Químicos.

Parámetros III			
Parámetro	Unidad	Límite deseable	Límite máximo permisible
Dureza total	mg/l	120	300
Sólidos totales disueltos	mg/l	500	1000
Hierro	mg/l	0.2	0.8
Manganeso	mg/l	0.05	0.3
Nitratos	mg/l	10	40
Sulfatos	mg/l	50	400
Flúor	mg/l	1.06 - 1.17	1.5

Fuente: (SENAGUA, 2014)

La (Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua LIBRO VI ANEXO 1) en su Art. 4.1.1.3. establece un valor de dureza (CaCO_3) no mayor a los 500 mg/l. (SENAGUA, 2017, pág. 14).

Tabla 1.3. Sustancias tóxicas - metales pesados.

Parámetros V			
Parámetro	Unidad	Límite deseable	Límite máximo permisible
Arsénico	mg/l	0	0.05
Plomo	mg/l	0	0.05
Mercurio	mg/l	0	0.00
Cromo hexavalente	mg/l	0	0.05
Cadmio	mg/l	0	0.005
Selenio	mg/l	0	0.01
Cianuro	mg/l	0	0.00
Cloroformo	mg/l	0	0.2

Fuente: (SENAGUA, 2014).

Los parámetros IV no son considerados, puesto que estos hacen referencia a la presencia de plaguicidas, la fuente de abastecimiento del sistema de agua se ubica en la parte alta de la comunidad de San Pedro sin presencia de cultivos que requieran la utilización de plaguicidas, por tal razón no es necesaria esta consideración.

1.5.2 Análisis de la calidad del agua: parámetros físico químicos.

El estudio se realizó en la ciudad de Cuenca, por el laboratorio de saneamiento de la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca – ETAPA EP en septiembre de 2022, las muestras de agua fueron tomadas en el sector de las dos fuentes de agua.

El análisis aplicado en la muestra indica que los parámetros analizados están dentro de los límites permitidos por normativa para aguas aptas para consumo doméstico.

Los resultados más relevantes para el estudio se encuentran expuestos en la siguiente tabla y han sido comparados con los valores deseables establecidos por norma, indicadas en las tablas anteriores

Tabla 1.4. Comparación de los resultados del análisis físico-químico de la fuente con los límites deseables por norma.

Ubicación: Captación			
Parámetro	Valor	Limite	Unidad
Color	27	5,00	Upt.co
Conductividad	175.90		uS/cm
Ph	6.55	7,00-8,00	U
Solidos suspendidos totales	0.00	-	mg/l
Solidos disueltos totales	200	500,00	mg/l
Turbiedad	0.331	5,00	NTU
Coliformes totales	1.8		NMP/100ml
Coliformes Termotolerantes	1.8	1,17	NMP/100ml

Elaborado por: El Autor

Tabla 1.5. Comparación de los resultados del análisis físico-químico de la fuente con los límites deseables por norma.

Ubicación: Tanque de Almacenamiento			
Parámetro	Valor	Limite	Unidad
Color	22	5,00	Upt.co
Conductividad	176.50		uS/cm
Ph	6.55	7,00-8,00	U
Solidos suspendidos totales	0.00	-	mg/l
Solidos disueltos totales	182	500,00	mg/l
Turbiedad	0.42	5,00	NTU
Coliformes totales	1.1		NMP/100ml
Coliformes Termotolerantes	1.1	1,17	NMP/100ml

Elaborado por: El Autor

El informe completo se encuentra desglosados en el Anexo B

1.5.3 Aforo en la captación.

El realizar aforos es esencial para rediseño de las obras hidráulicas, permite corroborar la existencia de caudal necesario para abastecer a la población, o evidenciar el déficit hídrico de la fuente.

Los dos sitios de interés para realizar aforamientos, de acuerdo a la configuración del sistema son: las fuentes de captación de agua, y el tanque de almacenamiento que abastece a las comunidades.

1.5.3.1 Método volumétrico.

Este método es práctico, consiste en tomar el tiempo que se demora en llenar un recipiente de dimensiones conocidas, posterior a esto con un cálculo matemático sencillo se determina el caudal como se muestra a continuación (Hidalgo, 2017):

$$Q = \frac{V}{t}$$

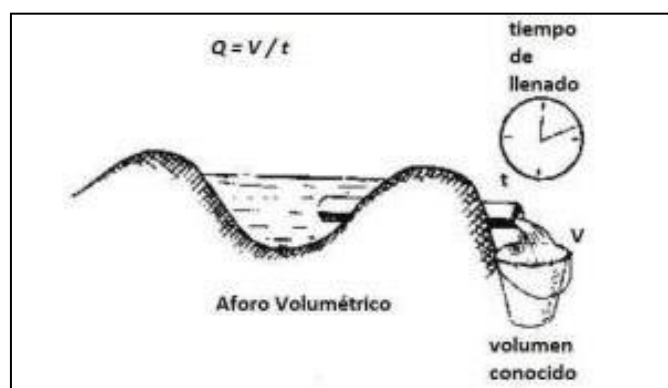
Donde:

Q: Caudal calculado (l/s).

V: Volumen del recipiente conocido (l).

t: Tiempo de llenado del recipiente (s).

Figura 1.26. Aforo volumétrico



Fuente: (Hidalgo, 2017, pág. 49).

Las herramientas utilizadas para el aforo volumétrico son las siguientes: cronómetro, flexómetro, libreta de apuntes, balde de 10 lts.

El caudal fue aforado en diferentes horas del mismo día. Se determinó un caudal promedio a partir de 6 tomas de muestra para tener información confiable que minimice el error humano entre cada medición, el caudal promedio, máximo y mínimo obtenido en cada captación de agua se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.6. Resumen del aforo de caudales.

No. prueba	Captación 1				Captación 2			
	Volumen (l)	Tiempo (s)	Tiempo promedio (s)	Caudal (l/s)	Volumen (l)	Tiempo (s)	Tiempo promedio (s)	Caudal (l/s)
1	10	48.53	43.55	0.23	10	29.11	27.98	0.36
2	10	44.22			10	29.14		
3	10	42.82			10	28.19		
4	10	42.27			10	27.21		
5	10	41.98			10	27.07		
6	10	41.45			10	27.15		

Fuente: El Autor.

Para realizar el aforo dentro del tanque se ha utilizado la siguiente metodología:

- Cerrar el paso del agua desde las captaciones al tanque de almacenamiento
- Medir el nivel del agua en el instante que se ha cerrado el paso de agua
- Realizar mediciones cada hora durante al menos 12 horas del día
- Verificar el nivel del agua en el tanque en cada una de las mediciones.

El registro fotográfico del aforo se ubica en el Anexo C

CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE AGUA.

2.1 Infraestructura Existente

2.1.1 Captación

El sistema de agua de las comunas de San Pedro y Santa Bárbara inicia con la captación de agua que se realiza en dos puntos, de estos ojos de agua, se transporta el agua cruda a través de tubería de tipo PVC con diámetro de 3". EL agua cruda tiene como destino el tanque sedimentador.

Las captaciones se encuentran a una corta distancia del tanque sedimentador (imagen a), estando la primera (imagen b) en óptimas condiciones, pues tiene un pequeño tanque de hormigón cubierto con una tapa metálica, la imagen (c) muestra el estado de la segunda captación la cual no ha tenido el cuidado y mantenimiento adecuado

Figura 2.1. Captaciones del proyecto.



(a)

(b)

(c)

Fuente: El Autor.

2.1.2 Tanque Sedimentador

El tanque sedimentador cuenta con dos tuberías de PVC diámetro de 50mm las cuales reciben el caudal de cada una de las fuentes, el trabajo dentro del tanque es sencillo pues se dedica a limpiar de partículas y sólidos flotantes al agua, es decir realiza un primer tratamiento físico.

Figura 2.2. Tanque Sedimentador



Fuente: El Autor.

2.1.3 Tanque de Almacenamiento

El tanque de almacenamiento es de tipo semienterrado está construido con hormigón armado se encuentra protegido del ingreso de personas no deseadas por una malla metálica, la capacidad del tanque es de 12m³.

Figura 2.3. Tanque de Almacenamiento



Fuente: El Autor.

2.1.4 Redes de distribución

La red de distribución está compuesta de dos subredes de tipo abiertas, que van desde el tanque de almacenamiento al punto de servicio más lejano

La primera línea principal parte hacia la comunidad de San Pedro tiene aproximadamente 544.85 metros de longitud hasta llegar a una Y en donde se divide en dos sub ramales que continúan el primero con aproximadamente 245.85 metros y el segundo con 284.50 metros.

La segunda línea principal parte hacia la comunidad de Santa Bárbara hasta su punto más lejano con una longitud de 877.64 metros de longitud, el ramal más importante de esta red tiene una longitud de 199.91 metros.

Figura 2.4. Red de Distribución



Fuente: El Autor.

2.1.5 Vida útil de un sistema.

El sistema de agua fue construido hace 42 años, en el año 1980. De acuerdo con la (Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural) el periodo de diseño establecido para obras que contemplan sistemas de agua es de 20 años Por lo que el sistema ya cumplió su vida útil.

2.1.6 Calidad de materiales.

Muros y losas del tanque de almacenamiento es el hormigón armado, posee una tapa metálica en el punto de ingreso al tanque y una escalera metálica empotrada, además para evitar el ingreso de personas se ha construido una malla de protección en el perímetro de este.

Las líneas principales de la red de agua son de tubería PVC con sus debidos accesorios, la cual sí es adecuada para el transporte de agua de uso doméstico.

El tanque de sedimentación es de hormigón podría no superar los 210 kg/cm², en el mismo se ha podido observar la presencia de moho y humedades, indicadores que no se utilizaron aditivos para proteger las estructuras frente a los ataques de la humedad.

2.1.7 Mantenimiento preventivo y correctivo.

Durante el periodo de funcionamiento del sistema no se han realizado mantenimientos preventivos a las estructuras, lo que se ha realizado es la limpieza del tanque de almacenamiento de forma esporádica y sin seguir un manual o frecuencia recomendada para hacerlo.

A lo largo de los años se han realizado varios mantenimientos correctivos para cambiar llaves y tuberías, en distintos tramos de la red.

2.2 Análisis Hidráulico de la red abierta actual.

2.2.1 Criterios de Análisis de la Red

Para el análisis del sistema actual se debe partir con la topografía y el catastro actual de la red de distribución, es decir: la ubicación, cota y demandas de los nodos, las tuberías con sus diámetros internos, longitud y coeficiente de Hazen-Williams.

También es importante conocer los datos demográficos de la población y la dotación que ellos utilizan a partir lo indicado en normas locales y nacionales

2.2.2 Población del proyecto

Se ha considerado la proyección hecha al 2020 por él (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019), donde se establece una población de 163 habitantes para San Pedro y 325 habitantes para Santa Bárbara, dando un total de 488 habitantes.

2.2.2.1 Dotación actual

La dotación se obtiene de la suma total del consumo de agua designada para uso doméstico y uso público; con un nivel de servicio de IIB por norma de la (SENAGUA, 2014), tomando el criterio que se tiene conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa la dotación por consumo doméstico es de 75 lts/hab/día.

El caudal de uso público se encuentra desglosado en la tabla 3.3, el cual indica un valor de 6.3 lts/hab/día.

$$D_{dom} + D_{pub} = D_{T1}$$

$$D_{Ta} = (75.00 + 6.30) \text{ l/hab./día}$$

$$D_{Ta} = 81.30 \text{ l/hab./día}$$

2.2.3 Caudal de diseño

Es el consumo medio diario que realizan los habitantes de una población durante un año. Para realizar el cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_m = f * \frac{Pa * D}{86400}$$

Donde:

Qm: caudal medio (l/s).

f: factor de fugas.

Pa: población actual (hab.).

D: dotación futura (l/habitante/día).

El factor de fugas adoptado de la Tabla 3.5 corresponde al valor del 20%, para un nivel de servicio IIb (SENAGUA, 2014).

$$Q_m = 1,2 * \frac{(81.30 \frac{l}{hab * día} * 488hab)}{86400 s}$$

$$Q_m = 0.551 \text{ l/s}$$

El consumo máximo diario (QMD) se obtiene de la siguiente ecuación obtenida de la (SENAGUA, 2014):

$$Q_{md} = 1.25 * 0.551 \text{ l/s} = 0.689 \text{ l/s}$$

El consumo máximo horario (QMH) se obtiene de la siguiente ecuación obtenida de la (SENAGUA, 2014):

$$Q_{MH} = K_{MH} * Q_m$$

Donde:

QMH: caudal máximo diario (l/s).

KMH: factor de mayoración máximo diarios.

Qm: caudal medio (l/s).

$$Q_{MH} = 3 * 0.551 \text{ l/s}$$

$$Q_{MH} = 1.653 \text{ l/s}$$

El consumo máximo horario (QMH) actual de la población es de 1.653 l/s.

Considerando la población actual y el consumo máximo horario se obtiene un caudal unitario de 0.00338 lts/hab.

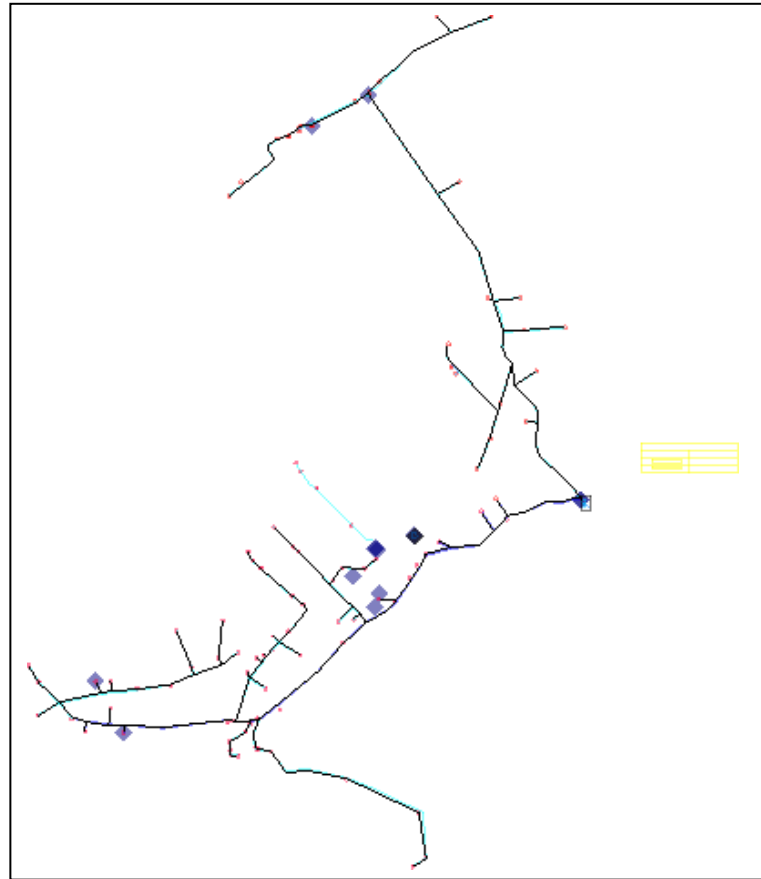
2.2.4 Diámetros de la tubería

La red utiliza dos diámetros en sus ramales principales, la red que parte hacia la comunidad de Santa Bárbara utiliza tubería de 32mm, al contrario, la tubería que suministra agua hacia la comunidad de San Pedro es de 63mm, pero más adelante en sus ramales secundarios esta cambia a tubería de 32mm.

2.2.5 Diagnostico hidráulico

Para el análisis del sistema actual se ha utilizado un modelado estático el uso del Software WaterCad, para lo que se ha modelado el trazado actual de la red como se indica en la figura 2.5.

Figura 2.5. Trazado actual de la red



Fuente: El Autor.

La tabla 2.1 indica el resultado del análisis hidráulico de la red actual, donde se indican los diámetros, material y caudal de diseño, así como la velocidad y el gradiente hidráulico en la red.

Tabla 2.1. Datos hidráulicos del sistema actual

FlexTable: Pipe Table								
Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
T-128	21	N-122	N-123	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-127	30	N-121	N-122	31.8	PVC	150	0.04	0.05
T-126	20	N-120	N-121	31.8	PVC	150	0.06	0.07
T-125	7	N-116	N-120	31.8	PVC	150	0.07	0.09
T-124	34	N-118	N-119	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-123	10	N-117	N-118	31.8	PVC	150	0.03	0.04
T-122	61	N-116	N-117	31.8	PVC	150	0.05	0.06
T-121	43	N-114	N-116	31.8	PVC	150	0.12	0.15
T-120	25	N-114	N-115	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-119	12	N-112	N-114	31.8	PVC	150	0.14	0.18
T-118	11	N-112	N-113	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-117	15	N-51	N-112	31.8	PVC	150	0.16	0.20
T-116	21	N-110	N-111	31.8	PVC	150	0.01	0.02
T-115	62	N-109	N-110	31.8	PVC	150	0.03	0.04
T-114	105	N-108	N-109	31.8	PVC	150	0.05	0.06
T-113	120	N-107	N-108	31.8	PVC	150	0.06	0.08
T-112	16	N-106	N-107	31.8	PVC	150	0.08	0.10
T-111	5	N-105	N-106	31.8	PVC	150	0.10	0.12
T-110	40	N-54	N-105	31.8	PVC	150	0.11	0.14
T-109	9	N-103	N-104	31.8	PVC	150	0.02	0.02

Bueno Apolo – Ordóñez Abrigo

T-108	7	N-102	N-103	31.8	PVC	150	0.04	0.05
T-107	11	N-101	N-102	31.8	PVC	150	0.06	0.07
T-106	26	N-100	N-101	31.8	PVC	150	0.08	0.09
T-105	17	N-55	N-100	31.8	PVC	150	0.09	0.12
T-104	14	N-98	N-99	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-103	13	N-97	N-98	31.8	PVC	150	0.03	0.04
T-102	5	N-96	N-97	31.8	PVC	150	0.05	0.07
T-101	53	N-95	N-96	31.8	PVC	150	0.07	0.09
T-100	18	N-94	N-95	31.8	PVC	150	0.09	0.11
T-99	49	N-93	N-94	31.8	PVC	150	0.11	0.14
T-98	18	N-90	N-93	31.8	PVC	150	0.13	0.16
T-97	33	N-90	N-92	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-96	12	N-90	N-91	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-95	14	N-89	N-90	31.8	PVC	150	0.16	0.20
T-94	11	N-87	N-89	31.8	PVC	150	0.18	0.23
T-93	5	N-87	N-88	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-92	10	N-85	N-87	31.8	PVC	150	0.20	0.25
T-91	10	N-85	N-86	31.8	PVC	150	0.01	0.02
T-90	27	N-82	N-85	31.8	PVC	150	0.21	0.27
T-89	24	N-82	N-84	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-88	8	N-82	N-83	31.8	PVC	150	0.01	0.02
T-86	28	N-78	N-81	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-85	49	N-79	N-80	31.8	PVC	150	0.02	0.03
T-84	11	N-78	N-79	31.8	PVC	150	0.04	0.05
T-83	39	N-75	N-78	31.8	PVC	150	0.04	0.05
T-82	52	N-76	N-77	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-81	10	N-75	N-76	31.8	PVC	150	0.03	0.04
T-80	34	N-74	N-75	31.8	PVC	150	0.07	0.09
T-79	44	N-73	N-74	31.8	PVC	150	0.09	0.11
T-78	34	N-71	N-73	31.8	PVC	150	0.09	0.11
T-77	14	N-71	N-72	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-76	13	N-69	N-71	31.8	PVC	150	0.11	0.13
T-75	18	N-69	N-70	31.8	PVC	150	0.02	0.03
T-74	58	N-65	N-69	31.8	PVC	150	0.14	0.18
T-73	26	N-67	N-68	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-72	37	N-65	N-67	31.8	PVC	150	0.01	0.02
T-71	34	N-65	N-66	63.5	PVC	150	0.00	0.00
T-70	26	N-64	N-65	63.5	PVC	150	0.17	0.05
T-69	19	N-62	N-64	63.5	PVC	150	0.17	0.05
T-68	14	N-62	N-63	63.5	PVC	150	0.01	0.00
T-67	31	N-60	N-62	63.5	PVC	150	0.21	0.07
T-66	23	N-60	N-61	63.5	PVC	150	0.02	0.01
T-65	20	N-58	N-60	63.5	PVC	150	0.25	0.08
T-64	10	N-58	N-59	63.5	PVC	150	0.00	0.00
T-63	139	N-57	N-58	63.5	PVC	150	0.27	0.08
T-62	11	N-56	N-57	63.5	PVC	150	0.27	0.08
T-61	21	N-55	N-56	63.5	PVC	150	0.52	0.17
T-60	11	N-54	N-55	63.5	PVC	150	0.63	0.20
T-59	31	N-53	N-54	63.5	PVC	150	0.76	0.24
T-58	120	N-52	N-53	63.5	PVC	150	0.78	0.25
T-57	41	N-51	N-52	63.5	PVC	150	0.79	0.25
T-47	31	N-42	N-43	63.5	PVC	150	0.00	0.00
T-54	24	N-49	N-50	63.5	PVC	150	0.00	0.00
T-49	17	N-44	N-45	63.5	PVC	150	0.02	0.01
T-45	27	N-40	N-41	63.5	PVC	150	0.00	0.00
T-43	27	N-38	N-39	31.8	PVC	150	0.01	0.02
T-42	11	N-37	N-38	31.8	PVC	150	0.03	0.04
T-41	75	N-34	N-37	31.8	PVC	150	0.04	0.06
T-40	44	N-35	N-36	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-39	38	N-34	N-35	31.8	PVC	150	0.01	0.02
T-38	13	N-33	N-34	31.8	PVC	150	0.07	0.09
T-37	53	N-6	N-33	31.8	PVC	150	0.10	0.12
T-36	23	N-31	N-32	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-35	91	N-30	N-31	31.8	PVC	150	0.01	0.02
T-34	13	N-29	N-30	31.8	PVC	150	0.03	0.04
T-33	4	N-28	N-29	31.8	PVC	150	0.04	0.06
T-32	13	N-27	N-28	31.8	PVC	150	0.06	0.08
T-31	2	N-26	N-27	31.8	PVC	150	0.09	0.11
T-30	3	N-25	N-26	31.8	PVC	150	0.10	0.13
T-29	3	N-24	N-25	31.8	PVC	150	0.12	0.15
T-28	11	N-23	N-24	31.8	PVC	150	0.14	0.18
T-27	4	N-22	N-23	31.8	PVC	150	0.16	0.20
T-26	61	N-21	N-22	31.8	PVC	150	0.18	0.22
T-25	4	N-20	N-21	31.8	PVC	150	0.20	0.25
T-24	19	N-15	N-20	31.8	PVC	150	0.21	0.27
T-23	58	N-17	N-19	31.8	PVC	150	0.01	0.02

T-22	29	N-17	N-18	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-21	116	N-16	N-17	31.8	PVC	150	0.05	0.06
T-20	23	N-15	N-16	31.8	PVC	150	0.05	0.06
T-18	33	N-13	N-14	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-16	9	N-10	N-12	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-15	36	N-10	N-11	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-13	56	N-8	N-9	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-12	26	N-7	N-8	31.8	PVC	150	0.02	0.02
T-9	36	N-4	N-5	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-7	16	N-2	N-3	31.8	PVC	150	0.00	0.00

Fuente: El Autor

De esta tabla se desprende que el sistema actual no está balanceado, teniendo 9 nodos a los que el caudal no llega los cuales se indican a continuación:

Tabla 2.2. Nodos sin caudal

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
T-86	28	N-78	N-81	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-77	14	N-71	N-72	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-73	26	N-67	N-68	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-71	34	N-65	N-66	63.5	PVC	150	0.00	0.00
T-64	10	N-58	N-59	63.5	PVC	150	0.00	0.00
T-47	31	N-42	N-43	63.5	PVC	150	0.00	0.00
T-54	24	N-49	N-50	63.5	PVC	150	0.00	0.00
T-45	27	N-40	N-41	63.5	PVC	150	0.00	0.00
T-40	44	N-35	N-36	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-36	23	N-31	N-32	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-16	9	N-10	N-12	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-13	56	N-8	N-9	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-9	36	N-4	N-5	31.8	PVC	150	0.00	0.00
T-7	16	N-2	N-3	31.8	PVC	150	0.00	0.00

Fuente: El Autor

También se observa que las velocidades están por debajo de la velocidad mínima permitida para sistemas de redes abiertas en zonas rurales de 0.45 m/s, según (SENAGUA, 2014) y por el valor mínimo de 0.3 m/s establecido por (ETAPA-EP, 2004)

La tabla 2.3 indica el estado de las presiones en el sistema actual comprobado a través del software WaterCad

Tabla 2.3. Presiones en la red actual

FlexTable: Junction Table									
Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
N-1	2,968.45	0.000	2,970.48	2.03	N-62	2,954.73	0.020	2,969.49	14.72
N-2	2,945.77	0.017	2,968.49	22.67	N-63	2,955.23	0.014	2,969.49	14.23
N-3	2,946.21	0.000	2,968.49	22.23	N-64	2,955.21	0.000	2,969.49	14.25
N-4	2,927.27	0.017	2,967.55	40.20	N-65	2,953.08	0.017	2,969.48	16.37
N-5	2,935.49	0.000	2,967.55	31.99	N-66	2,952.00	0.000	2,969.48	17.45
N-6	2,925.20	0.000	2,967.13	41.85	N-67	2,949.09	0.014	2,969.48	20.35
N-7	2,918.33	0.020	2,966.68	48.25	N-68	2,946.31	0.000	2,969.48	23.13
N-8	2,924.71	0.017	2,966.68	41.89	N-69	2,947.58	0.017	2,969.40	21.78
N-9	2,949.12	0.000	2,966.68	17.52	N-70	2,943.15	0.020	2,969.40	26.20
N-10	2,910.61	0.017	2,966.35	55.63	N-71	2,946.47	0.020	2,969.39	22.87
N-11	2,920.97	0.017	2,966.34	45.28	N-72	2,942.00	0.000	2,969.39	27.33
N-12	2,908.35	0.000	2,966.35	57.88	N-73	2,944.85	0.000	2,969.37	24.47
N-13	2,907.57	0.017	2,965.29	57.61	N-74	2,944.18	0.017	2,969.34	25.11

N-14	2,918.98	0.017	2,965.29	46.22	N-75	2,943.77	0.000	2,969.33	25.51
N-15	2,923.92	0.020	2,964.44	40.43	N-76	2,942.51	0.014	2,969.33	26.76
N-16	2,924.51	0.000	2,964.43	39.84	N-77	2,932.24	0.017	2,969.33	37.01
N-17	2,919.09	0.017	2,964.41	45.23	N-78	2,946.43	0.000	2,969.32	22.85
N-18	2,916.00	0.017	2,964.41	48.31	N-79	2,944.94	0.017	2,969.32	24.34
N-19	2,914.00	0.014	2,964.41	50.31	N-80	2,937.70	0.020	2,969.32	31.56
N-20	2,923.09	0.017	2,964.38	41.20	N-81	2,947.30	0.000	2,969.32	21.98
N-21	2,923.00	0.020	2,964.37	41.28	N-82	2,953.02	0.000	2,969.28	16.23
N-22	2,923.44	0.017	2,964.23	40.71	N-83	2,951.46	0.014	2,969.28	17.78
N-23	2,923.00	0.020	2,964.23	41.14	N-84	2,955.79	0.017	2,969.28	13.46
N-24	2,922.54	0.017	2,964.21	41.59	N-85	2,951.44	0.000	2,969.20	17.72
N-25	2,922.28	0.020	2,964.21	41.84	N-86	2,950.21	0.014	2,969.20	18.95
N-26	2,922.29	0.017	2,964.20	41.83	N-87	2,951.08	0.000	2,969.17	18.06
N-27	2,922.52	0.020	2,964.20	41.60	N-88	2,950.40	0.017	2,969.17	18.73
N-28	2,922.52	0.020	2,964.20	41.59	N-89	2,950.24	0.020	2,969.14	18.87
N-29	2,922.48	0.014	2,964.20	41.63	N-90	2,949.52	0.000	2,969.12	19.56
N-30	2,922.13	0.017	2,964.20	41.98	N-91	2,947.97	0.017	2,969.12	21.10
N-31	2,911.87	0.014	2,964.19	52.22	N-92	2,954.92	0.017	2,969.12	14.17
N-32	2,911.75	0.000	2,964.19	52.34	N-93	2,949.10	0.017	2,969.10	19.95
N-33	2,926.66	0.024	2,967.09	40.35	N-94	2,945.26	0.020	2,969.05	23.74
N-34	2,926.68	0.014	2,967.09	40.33	N-95	2,942.28	0.017	2,969.04	26.70
N-35	2,927.47	0.014	2,967.09	39.54	N-96	2,933.05	0.017	2,969.02	35.90
N-36	2,929.62	0.000	2,967.09	37.40	N-97	2,932.25	0.020	2,969.02	36.70
N-37	2,908.00	0.014	2,967.08	58.96	N-98	2,929.85	0.017	2,969.02	39.09
N-38	2,906.12	0.017	2,967.07	60.83	N-99	2,926.58	0.017	2,969.02	42.35
N-39	2,902.03	0.014	2,967.07	64.91	N-100	2,961.23	0.017	2,969.52	8.28
N-40	2,965.05	0.017	2,970.25	5.19	N-101	2,961.00	0.017	2,969.51	8.49
N-41	2,950.26	0.000	2,970.25	19.95	N-102	2,961.00	0.020	2,969.50	8.49
N-42	2,962.73	0.014	2,970.19	7.45	N-103	2,961.00	0.020	2,969.50	8.49
N-43	2,949.55	0.000	2,970.19	20.60	N-104	2,960.57	0.017	2,969.50	8.92
N-44	2,963.09	0.014	2,970.06	6.95	N-105	2,961.24	0.017	2,969.50	8.25
N-45	2,959.48	0.017	2,970.06	10.55	N-106	2,961.03	0.017	2,969.50	8.45
N-46	2,961.91	0.014	2,969.99	8.06	N-107	2,962.16	0.014	2,969.49	7.32
N-47	2,963.09	0.020	2,969.95	6.85	N-108	2,946.87	0.017	2,969.45	22.53
N-48	2,963.47	0.017	2,969.91	6.43	N-109	2,942.61	0.017	2,969.43	26.76
N-49	2,961.98	0.017	2,969.85	7.86	N-110	2,935.57	0.017	2,969.42	33.78
N-50	2,960.09	0.000	2,969.85	9.74	N-111	2,936.75	0.014	2,969.42	32.61
N-51	2,962.79	0.014	2,969.76	6.96	N-112	2,959.08	0.000	2,969.74	10.63
N-52	2,962.34	0.017	2,969.71	7.36	N-113	2,959.59	0.017	2,969.74	10.13
N-53	2,959.62	0.020	2,969.57	9.94	N-114	2,955.89	0.000	2,969.72	13.80
N-54	2,960.10	0.017	2,969.54	9.41	N-115	2,955.58	0.017	2,969.72	14.11
N-55	2,959.98	0.014	2,969.53	9.53	N-116	2,945.49	0.000	2,969.67	24.13
N-56	2,959.32	0.017	2,969.52	10.17	N-117	2,934.74	0.017	2,969.66	34.85
N-57	2,957.98	0.000	2,969.52	11.51	N-118	2,932.59	0.017	2,969.66	36.99
N-58	2,953.80	0.020	2,969.49	15.66	N-119	2,924.33	0.017	2,969.66	45.24
N-59	2,955.41	0.000	2,969.49	14.05	N-120	2,945.39	0.014	2,969.67	24.23
N-60	2,954.32	0.020	2,969.49	15.14	N-121	2,944.41	0.020	2,969.66	25.21
N-61	2,950.44	0.017	2,969.49	19.01	N-122	2,949.39	0.020	2,969.66	20.23
					N-123	2,945.67	0.017	2,969.66	23.94

Fuente: El Autor

Para comunidades pequeñas se admite una presión mínima de 10.00 m.c.a por norma y para comunidades rurales es factible admitir una presión mínima de 5.0 m.c.a, por criterio de (ETAPA-EP, 2004) a continuación se indican los nodos que no están dentro de ese rango de valores

Tabla 2.4. Nodos con presiones inferiores a las 5 m.c.a.

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
N-1	2,968.45	0.000	2,970.48	2.03
N-40	2,965.05	0.017	2,970.25	5.19

Fuente: El Autor

2.2.6 Conclusiones

Apoyándose en los resultados encontrados en la evaluación hidráulica del sistema de conducción y distribución, la red de distribución actual presenta problemas de presiones como se indica en la tabla 2.4.

Como se puede observar en el plano, parte de las tuberías de la red de distribución pasan por predios privados dificultando el mantenimiento de las tuberías.

La tubería actual no permite que el caudal llegue a los nodos indicados en la tabla 2.2. Además, se aprecia que, en velocidad, las tuberías están trabajando fuera del rango admitido mínimo de 0.3 m/s.

Ubicar las nuevas tuberías en las vías existentes para poder tener una mejor evaluación y poder dar mantenimiento de manera más accesible, con tuberías de diámetros recomendados por normativa nacional, para comprobar su correcto funcionamiento y que cumplan con los parámetros necesarios.

CAPÍTULO 3. REDISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA.

3.1 Análisis de alternativas de diseño.

3.1.1 Normativa a emplear.

Las normas que regulan el presente estudio, son aquellas que se encuentran en vigencia en el territorio nacional y por lo tanto son de aplicación obligatoria, entre ellas están:

- (Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua LIBRO VI ANEXO 1, 2017)
- (Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, 2014)
- (Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes, 2014)
- (NTE INEN 1108: 2011, 2011)
- (CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, 2004)

3.2 Parámetros de diseño.

3.2.1 Población.

La (Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural) en el numeral 4.2 recomienda utilizar el método geométrico para realizar el cálculo de población futura, la misma debe ser inferior a 1,25 % la población actual (SENAGUA, 2014).

Se ha considerado la proyección hecha al 2020 por él (PDOT GADPR SANTA ANA 2019-2023, 2019), donde se establece una población de 163 habitantes para San Pedro y 325 habitantes para Santa Bárbara, lo cual suma una población actual de 488 habitantes

3.2.2 Método geométrico

Este método supone que el crecimiento poblacional es constante siguiendo una forma geométrica. La población futura se calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

Pf: población futura (hab.).

Pa: población actual (hab.).

r: tasa de crecimiento geométrico de la población (%).

n: periodo de diseño (años).

Cuando existe carencia de información para determinar la tasa de crecimiento geométrico del proyecto en la tabla 5.1, la norma (Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, 2014) recomienda una tasa de crecimiento poblacional del 1% para la Sierra.

Tabla 3.1. Población de Diseño

Año	Población	Tiempo transcurrido
2022	488	0 años
2032	539	10 años
2042	608	20 años

Fuente: El Autor.

3.2.3 Periodo de diseño.

Según la (Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural) el periodo de diseño establecido para obras que contemplan sistemas de agua es igual a 20 años.

3.2.4 Dotación.

El consumo de agua que exige una población en un periodo determinado, esta expresada en litro/unidad/día o términos relacionados, dependiendo su unidad del uso que se destina al agua, en el caso de las comunas de San Pedro y Santa Bárbara también disponen de infraestructura adicional que debe ser considerada en la dotación final del proyecto.

3.2.4.1 Niveles de servicio.

Los niveles de servicio en el sector rural establecidos por la (SENAGUA, 2014), son una guía para poder determinar la dotación de la población a la que se va a dotar del servicio de agua.

Tabla 3.2. Niveles de Servicio para el sector rural

Nivel	Sistema	Descripción
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
Ia	EE	
	AP	Grifos públicos
Ib	EE	Letrinas sin arrastre de agua
	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
IIa	EE	Letrinas sin arrastre de agua
	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
IIb	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario

Simbología utilizada: AP: Agua potable
 EE: Eliminación de excretas
 ERL: Eliminación de residuos líquidos

Fuente: (SENAGUA, 2014)

Tanto la de San Pedro y Santa Bárbara se encuentran dentro de un nivel de servicio IIb ya que poseen conexiones domiciliarias con uno o más de un grifo por casa, pero no todos cuentan con sistema de alcantarillado sanitario.

3.2.4.2 Uso doméstico

Por esta razón de acuerdo con la tabla 5.3 de la (Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, 2014) para un clima frío la dotación será de 75 l/hab/día.

3.2.4.3 Uso público

San Pedro: actualmente cuentan con una casa comunal y cancha donde realizan actividades sociales para el beneficio de la comunidad, y también cuentan con una capilla.

Santa Bárbara: en la comunidad existe una casa comunal, una capilla, un cementerio y una escuela que al momento no se encuentra en funcionamiento debido a la poca demanda de alumnos. Los cuales se trasladaron a la escuela de la cabecera parroquial.

Debido al caso de no contar con datos disponibles del consumo de agua para uso público, se adoptó el 1.5% del consumo medio diario doméstico para el consumo

de espacios públicos, con la excepción de la escuela en la que se consideró una dotación de 20 l/alumno/jornada (RAS, 2010, págs. 23,34).

Tabla 3.3. Uso público.

Consumo	Cantidad	Dotación (l/hab. /día)
Escuela de Educación Básica	1	0.90
Cementerio	1	0.90
Casa comunal	2	1.80
Canchas para deportes	1	0.90
Capilla	2	1.80
TOTAL (Dpub)		6.30

Elaborado por: El Autor.

3.2.4.4 Dotación de Diseño

La dotación de diseño se obtiene de la suma total del consumo de agua designada para uso doméstico y uso público.

$$D_{dom} + D_{pub} = D_{T1}$$

$$D_{T1} = (75.00 + 6.30) \text{ l/hab./día}$$

$$D_{T1} = \mathbf{81.30 \text{ l/hab./día}}$$

3.2.5 Caudales de diseño.

El caudal de diseño presenta variaciones para cada componente del sistema, en la (Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural), se indica el caudal de diseño utilizado para los componentes de un sistema de agua de uso doméstico.

Tabla 3.4. Caudal de diseño para los componentes de un sistema de agua.

Componente	Caudal
Tanque de almacenamiento	Máximo diario + 10 %
Red de Distribución	Máximo horario + Incendios

Fuente: (SENAGUA, 2014).

3.2.5.1 Caudal Medio

El caudal medio es el consumo medio diario que realizan los habitantes de una población durante un año. Para realizar el cálculo se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_m = f * \frac{pf * D}{86400}$$

Donde:

Q_m : caudal medio (l/s).

f : factor de fugas.

P_f : población futura (hab.).

D : dotación futura (l/habitante/día).

La norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, en la tabla 5.4, establece el porcentaje de fugas correspondiente para el nivel de servicio adoptado (SENAGUA, 2014).

Tabla 3.5. Porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua.

Nivel de servicio	Porcentaje de fugas
la y lb	10%
IIa y IIb	20%

Fuente: (SENAGUA, 2014)

El factor de fugas adoptado de la Tabla 13 corresponde al valor del 20%, para un nivel de servicio IIb (SENAGUA, 2014).

$$Q_m = 1.2 * \frac{(81.30 \frac{l}{hab * día} * 608hab)}{86400 s}$$

$$Q_m = 0.686 l/s$$

3.2.5.2 Caudal máximo diario

Este caudal es el máximo valor registrado de una serie de datos, tomados durante todos los días del año. La ecuación empleada para determinar este caudal considera un factor de mayoración, asignado a eventos culturales o actividades realizadas por la población, que demanden mayor consumo de agua. (Romero & Duque, 2005, pág. 10)

$$Q_{MD} = K_{MD} * Q_m$$

Donde:

Q_{MD} : caudal máximo diario (l/s).

KMD: 1.25 factor de mayoración máximo diario (Dado por la (SENAGUA, 2014)

Q_m : caudal medio (l/s).

$$Q_{MD} = 1.25 * 0.686 \text{ l/s}$$

$$Q_{MD} = 0.858 \text{ l/s}$$

3.2.5.3 Caudal máximo horario

Este caudal es el máximo valor registrado de una serie de datos, tomados durante las 24 horas de un día. La ecuación empleada para determinar este caudal considera un factor de mayoración, asignado a eventos culturales o actividades realizadas por la población, que demanden mayor consumo de agua. (Romero & Duque, 2005, pág. 10)

$$Q_{MH} = K_{MH} * Q_m$$

Donde:

Q_{MH} : caudal máximo horario (l/s).

K_{MH} : 3 factor de mayoración máximo horario (Dado por la (SENAGUA, 2014)

Q_m : caudal medio (l/s).

$$Q_{MH} = 3 * 0.686 \text{ l/s}$$

$$Q_{MH} = 2.07 \text{ l/s}$$

3.3 Diseño de las Estructuras de Almacenamiento

3.3.1 Caudal de diseño.

El caudal de diseño para obras de captación considera un incremento del 10% del caudal máximo diario determinado para la población futura. (SENAGUA, 2014)

$$Q_{dis} = Q_{MD} + 10\%$$

$$Q_{dis} = 0.86 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 10\%$$

$$Q_{dis} = 0.95 \text{ l/s}$$

3.3.2 Volumen de regulación

Este volumen ajusta la demanda de la población de servicio y el caudal suministrado por la fuente, frente a imprevistos como daños en la línea de aducción, deslizamientos de tierra en el área de la captación.

La norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural; en el numeral 5.5 indica un valor máximo del 50% del caudal diseño que requiere la población futura como capacidad de almacenamiento. (SENAGUA, 2014)

$$V_{reg} = 50\% Q_{dis}$$

$$V_{reg} = 0.50 * 0.946 \text{ l/s}$$

$$V_{reg} = 0.473 \text{ l/s}$$

$$V_{reg} = 40.86 \approx 41 \text{ m}^3/\text{día}$$

El cálculo indica un volumen de 41.00 m³ necesarios para cubrir la demanda de los usuarios del sistema, se adopta un volumen de regulación de 41 m³/día para asegurar el caudal en épocas de sequía y considerar el volumen ocasionado por los posibles sedimentos.

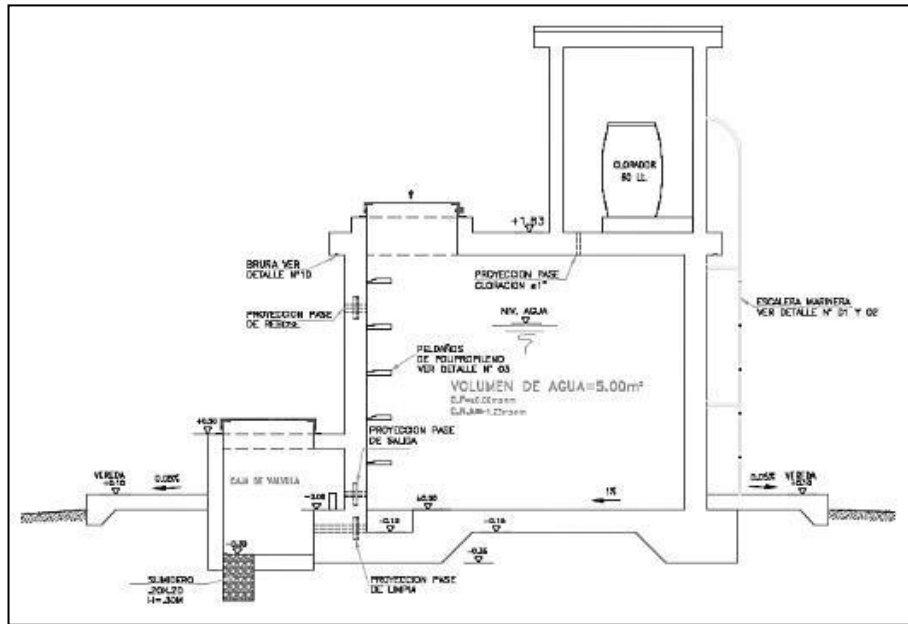
3.3.3 Volumen contra incendios

En el numeral 4.1.7.2 Volumen de protección contra incendios, las (Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes) indica que “Para poblaciones de hasta 3 000 habitantes futuros en la costa y 5 000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios” (2014).

3.3.3.1 Dimensionamiento hidráulico.

El tanque de almacenamiento debe ubicarse lo más próximo a la población y en una cota topográfica que garantice la presión mínima en el punto más desfavorable del sistema (VMCS, 2018).

Figura 3.1. Tanque de almacenamiento



Fuente: (VMCS, 2018, pág. 115)

La alternativa contemplada para el proyecto es un tanque enterrado hasta la corona de los muros de forma rectangular, este tipo de tanque resulta ser eficiente en su operación y mantenimiento respecto con el tanque elevado.

3.3.3.2 Profundidad del tanque.

La profundidad mínima recomendada por norma para el tanque es de 2,5 m (SENAGUA, 2014). El autor (López, 2003) propone determinar la profundidad del tanque con la siguiente ecuación:

$$H_c = \frac{V}{3} + k$$

Donde:

H_c: profundidad (m).

V: capacidad del tanque (cientos de m³).

k: constante en función de la capacidad.

Tabla 3.6. Constante de la capacidad del tanque de almacenamiento.

V (cientos de m3)	k
< 3	2
4 - 6	1.8
7 - 9	1.5
10 - 13	1.3
14 - 16	1
> 17	0.7

Fuente: (López, 2003, pág. 276)

En función de la capacidad requerida y la profundidad asumida del tanque, se determinó la base y longitud del mismo, mediante la siguiente ecuación:

$$B = L = \sqrt{\frac{V_{reg(a)}}{ha}}$$

Donde:

B: base del tanque (m)

L: longitud del tanque (m)

Vreg(a): volumen de regulación adoptado (m³).

Ha: profundidad adoptada del tanque (m).

3.3.3.3 Niveles de regulación.

Los niveles de regulación sirven para identificar escenarios: donde el tanque se encuentre totalmente lleno, es decir llega al nivel máximo y en el que el tanque se encuentra en el nivel mínimo para seguir entregando caudal a la red de distribución. El resultado se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 3.7. Dimensionamiento y niveles de regulación del tanque de almacenamiento.

Parámetros	Valor	Unidad
Base	3.5	m
Longitud	3.5	m
Profundidad adoptada	3.85	m
Profundidad de regulación	3.35	m
Borde libre	0.50	m
Profundidad mínima de servicio	1.50	m
Altura total del tanque	4.35	m

Elaborado por: El Autor.

3.3.4 Diseño estructural.

El diseño estructural del tanque de almacenamiento debe seguir el método de las secciones y siguiendo los lineamientos de la norma (ACI 350.3-01, 2007), se recomienda que el tanque sea semienterrado, siendo las fuerzas que actúan sobre los muros del tanque son: la carga muerta, la presión de tierras y la presión hidrostática, se utilizó las siguientes combinaciones de carga para analizar dos estados de carga sobre la captación.

$$U = 1,4(D + F)$$

$$U = 1,2(D + F) + 1,6(L + H)$$

Donde:

D: Carga muerta.

L: Carga viva.

F: Carga por fluidos.

H: Carga producida por el suelo.

3.4 Diseño de la red de distribución de agua

La red de distribución es el conjunto de tuberías que suministran el agua a las viviendas con la capacidad de abastecer la suficiente cantidad de agua, así como las presiones adecuadas para uso doméstico y de protección contra incendios.

El sistema de distribución se inicia desde el tanque de almacenamiento, y debe diseñarse para que el agua sea entregada a los usuarios de manera óptima, considerando simplicidad en el sistema. Para este proyecto se ha diseñado un sistema de red abierta, la cual está conformada por tuberías interconectadas formando ramales, pues este tipo de distribución es muy conveniente, en zonas rurales donde tenemos dispersión de la población.

3.4.1 Consideraciones del diseño

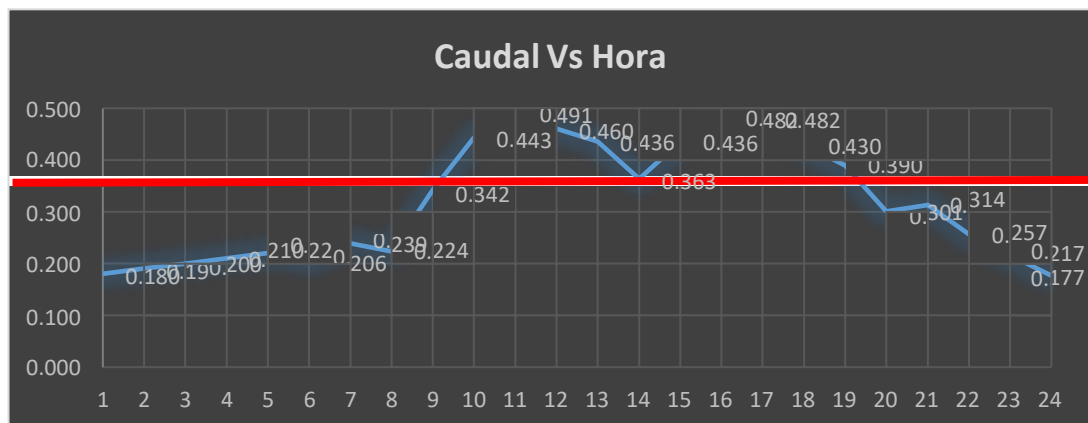
3.4.1.1 Caudal de diseño.

En el capítulo III se mencionó que el caudal de diseño para la red de distribución considera un incremento por el control contra incendios, el mismo que no se considera en poblaciones menores al mil habitantes (SENAGUA, 2014)

$$Q_{dis} = 2.07 \text{ l/s}$$

Con las mediciones de caudal hechas en el tanque de almacenamiento se pudo construir la curva de consumo de la población, la cual se muestra en la gráfica de CAUDAL VS HORA para determinar las horas de mayor y menor consumo de la población, arrojando esta una media de 0.377 l/s y un máximo de 0.491 l/s.

Figura 3.2. Curva de consumo horario de la red de abastecimiento.



Fuente: El Autor.

Al no poder obtener una mayor cantidad de datos para establecer esta curva, se optó por tomar un valor teórico de $K = 3$ y se mantiene el caudal de 2.07 l/s para el diseño de la red

3.4.1.2 Velocidades admisibles.

Según (López, 2003) “Por lo general se debe diseñar para velocidad que estén comprendidas entre 0.9 y 1.5 m/s. En zonas rurales se es más flexible y se puede diseñar con velocidades entre 0.45 y 2.5 m/s”. (SENAGUA, 2014)

Los criterios entregados por (ETAPA-EP) indican que la velocidad mínima en redes de distribución será de 0.3 m/s y con una velocidad máxima de 3.0 m/s. (2004)

3.4.1.3 Presiones admisibles.

Para las presiones en redes de distribución la presión estática máxima será de 50 m.c.a y presiones mínimas de 5 m.c.a. (ETAPA-EP, 2004)

Para comunidades pequeñas se admite una presión mínima de 10.00 m.c.a y para comunidades rurales es factible admitir una presión mínima de 8.0 m.c.a. Cuando el servicio se extiende a zonas con predios dispersos en localidades pequeñas. (Rodriguez, 2001)

En ninguno de estos casos el valor calculado sobrepasara la presión de trabajo de la tubería.

3.4.1.4 Diámetro y material de la tubería.

El diámetro nominal mínimo de los conductos de la red será de 19 mm (3/4").

Se utilizará tubería de PVC para la red principal y los ramales secundarios, esto por economía ya que este tipo de tubería es de bajo costo, además de que su instalación es mucho más rápida.

Para el análisis se ha seguido la tabla 2 de la norma (NTE INEN 2497 , 2015) donde indica los espesores mínimos de pared para cada tipo de diámetro.

Tabla 3.8. Espesores de pared y tolerancias para tubos de PVC, Cédula 80

Diámetro nominal externo del tubo DNE (mm)	Espesor de pared mm	
	Mínimo	Tolerancia
21,34	3,73	+ 0,51
26,67	3,91	+ 0,51
33,4	4,55	+ 0,53
42,16	4,85	+ 0,58
48,26	5,08	+ 0,61
60,32	5,54	+ 0,66
73,02	7,01	+ 0,84
88,9	7,62	+ 0,91
114,3	8,56	+ 1,02
141,3	9,52	+ 1,14
168,28	10,97	+ 1,32
219,08	12,7	+ 1,52

El mínimo es el menor espesor de pared del tubo en cualquier sección transversal. El espesor de pared máximo permitido, en cualquier sección transversal, es el mínimo espesor de pared más la tolerancia establecida. Las tolerancias son únicamente positivas

Fuente: (INEN, 2015)

Las tuberías utilizadas para el diseño son las siguientes:

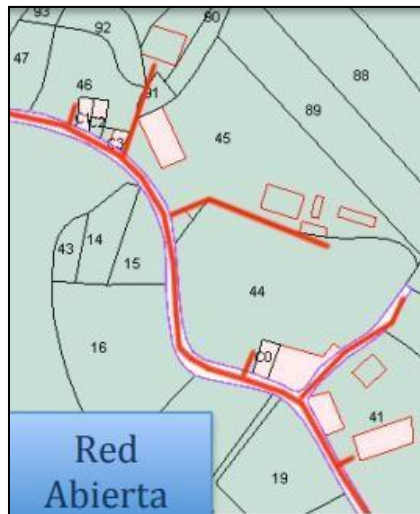
Tabla 3.9. Diámetro para el diseño del proyecto.

Diámetro Exterior (mm)	Espesor de pared (mm)	diámetro interno (mm)	Diámetro Comercial (mm)
21.34	3.73	17.61	20
26.67	3.91	22.76	25
33.4	4.55	28.85	32
42.16	4.85	37.31	40
48.26	5.08	43.18	50
60.32	5.54	54.78	60
73.02	7.01	66.01	75

Fuente: El autor.

3.4.1.5 Trazado y tipo de Red

La red al ser de tipo abierta que consiste de tubería principal que se instala en la zona de mayor consumo, disminuyendo de diámetro a medida que se aleja del tanque de regulación, de esta tubería parten otras de menor diámetro llamadas ramales o tuberías secundarias para completar la red, esta red tiene la forma de espina de pescado.

Figura 3.3. Esquema de una red abierta

Fuente: Álvarez V. (2003)

Para el trazado de la red se ha establecido seguir un patrón similar al implantado, moviendo las tuberías hacia los espacios destinados al tráfico vehicular o sitios de uso público.

Las tuberías principales se calcularán con el gasto acumulado que les corresponda a partir del gasto máximo horario. Este tipo de red tiene los inconvenientes que cuando se presenta una rotura en la tubería principal, se corre el

riesgo de tener que suspender el servicio en toda la población, de la misma manera que como el escurrimiento es prácticamente en una sola dirección, no hay oportunidad de sobrealimentar tramos que demanden mayor gasto además de tener en ocasiones un alto número de puntos muertos, sin embargo, su construcción resulta generalmente económica.

3.4.2 Cálculo de la Red Abierta

El cálculo de una red abierta radica en determinar por tramos, los diámetros de la tubería en función del caudal acumulado de cada tramo, la acumulación del caudal se inicia en el punto final hacia delante sumando los caudales de cada ramal o bien de cada toma existente anteriores que vienen alimentando uno a otro.

3.4.2.1 Caudal Unitario

El caudal unitario se obtiene dividiendo el caudal máximo horario para la población actual de las comunidades, es decir este valor es: 0.004242

$$Q = \frac{2.07 \text{ l/s}}{488 \text{ hab}} = 0.004242$$

3.4.2.2 Diámetro de la tubería

Despejando la ecuación de Hazen-Williams se puede determinar el diámetro que corresponde al valor mínimo que puede ser utilizado para el diseño de la línea de aducción. Este valor se compara con el diámetro comercial con el fin de identificar el diámetro óptimo.

$$D = \left(\frac{Q_{dis}}{0,2785 * C * J^{0,54}} \right)^{1/2,63}$$

Donde:

D: diámetro de la tubería (m).

Q_{dis}: caudal de diseño (m³/s).

C: coeficiente de Hazen Williams.

J: pérdida de carga unitaria (m/m).

3.4.2.3 *Velocidad*

La velocidad en la tubería se determina mediante la ecuación de continuidad, la velocidad de diseño será la que se obtenga con el caudal y la sección de la tubería comercial que mejor se adapte al sistema.

$$Q_{dis} = V * W$$

Donde:

V: velocidad (m/s).

Q_{dis}: caudal de diseño (m³/s).

W: sección de la tubería (m²).

3.4.2.4 *Perdida de carga*

3.4.2.4.1 *Perdida de carga unitaria.*

Es la presión que se pierde por cada metro de longitud; la carga hidráulica disponible es la diferencia de cotas y la pérdida de carga local originada en cada tramo.

$$H = \text{cota inicial} - \text{cota final} - h_f \text{ (m)}$$

$$J = \frac{H}{L}$$

Donde:

J: pérdida de carga unitaria (m/m).

H: carga hidráulica disponible (m).

L: longitud de la tubería (m).

Con los datos de velocidad y diámetro de diseño, se determina nuevamente las pérdidas de carga unitaria, despejando este parámetro de la ecuación de Hazen – Williams.

$$J = \left(\frac{Q_{dis}}{0,2785 * C * D^{2,63}} \right)^{1/0,54}$$

El valor acumulado de la pérdida unitaria es la pérdida de carga hidráulica para cada punto, al restar este valor de la cota inicial del proyecto se obtiene las cotas que conforman la línea piezométrica del sistema.

$$Cota\ piezométrica_i = Cota\ inicial_i - J_{i+1}$$

3.4.2.4.2 Pérdida de carga local.

Obedece las pérdidas que originan los accesorios colocados en cada tramo de tubería. Para determinar las pérdidas se utilizó las fórmulas dadas en el libro (Abastecimiento de agua para comunidades rurales, 2015, pág. 69;70). El mismo autor establece el valor que toma el coeficiente de pérdida para los diferentes accesorios.

$$h_L = K \frac{V^2}{2g} = \frac{8}{\pi^2 g} \frac{Q_{dis}^2}{D^4}$$

Donde:

h_L : pérdida de carga local (m/m).

K : coeficiente de pérdida.

V : velocidad (m/s).

g : fuerza de gravedad, se asumió el valor de 9.81 (m/s²).

Q_{dis} : caudal de diseño (m³/s).

D : diámetro de la tubería (m).

Para determinar las pérdidas originadas por el cambio de dirección, se utiliza la siguiente ecuación:

$$h_f = 0,25 \frac{V^2}{2g} \sqrt{\frac{\theta}{90}}$$

Donde:

h_f : pérdida de carga local (m/m).

θ : coeficiente de pérdida.

V : velocidad (m/s).

g : aceleración de la gravedad, se asumió el valor de 9.81 (m/s²).

Tabla 3.10. Coeficiente K para pérdidas menores en accesorios.

Accesorio	k	θ
Unión	0.3	
Válvulas de Compuerta tipo mariposa	5.0	
Pérdida de entrada	0.9	

Perdida de Salida	1.0	
Perdidas por codos 90°		90°
Perdidas por codos 45°		45°
Perdidas por codos 22.5°		22.50
Perdidas por codos 11.25°		11.25

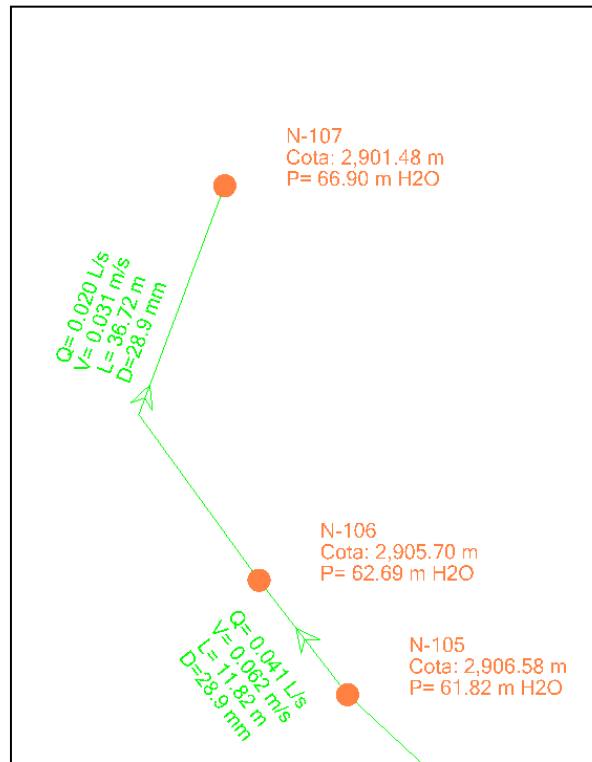
Fuente: (Morales, 2015).

Se calculó la pérdida de carga local para la red a fin de establecer un valor unitario que sea repartido en todo el sistema

3.4.2.5 Presión

La presión estática máxima se encuentra en el nodo N-107 con un valor de 66.90 mH2O, por lo que se calculó la sobrepresión máxima en este nodo

Figura 3.4. Presión antes de colocar la válvula reguladora de presión



Fuente: El Autor

$$P_{dis} = 1,1 * (66.90)$$

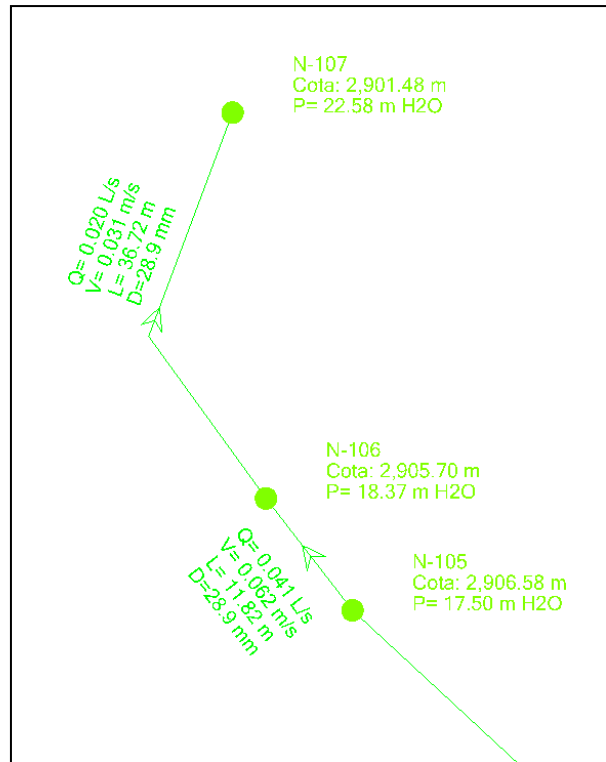
$$P_{dis} = 73.59 \text{ mH2O}$$

$$P_{dis} < P_{trabajo}$$

$$73.59 \text{ mH2O} < 80 \text{ mH2O OK}$$

La presión de trabajo para la tubería de 32mm es de 80 mH₂O, sin embargo, por normativa no se debe superar la presión de 50 a 60 mH₂O, por lo que entre el tramo del N-103 al N-107 se colocó una válvula reguladora de presión

Figura 3.5. Presión después de colocar la bomba



Fuente: el Autor

3.4.2.6 Modelado en WaterCad.

El diseño hidráulico se modeló en WaterCAD10 para observar el comportamiento de la red de distribución donde se realizó un chequeo de presiones y velocidades admisibles.

3.4.2.6.1 Escenario 1

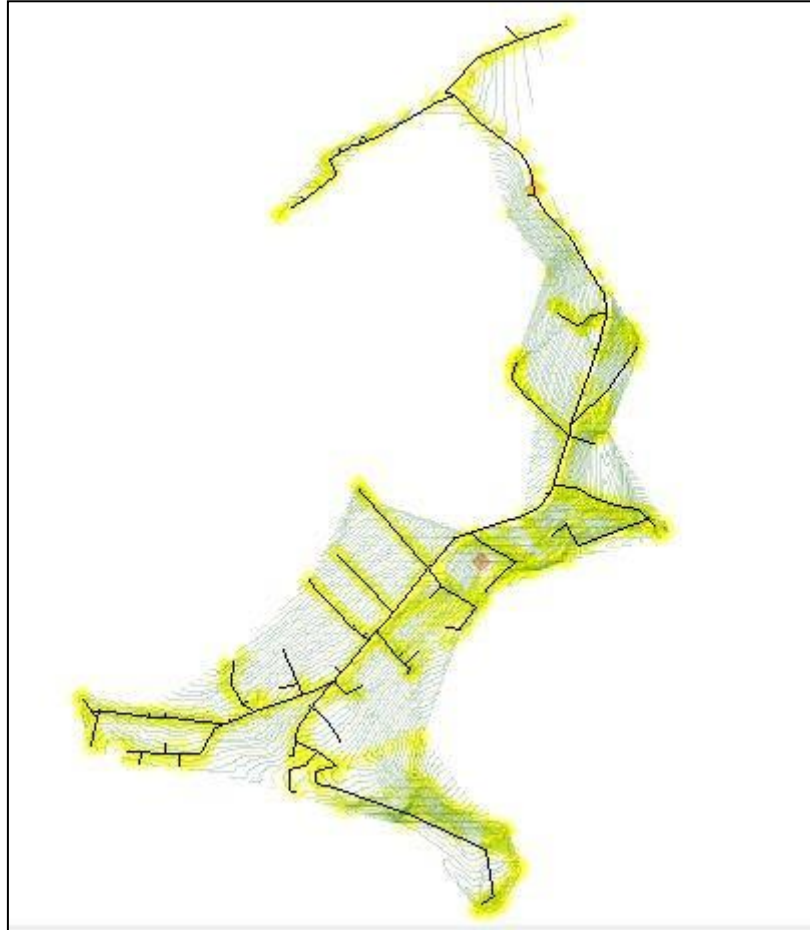
Este escenario realiza un análisis estático, el mismo que indica las condiciones ideales del modelo donde se puede determinar velocidades y presiones del sistema, en un funcionamiento normal.

3.4.2.6.2 Escenario 2

Este escenario muestra un análisis con una variación en el tiempo, construido a partir de la curva de consumo de la población actual, se puede analizar las presiones

y velocidades del sistema a lo largo del periodo estudiado de 24 horas pudiendo de esta forma observar si en alguna hora del día el sistema va a fallar u ocurrir un cambio brusco de presiones o velocidades, también es factible determinar si el volumen del tanque es suficiente para abastecer el sistema durante 24 horas

Figura 3.6. Red abierta en WaterCadV10



Fuente: El Autor.

3.4.2.7 Resultados del Modelamiento

3.4.2.7.1 Escenario 1

El escenario 1 es un escenario balanceado con velocidades entre 0.94 m/s y 0.014 m/s, y presiones entre 57.02 mH₂O y 5.02 mH₂O.

Para el diseño final se obtuvo diámetros de tubería entre 20 y 75 mm de diámetro comercial.

Tabla 3.11. Nodos de menor y mayor presión del sistema

Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
N-63	2,961.45	0.020	2,966.51	5.05
N-90	2,910.31	0.020	2,967.45	57.02

Fuente: Los Autores

A Continuación, se indican las tablas de diseño de todo el sistema:

Tabla 3.12 Resultados de presión y elevación del diseño

FlexTable: Junction Table				
Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
N-1	2,966.47	0.000	2,971.78	5.30
N-2	2,929.00	0.000	2,969.75	40.67
N-3	2,929.85	0.000	2,969.64	39.70
N-4	2,929.43	0.020	2,969.63	40.12
N-5	2,937.65	0.000	2,968.76	31.05
N-6	2,941.85	0.000	2,968.23	26.32
N-7	2,944.47	0.020	2,967.98	23.47
N-8	2,945.37	0.020	2,967.88	22.46
N-9	2,945.49	0.000	2,967.84	22.31
N-10	2,947.00	0.000	2,967.70	20.66
N-11	2,947.24	0.020	2,967.64	20.36
N-12	2,949.03	0.020	2,967.53	18.46
N-13	2,949.61	0.000	2,967.48	17.83
N-14	2,948.23	0.020	2,967.48	19.21
N-15	2,950.21	0.000	2,967.44	17.20
N-16	2,950.42	0.020	2,966.78	16.33
N-17	2,950.39	0.020	2,966.32	15.91
N-18	2,949.26	0.000	2,965.53	16.24
N-19	2,945.13	0.000	2,963.78	18.62
N-20	2,945.30	0.000	2,963.11	17.77
N-21	2,944.51	0.020	2,963.11	18.56
N-22	2,945.94	0.000	2,962.96	16.98
N-23	2,944.33	0.020	2,962.71	18.35
N-24	2,943.86	0.000	2,962.55	18.65
N-25	2,941.77	0.020	2,962.55	20.74
N-26	2,945.37	0.000	2,962.49	17.08
N-27	2,943.12	0.020	2,962.49	19.32
N-28	2,948.25	0.000	2,962.37	14.09
N-29	2,946.19	0.020	2,962.36	16.14
N-30	2,949.38	0.000	2,962.36	12.96
N-31	2,948.94	0.020	2,962.36	13.40
N-32	2,945.94	0.020	2,962.35	16.38
N-33	2,952.34	0.000	2,962.73	10.36
N-34	2,956.10	0.020	2,962.72	6.61
N-35	2,953.10	0.000	2,962.70	9.58
N-36	2,950.53	0.020	2,962.69	12.14
N-37	2,953.94	0.000	2,962.67	8.71
N-38	2,955.21	0.020	2,962.66	7.44
N-39	2,955.23	0.020	2,962.66	7.42
N-40	2,942.91	0.000	2,963.77	20.82
N-41	2,942.53	0.020	2,963.77	21.19
N-42	2,931.91	0.020	2,963.76	31.78
N-43	2,947.36	0.020	2,965.50	18.11
N-44	2,945.03	0.020	2,965.50	20.43
N-45	2,937.50	0.020	2,965.49	27.93
N-46	2,952.68	0.000	2,967.22	14.52
N-47	2,951.38	0.020	2,967.22	15.81
N-48	2,955.88	0.020	2,967.20	11.30
N-49	2,960.67	0.020	2,967.19	6.51
N-50	2,957.47	0.000	2,967.05	9.56
N-51	2,959.18	0.020	2,967.03	7.84
N-52	2,958.49	0.020	2,967.03	8.52
N-53	2,960.04	0.020	2,966.74	6.69

N-54	2,960.44	0.020	2,966.67	6.22
N-55	2,961.19	0.020	2,966.61	5.41
N-56	2,961.00	0.020	2,966.52	5.51
N-57	2,961.00	0.020	2,966.50	5.49
N-58	2,961.00	0.020	2,966.49	5.48
N-59	2,960.54	0.020	2,966.49	5.94
N-60	2,960.98	0.000	2,966.66	5.67
N-61	2,961.14	0.020	2,966.54	5.39
N-62	2,961.02	0.020	2,966.54	5.51
N-63	2,961.45	0.020	2,966.51	5.05
N-65	2,946.63	0.020	2,966.41	19.74
N-67	2,942.71	0.020	2,966.35	23.59
N-68	2,935.15	0.020	2,966.33	31.12
N-69	2,936.52	0.020	2,966.33	29.75
N-70	2,954.79	0.020	2,967.40	12.58
N-71	2,945.31	0.000	2,967.44	22.08
N-72	2,945.26	0.020	2,967.43	22.12
N-73	2,942.48	0.000	2,967.43	24.90
N-74	2,942.39	0.020	2,967.43	24.99
N-75	2,932.72	0.020	2,966.86	34.07
N-76	2,932.11	0.020	2,966.84	34.65
N-77	2,929.61	0.020	2,966.80	37.11
N-78	2,926.53	0.020	2,966.79	40.17
N-79	2,934.91	0.020	2,967.47	32.49
N-80	2,932.75	0.020	2,967.44	34.62
N-81	2,923.95	0.020	2,967.41	43.37
N-82	2,955.97	0.000	2,967.43	11.44
N-83	2,957.06	0.020	2,967.43	10.35
N-84	2,959.62	0.000	2,967.39	7.75
N-85	2,959.89	0.020	2,967.37	7.47
N-86	2,962.18	0.020	2,967.38	5.19
N-87	2,936.39	0.020	2,967.98	31.52
N-88	2,921.87	0.020	2,967.55	45.58
N-89	2,914.84	0.020	2,967.46	52.52
N-90	2,910.31	0.020	2,967.45	57.02
N-91	2,945.82	0.020	2,967.75	21.88
N-92	2,949.64	0.020	2,967.73	18.06
N-93	2,962.69	0.020	2,967.43	4.73
N-94	2,961.82	0.020	2,967.33	5.50
N-95	2,960.15	0.020	2,967.32	7.15
N-96	2,960.39	0.020	2,968.24	7.84
N-97	2,962.83	0.020	2,968.17	5.33
N-98	2,961.49	0.020	2,968.16	6.65
N-99	2,965.85	0.020	2,971.18	5.32
N-100	2,949.80	0.020	2,971.09	21.24
N-101	2,948.82	0.020	2,971.07	22.20
N-102	2,927.79	0.020	2,968.62	40.75
N-103	2,927.18	0.000	2,967.37	40.10
N-104	2,946.13	0.020	2,967.36	21.20
N-105	2,906.58	0.020	2,924.12	17.50
N-106	2,905.70	0.020	2,924.12	18.37
N-107	2,901.48	0.020	2,924.11	22.58
N-108	2,926.69	0.020	2,966.97	40.20
N-109	2,935.76	0.020	2,966.96	31.13
N-110	2,949.42	0.020	2,966.95	17.50
N-111	2,925.60	0.020	2,964.87	39.19
N-112	2,924.60	0.020	2,964.87	40.18
N-113	2,924.35	0.000	2,964.07	39.64
N-114	2,920.86	0.020	2,964.06	43.11
N-115	2,908.22	0.020	2,964.06	55.72
N-116	2,920.03	0.000	2,961.54	41.42
N-117	2,918.76	0.020	2,961.53	42.69
N-118	2,924.55	0.000	2,959.42	34.80
N-119	2,923.91	0.020	2,958.67	34.68
N-120	2,923.20	0.020	2,958.26	34.99
N-121	2,923.01	0.020	2,958.19	35.10
N-122	2,923.78	0.020	2,957.15	33.31
N-123	2,923.83	0.020	2,957.08	33.19
N-124	2,923.59	0.000	2,956.98	33.32
N-125	2,922.17	0.020	2,956.98	34.74
N-126	2,922.12	0.020	2,956.97	34.78
N-127	2,922.13	0.020	2,956.94	34.74
N-128	2,923.15	0.000	2,956.94	33.72
N-129	2,922.48	0.020	2,956.88	34.33
N-130	2,922.47	0.020	2,956.87	34.32
N-131	2,922.14	0.000	2,956.85	34.63

N-132	2,920.22	0.020	2,956.84	36.55
N-133	2,911.81	0.000	2,956.77	44.87
N-134	2,912.00	0.020	2,956.77	44.68
N-135	2,911.69	0.020	2,956.76	44.98
N-136	2,924.59	0.020	2,959.35	34.68
N-137	2,918.92	0.000	2,959.00	40.00
N-138	2,917.80	0.020	2,958.98	41.09
N-139	2,917.00	0.020	2,958.95	41.87

Fuente: Los Autores

Tabla 3.13. Resultados de velocidad, caudal en las tuberías.

Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
Tub-146	50.87	N-91	N-93	17.6	PVC	140.0	0.061	0.250	0.006
Tub-145	60.25	N-67	N-68	28.9	PVC	140.0	0.041	0.062	0.000
Tub-144	105.95	N-65	N-67	28.9	PVC	140.0	0.061	0.093	0.001
Tub-143	107.50	N-63	N-65	28.9	PVC	140.0	0.081	0.124	0.001
Tub-102(2)	58.47	PRV-1	N-105	28.9	PVC	140.0	0.061	0.093	0.001
Tub-102(1)	18.72	N-103	PRV-1	28.9	PVC	140.0	0.061	0.093	0.001
Tub-1	13.37	Tanque-1	N-1	66.0	PVC	140.0	2.031	0.593	0.007
Tub-140	61.70	N-40	N-42	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-139	11.39	N-40	N-41	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-138	17.69	N-19	N-40	22.8	PVC	140.0	0.041	0.100	0.001
Tub-137	57.86	N-137	N-139	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-136	27.06	N-137	N-138	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-135	118.50	N-136	N-137	17.6	PVC	140.0	0.041	0.167	0.003
Tub-134	11.99	N-118	N-136	17.6	PVC	140.0	0.061	0.250	0.006
Tub-133	23.17	N-133	N-135	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-132	6.57	N-133	N-134	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-131	90.92	N-131	N-133	22.8	PVC	140.0	0.041	0.100	0.001
Tub-130	5.75	N-131	N-132	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-129	11.54	N-130	N-131	22.8	PVC	140.0	0.061	0.150	0.002
Tub-128	3.67	N-129	N-130	22.8	PVC	140.0	0.081	0.200	0.003
Tub-127	14.04	N-128	N-129	22.8	PVC	140.0	0.102	0.250	0.005
Tub-126	5.98	N-128	N-127	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-125	6.30	N-124	N-128	22.8	PVC	140.0	0.122	0.300	0.006
Tub-124	3.25	N-125	N-126	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-123	6.55	N-124	N-125	22.8	PVC	140.0	0.041	0.100	0.001
Tub-122	9.27	N-123	N-124	22.8	PVC	140.0	0.162	0.399	0.011
Tub-121	5.28	N-122	N-123	22.8	PVC	140.0	0.183	0.449	0.014
Tub-120	62.51	N-121	N-122	22.8	PVC	140.0	0.203	0.499	0.017
Tub-119	3.95	N-120	N-121	22.8	PVC	140.0	0.223	0.549	0.020
Tub-118	17.44	N-119	N-120	22.8	PVC	140.0	0.244	0.599	0.023
Tub-117	28.09	N-118	N-119	22.8	PVC	140.0	0.264	0.649	0.027
Tub-116	170.43	N-116	N-118	28.9	PVC	140.0	0.325	0.497	0.012
Tub-115	9.05	N-116	N-117	28.9	PVC	140.0	0.020	0.031	0.000
Tub-114	182.21	N-113	N-116	28.9	PVC	140.0	0.345	0.528	0.014
Tub-113	52.47	N-114	N-115	28.9	PVC	140.0	0.020	0.031	0.000
Tub-112	20.63	N-113	N-114	28.9	PVC	140.0	0.041	0.062	0.000
Tub-111	46.82	N-111	N-113	28.9	PVC	140.0	0.386	0.590	0.017
Tub-110	4.54	N-111	N-112	43.2	PVC	140.0	0.020	0.014	0.000
Tub-109	102.69	N-108	N-111	28.9	PVC	140.0	0.426	0.652	0.021
Tub-107	67.70	N-109	N-110	28.9	PVC	140.0	0.020	0.031	0.000
Tub-106	64.22	N-108	N-109	28.9	PVC	140.0	0.041	0.062	0.000
Tub-105	14.90	N-103	N-108	28.9	PVC	140.0	0.487	0.746	0.026
Tub-104	36.72	N-106	N-107	28.9	PVC	140.0	0.020	0.031	0.000
Tub-103	11.82	N-105	N-106	28.9	PVC	140.0	0.041	0.062	0.000
Tub-101	37.47	N-103	N-104	28.9	PVC	140.0	0.020	0.031	0.000
Tub-100	35.87	N-102	N-103	28.9	PVC	140.0	0.569	0.870	0.035
Tub-99	30.17	N-2	N-102	28.9	PVC	140.0	0.589	0.901	0.037
Tub-98	25.46	N-100	N-101	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-97	31.77	N-99	N-100	17.6	PVC	140.0	0.041	0.167	0.003
Tub-96	97.52	N-1	N-99	17.6	PVC	140.0	0.061	0.250	0.006
Tub-95	19.33	N-97	N-98	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-94	23.79	N-96	N-97	17.6	PVC	140.0	0.041	0.167	0.003
Tub-93	83.85	N-5	N-96	17.6	PVC	140.0	0.061	0.250	0.006
Tub-92	19.34	N-94	N-95	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-91	34.62	N-93	N-94	17.6	PVC	140.0	0.041	0.167	0.003
Tub-89	21.39	N-91	N-92	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-88	30.23	N-6	N-91	17.6	PVC	140.0	0.102	0.417	0.016
Tub-87	13.49	N-89	N-90	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-86	30.96	N-88	N-89	17.6	PVC	140.0	0.041	0.167	0.003
Tub-85	69.72	N-87	N-88	17.6	PVC	140.0	0.061	0.250	0.006
Tub-84	23.67	N-6	N-87	17.6	PVC	140.0	0.081	0.334	0.011
Tub-83	16.46	N-84	N-86	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-82	24.66	N-84	N-85	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-81	14.04	N-82	N-84	17.6	PVC	140.0	0.041	0.167	0.003

Tub-80	9.32	N-82	N-83	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-79	43.10	N-10	N-82	17.6	PVC	140.0	0.061	0.250	0.006
Tub-78	35.82	N-80	N-81	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-77	9.73	N-79	N-80	17.6	PVC	140.0	0.041	0.167	0.003
Tub-76	60.52	N-9	N-79	17.6	PVC	140.0	0.061	0.250	0.006
Tub-75	12.37	N-77	N-78	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-74	13.33	N-76	N-77	17.6	PVC	140.0	0.041	0.167	0.003
Tub-73	3.75	N-75	N-76	17.6	PVC	140.0	0.061	0.250	0.006
Tub-72	54.32	N-73	N-75	17.6	PVC	140.0	0.081	0.334	0.011
Tub-71	4.65	N-73	N-74	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-70	18.42	N-71	N-73	43.2	PVC	140.0	0.102	0.069	0.000
Tub-69	6.49	N-71	N-72	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-68	8.98	N-11	N-71	17.6	PVC	140.0	0.122	0.500	0.022
Tub-67	48.07	N-15	N-70	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-66	21.58	N-68	N-69	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-60	16.39	N-62	N-63	28.9	PVC	140.0	0.102	0.155	0.001
Tub-59	4.44	N-61	N-62	28.9	PVC	140.0	0.122	0.186	0.002
Tub-58	43.04	N-60	N-61	28.9	PVC	140.0	0.142	0.217	0.003
Tub-57	30.27	N-53	N-60	28.9	PVC	140.0	0.142	0.217	0.003
Tub-56	9.07	N-58	N-59	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-55	8.44	N-57	N-58	22.8	PVC	140.0	0.041	0.100	0.001
Tub-54	11.46	N-56	N-57	22.8	PVC	140.0	0.061	0.150	0.002
Tub-53	29.98	N-55	N-56	22.8	PVC	140.0	0.081	0.200	0.003
Tub-52	13.01	N-54	N-55	22.8	PVC	140.0	0.102	0.250	0.005
Tub-51	10.95	N-53	N-54	22.8	PVC	140.0	0.122	0.300	0.006
Tub-50	31.58	N-50	N-53	28.9	PVC	140.0	0.284	0.435	0.010
Tub-49	7.67	N-51	N-52	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-48	17.55	N-50	N-51	22.8	PVC	140.0	0.041	0.100	0.001
Tub-47	49.59	N-46	N-50	37.3	PVC	140.0	0.325	0.297	0.004
Tub-46	35.72	N-48	N-49	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-45	25.21	N-46	N-48	22.8	PVC	140.0	0.041	0.100	0.001
Tub-44	7.48	N-46	N-47	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-43	44.21	N-15	N-46	37.3	PVC	140.0	0.386	0.353	0.005
Tub-42	48.37	N-43	N-45	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-41	25.93	N-43	N-44	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-40	15.42	N-18	N-43	22.8	PVC	140.0	0.061	0.150	0.002
Tub-39	18.56	N-37	N-39	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-38	18.19	N-37	N-38	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-37	32.65	N-35	N-37	22.8	PVC	140.0	0.041	0.100	0.001
Tub-36	15.03	N-35	N-36	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-35	17.21	N-33	N-35	22.8	PVC	140.0	0.061	0.150	0.002
Tub-34	18.96	N-33	N-34	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-33	76.55	N-22	N-33	22.8	PVC	140.0	0.081	0.200	0.003
Tub-32	41.45	N-30	N-32	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-31	8.99	N-30	N-31	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-30	6.36	N-28	N-30	22.8	PVC	140.0	0.041	0.100	0.001
Tub-29	32.66	N-28	N-29	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-28	65.99	N-26	N-28	22.8	PVC	140.0	0.061	0.150	0.002
Tub-27	4.77	N-26	N-27	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-26	20.21	N-24	N-26	22.8	PVC	140.0	0.081	0.200	0.003
Tub-25	5.47	N-24	N-25	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-24	36.47	N-23	N-24	22.8	PVC	140.0	0.102	0.250	0.005
Tub-23	38.07	N-22	N-23	22.8	PVC	140.0	0.122	0.300	0.006
Tub-22	9.28	N-20	N-22	22.8	PVC	140.0	0.203	0.499	0.017
Tub-21	5.03	N-20	N-21	22.8	PVC	140.0	0.020	0.050	0.000
Tub-20	34.23	N-19	N-20	22.8	PVC	140.0	0.223	0.549	0.020
Tub-19	65.05	N-18	N-19	22.8	PVC	140.0	0.264	0.649	0.027
Tub-18	20.18	N-17	N-18	22.8	PVC	140.0	0.325	0.799	0.039
Tub-17	10.36	N-16	N-17	22.8	PVC	140.0	0.345	0.849	0.044
Tub-16	13.43	N-15	N-16	22.8	PVC	140.0	0.366	0.899	0.049
Tub-15	14.09	N-13	N-15	54.8	PVC	140.0	0.772	0.327	0.003
Tub-14	11.32	N-13	N-14	43.2	PVC	140.0	0.020	0.014	0.000
Tub-13	17.82	N-12	N-13	54.8	PVC	140.0	0.792	0.336	0.003
Tub-12	36.41	N-11	N-12	54.8	PVC	140.0	0.812	0.345	0.003
Tub-11	15.59	N-10	N-11	54.8	PVC	140.0	0.955	0.405	0.004
Tub-10	31.92	N-9	N-10	54.8	PVC	140.0	1.015	0.431	0.005
Tub-9	7.57	N-8	N-9	54.8	PVC	140.0	1.076	0.457	0.005
Tub-8	19.59	N-7	N-8	54.8	PVC	140.0	1.097	0.465	0.005
Tub-7	46.00	N-6	N-7	54.8	PVC	140.0	1.117	0.474	0.005
Tub-6	74.33	N-5	N-6	54.8	PVC	140.0	1.300	0.551	0.007
Tub-5	113.07	N-3	N-5	54.8	PVC	140.0	1.361	0.577	0.008
Tub-4	5.36	N-3	N-4	17.6	PVC	140.0	0.020	0.083	0.001
Tub-3	14.12	N-2	N-3	54.8	PVC	140.0	1.381	0.586	0.008
Tub-2	132.24	N-1	N-2	54.8	PVC	140.0	1.970	0.836	0.015

Fuente: Los Autores

3.4.2.7.2 Escenario 2

El escenario 2 al ser un escenario con variación en el tiempo tiene una tabla que indica su caudal en el tiempo, con esta variación se demuestra que el tanque de 41 m³ es suficiente para mantener la operación de este las 24 horas del día.

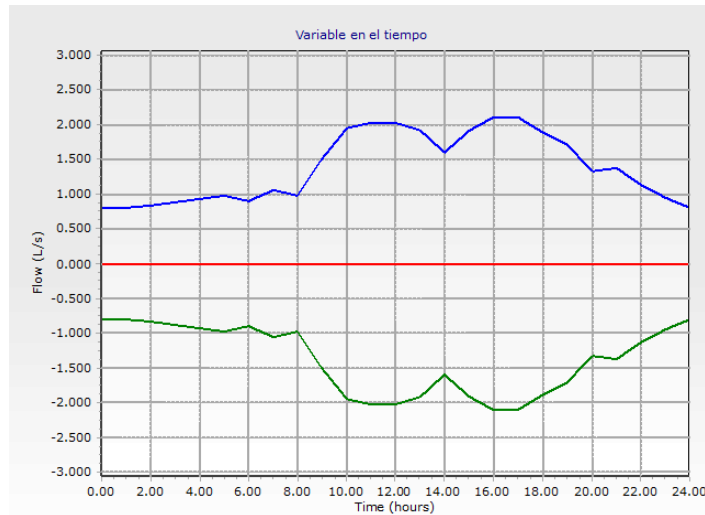
Tabla 3.14. Variación del Caudal en el tiempo.

Calculation Summary (344: Variable en el tiempo)			
Time (hours)	Trials	Relative Flow Change	Flow Demanded (L/s)
0.00	3	0.0000000	0.799
1.00	1	0.0000000	0.799
2.00	2	0.0006773	0.842
3.00	2	0.0006442	0.885
4.00	2	0.0006143	0.928
5.00	2	0.0005870	0.972
6.00	2	0.0009433	0.907
7.00	3	0.0000000	1.058
8.00	3	0.0000000	0.982
9.00	3	0.0000000	1.511
10.00	3	0.0000000	1.954
11.00	2	0.0004918	2.030
12.00	2	0.0000377	2.024
13.00	2	0.0007012	1.922
14.00	3	0.0000000	1.598
15.00	3	0.0000000	1.922
16.00	3	0.0000000	2.116
17.00	1	0.0000000	2.116
18.00	3	0.0000000	1.889
19.00	3	0.0000000	1.716
20.00	3	0.0000000	1.328
21.00	2	0.0005159	1.382
22.00	3	0.0000000	1.134
23.00	3	0.0000000	0.950
24.00	3	0.0000000	0.799

Fuente: El Autor.

El Grafico de la variación de caudal se muestra a continuación en el que se indica la hora de máximo consumo y de menor consumo, de la población, este grafico tiene relación directa con la curva de consumo generada en la población.

Figura 3.7. Variación de consumo en 24 hrs.



Fuente: El Autor.

Las mejoras en el sistema de conducción se visualizan en los valores de presiones, caudales y velocidades de trabajo del sistema, en la siguiente tabla se muestran los valores mínimos de trabajo del sistema actual vs el rediseño:

Tabla 3.15 Comparación de valores mínimos de trabajo

Parámetro	Sistema Actual	Ubicación	Rediseño del Sistema	Ubicación
Velocidad (m/s)	0	Varios Nodos	0.014	Nodo 111-112
Caudal (m³/s)	0	Varios Nodos	0.02	Nodo 111-112
Presión (m.c.a.)	2.03	Nodo 1	4.73	Nodo 93

Fuente: Los Autores

Con estos valores, se ha garantizado en el rediseño un flujo continuo de caudal hacia todos los nodos con demanda de usuarios; también se tiene presiones mínimas que permiten un trabajo estable y adecuado para la red de distribución

Las mejoras en el sistema de conducción se visualizan en los valores de presiones, caudales y velocidades de trabajo del sistema, en la siguiente tabla se muestran los valores máximos de trabajo del sistema actual vs el rediseño:

Tabla 3.16. Comparación de valores máximos de trabajo

Parámetro	Sistema Actual	Ubicación	Rediseño del Sistema	Ubicación
Velocidad (m/s)	0.27	Nodo 15-20	0.90	Nodo 2 – Nodo 102
Caudal (m³/s)	0.79	Nodo 51-52	2.031	Nodo 1
Presión (m.c.a.)	64.91	Nodo-39	57.02	Nodo 90

Fuente: Los Autores

Con estos valores, se ha garantizado un trabajo del sistema por debajo de los límites máximos permitidos por norma en velocidades, además de estar por debajo de los 60 m.c.a. en presión de diseño.

3.5 Manual de operación y mantenimiento.

3.5.1 Conceptos generales

3.5.1.1 Agua para el uso doméstico.

Es el agua que por su calidad química, física y bacteriológica es apta y aceptable para el consumo humano.

3.5.1.2 Punto de ingreso

El punto de ingreso es el punto de alimentación principal a un sector de distribución, a través de este punto, el sector se abastece de las redes primarias de la distribución primaria. La regulación y control de los parámetros de abastecimiento (caudal y presión) al sector, se realiza también a través de este punto mediante las cámaras de control que se encuentran instaladas para cada uno de los sectores.

3.5.1.3 Área de servicio

Es el área total poblada que cuenta con el servicio de agua. Para este caso el área total de servicio son las comunidades de Santa Bárbara y San Pedro

3.5.1.4 Ramal principal

Las redes principales son las que se encargan de distribuir el agua en las diferentes zonas de la población, o a las diferentes zonas de una ÁREA DE INFLUENCIA de un determinado reservorio.

3.5.1.5 Ramales secundarios

Las redes secundarias son las encargadas de distribuir el agua hacia las conexiones domiciliarias.

3.5.1.6 Válvula de control (compuertas)

En todo sistema de distribución se deben contar con válvulas de control o válvulas de compuertas instalados a lo largo de la red, para aislar sectores en caso de roturas de tuberías o de incendio y seguir suministrado el agua al resto de la población o para atender las actividades de mantenimiento de las redes.

3.5.1.7 Áreas de influencias - Zonas de presión

Las áreas de influencia forman parte de un sector de distribución y que puede ser aislada sin afectar el resto del sector, están delimitadas en función a la topografía de una localidad y a las presiones de servicio. Las zonas de presión tienen un límite superior y uno inferior y la diferencia de nivel topográfico estará en función a los lotes más desfavorables cumpliendo las presiones mínima y máxima (SENAGUA, 2014).

3.5.1.8 Presión máxima y mínima

Presión de servicio, es la presión del agua cuya magnitud y continuidad es suficiente para el abastecimiento normal de un sector.

3.5.1.9 Conexiones (Tomas) domiciliarias

Una toma domiciliaria es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor. Es la parte de la red que demuestra la eficiencia y calidad del sistema de distribución pues es la que abastece de agua directamente al consumidor.

3.5.2 Tipos de mantenimiento

Los problemas de mantenimiento son numerosos entre los principales podemos mencionar:

- Válvulas inoperativas.
- Rotura de tuberías.
- Instalación, reparación, mejoramiento de redes de agua.

3.5.2.1 Mantenimiento preventivo

Constituido por las actividades que se destinan a garantizar por medio de los programas de ejecución permanente, el funcionamiento adecuado y la integridad de todas las estructuras físicas. Estas actividades se desarrollan a través de inspecciones planificadas y programas de acuerdo a una periodicidad recomendada de los componentes del sistema de distribución.

3.5.2.2 Mantenimiento correctivo

Constituido por las actividades destinadas a reparar oportunamente cualquier falla que se presente en las estructuras físicas, ejemplo de ello tenemos las reparaciones de válvulas de compuertas, hidrantes, etc. y de sus instalaciones.

3.5.2.3 Mantenimiento predictivo

Es una técnica constituida por una serie de actividades de reparación realizadas oportunamente para pronosticar el punto futuro de falla de un componente del sistema de distribución, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que se produzcan las fallas en las estructuras hidráulicas o físicas que afecten el servicio de agua.

3.5.2.4 Mantenimiento programado

Este tipo de mantenimiento consiste en desarmar completamente los equipos y cambiarles las piezas que sean necesarias, para dejarlos en un estado similar al de unidades nuevas o para realizar la rehabilitación, cambio o reposición de las redes que se encuentran colapsadas o reducidas sus capacidades normales de funcionamiento y/o de transporte hidráulico.

3.5.3 Personal de operación y mantenimiento

Para la operación y mantenimiento del sistema de agua, será necesaria la participación comunitaria a través de las siguientes formas o niveles de responsabilidad del recurso humano disponible (Alvarado, 2013).

A continuación, se detalla la persona o grupo de personas, sus actividades y responsabilidades durante la operación y mantenimiento de la red de distribución de agua.

Tabla 3.17. Servicios que debe brindar el personal de operación

Personal	Elemento del sistema	Actividad
Usuario / comunidad	Tanque de almacenamiento Red de distribución	<p>Usar el agua estrictamente para uso doméstico.</p> <p>Mantener en buen funcionamiento la conexión domiciliaria.</p> <p>Pagar las tarifas por el servicio de agua.</p> <p>La comunidad participará por medio de mingas para solucionar problemas de mantenimiento que por sí solo, el operador no pueda afrontar.</p> <p>Participará en tareas de mantenimiento que requiera mucha mano de obra.</p> <p>Nombrar los miembros de la Junta administradora.</p> <p>Donar las áreas para la construcción de las diferentes unidades de los sistemas.</p>
Operador	Tanque de almacenamiento	<p>Operar y mantener en buen funcionamiento el sistema en todas sus unidades y equipos.</p> <p>Responsabilizarse por la operación y mantenimiento rutinario.</p> <p>Notificar a la junta administradora de agua, recibir instrucciones y dirigir tareas de operación y mantenimiento de emergencia.</p> <p>Presentar mensualmente a la junta administradora los trabajos de operación y mantenimiento realizados, en sus respectivos formularios.</p>
Asesor Técnico	Tanque de almacenamiento Red de distribución Administración del sistema	<p>Asesorar a las juntas administradoras, al promotor y al operador.</p> <p>Colaborar en actividades de operación y mantenimiento de gran magnitud especiales.</p> <p>Colaborar en la selección de materiales, equipos y repuestos.</p> <p>Colaborar en la contratación de servicios o trabajos eventuales.</p>

Fuente: (Alvarado, 2013)

3.5.4 Procedimientos

3.5.4.1 Tipos de intervención

Generalmente en cualquier sistema o red de agua se observa que las actividades de mantenimiento son del tipo correctivo y se enfocan en las tuberías.

Las actividades de mantenimiento correctivo pueden ser:

- a) Reparación puntual de roturas en los ramales principales y secundarios
- b) Reparación puntual de roturas en las conexiones domiciliarias

Sin embargo, también se debe orientar al mantenimiento del tipo preventivo, realizando en primer lugar, inspecciones que permitan determinar la condición actual del sistema de distribución y para ayudar a la planificación de una estrategia de mantenimiento.

La programación de los trabajos dependerá del tipo de operación a realizar, y estas estarán orientadas a preparar los itinerarios diarios de la operación. Las operaciones de emergencia deben ser atendidas de inmediato.

3.5.4.1.1 Clasificación de las actividades

Las actividades realizadas durante el proyecto tanto en su fase de construcción como en su fase de operación y mantenimiento se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.18. Actividades de operación y mantenimiento

Operación y mantenimiento	
1	Limpeza y mantenimiento de estructuras hidráulicas.
2	Limpeza y mantenimiento de senderos de la red de agua.
3	Operación y mantenimiento de la red de agua.
4	Desinfección por cloro del agua cruda.

Elaborado por: Los autores.

3.5.4.2 Limpieza de la infraestructura hidráulica

3.5.4.2.1 Desarenador

Los materiales requeridos para la operación y mantenimiento del desarenador son: machete, palas, picos, barretas, bailejo, cepillo metálico, juego de llaves, pintura anticorrosiva, cemento, lubricantes, empaques.

Se presentan las principales actividades de mantenimiento para los diferentes niveles de responsabilidad, a darse en el desarenador.

Tabla 3.19. Procedimientos de Operación y Mantenimiento tanque desarenador

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Diario	1 hora	Control del caudal que ingresa a la conducción. De notar disminución inspeccionar la obra con el fin de detectar y corregir las deficiencias encontradas.

Variable	Variable	Manipuleo de válvulas, a fin de verificar que giren con facilidad y no existan obstrucciones en el desagüe.
Variable	Variable	Verificar si existen indicios de roturas, fisuras y fugas.
Mensual	2 horas	Limpieza del desarenador (la frecuencia se ajustará según experiencia local).
Trimestral	4 horas	Inspección del estado de mantenimiento de la estructura
Semestral	4 horas	Revisión de válvulas y elementos de operación y repararlos de ser el caso.

Fuente: (Alvarado, 2013)

3.5.4.2.2 *Tanque de reserva*

Los depósitos de almacenamiento deberán operar y mantener de acuerdo a las siguientes recomendaciones:

- La tapa de inspección debe ser asegurada con un dispositivo apropiado para evitar que personas extrañas la muevan.

Si se observa fugas en la estructura de reserva se debe proceder a una reparación inmediata, si ocurre esto o cuando se sospeche que hay contaminación de la misma se procede a su desinfección, para lo cual se debe:

- Vaciar totalmente la unidad, abriendo la válvula de desagüe.
- Limpiar con una escobilla el fondo del tanque.
- Cerrar la válvula de salida y de desagüe, para abrir la de entrada, dejando que se llene, luego de lo cual ésta se cierra.
- Agregar la solución de hipoclorito de calcio en la reserva, durante 4 horas por lo menos, transcurrido este tiempo se vacía el tanque a través del desagüe respectivo.
- Su limpieza y desinfección se realizará por lo menos cada 3 meses.

Tabla 3.20. Procedimientos de Operación y Mantenimiento tanque de almacenamiento

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Diario	1 hora	Control de la descarga en el tanque de reserva del agua clorada.
Diario	1 hora	Manipuleo y operación controlado de válvulas según régimen de servicio.
Semanal	1 hora	Mantener cerradas y aseguradas las tapas de inspección.

Mensual	2 horas	Limpieza de los sedimentos, sin ingresar al interior del tanque, manipulando la válvula de limpieza.
Mensual	4 horas	Limpieza y desbroce del área adyacente al tanque.
Trimestral	6 horas	Verificación del funcionamiento e inspección de mantenimiento Reparación de grietas y fugas
Semestral	1 día	Limpieza de los sedimentos, ingresando en el interior del tanque. Requiere lavado parcial posterior y desinfección.
Semestral	4 horas	Revisar las condiciones sanitarias alrededor del tanque y corregirlas si es necesario.
Anual	1 día	Revisión del funcionamiento de las válvulas y corrección si es necesario.
Anual	Variable	Adecuaciones y pintura general del tanque. Reparación del cerramiento.

Fuente: (Alvarado, 2013)

3.5.4.3 Limpieza y mantenimiento de senderos de la red de agua.

- Trazo: Antes de iniciar cualquier trabajo se deberá realizar el trazado de la zona a intervenir, mediante cal o yeso.
- Excavación de zanja: La excavación de la zanja para el mantenimiento de las redes podrá ser manual o mecanizada. Las dimensiones de la zanja deberán ser adecuadas para que se trabaje con seguridad y comodidad, utilizándose correctamente las herramientas y permita aplicar los materiales de acuerdo a las especificaciones técnicas y recomendaciones del fabricante.
- Relleno de zanjas: Este trabajo deberá iniciarse luego de haber concluido la reparación, verificando antes que no existe ninguna fuga por las uniones y empalmes. En caso de que el material extraído durante la excavación no fuese apropiado para el relleno, se deberá utilizar material adecuado proveniente de un área de préstamo (Aguas Machala EP, 2022).

3.5.4.4 Operación y mantenimiento de la red de agua.

Los problemas comunes más generalizados en la distribución son los siguientes:

- Presiones débiles en las partes más altas, principalmente en las horas de máximo consumo. Este problema se agudiza cuando disminuye la producción de la fuente.

- Conexiones o interconexiones clandestinas domiciliarias, para cuya verificación se requiere de la inspección permanente de las viviendas.
- Válvulas del sistema de distribución en mal estado de funcionamiento.
- Roturas y fugas no detectadas y no corregidas.
- Olores y sabores desagradables en el agua, causados por falta de limpieza periódica y oportuna de los extremos de la red. Para evitar esto, abrir por pocos minutos las válvulas de limpieza o en su defecto las llaves interiores de la conexión intradomiciliaria más cercana al tramo en análisis.

Tabla 3.21. Procedimientos de Operacion y Mantenimiento red de agua.

Frecuencia	Tiempo estimado	Actividades
Variable	Variable	Operación de válvulas para distribución del agua, de acuerdo a la sectorización de la red y según lo requiera el servicio.
Mensual	1 hora	Verificar si el servicio llega a los puntos más alejados.
Mensual	1 hora	Apertura total por varias veces de las válvulas de limpieza en horas de menor consumo, para eliminar los depósitos.
Mensual	1 día	Inspección de uso indebido, desperdicio clandestino.
Mensual	1 día	Inspección de fugas en la red y reparación inmediata. De ser el caso, pedir ayuda al promotor.
Trimestral	1 día	Inspección de la eficiencia del mantenimiento.
Eventual	1 día	Reparación de roturas.
Anual	1 día	Revisión de válvulas.

Fuente: (Alvarado, 2013)

3.5.4.5 Desinfección por cloro.

3.5.4.5.1 Tiempo de contacto.

Es el tiempo necesario en que el cloro debe estar en contacto con los microorganismos para que estos puedan ser eliminados.

3.5.4.5.2 Temperatura.

Los microorganismos que pueden estar presentes en el agua pueden vivir en un rango de temperatura muy amplio, por lo que se requiere de temperaturas altas para eliminar bacterias y virus, al mismo tiempo el cloro es más estable en agua fría por esta razón la reacción del desinfectante es mucho más lenta.

3.5.4.5.3 *pH del agua.*

El potencial hidrógeno del agua afecta tanto al patógeno a eliminar como al tipo de desinfectante de cloro a emplear; se debe verificar el pH óptimo de acción del desinfectante a utilizar para poder determinar su dosis adecuada.

3.5.4.5.4 *Concentración del cloro.*

Un criterio usualmente utilizado es agregar suficiente cantidad de cloro al agua como para conseguir que en cualquier punto de la red de distribución se encuentre un residual de 0,1 mg/l a 0,5 mg/l (SENAGUA, 2014).

3.5.4.5.5 *Cálculo del peso del producto.*

Para el cálculo del peso del producto (hipoclorito de calcio) en gramos a disolver en el tanque, se usa la siguiente fórmula para potabilización del agua para consumo humano en poblaciones pequeñas del área rural.

$$P = \frac{C \times V}{\% \times 10}$$

Donde:

P: peso del hipoclorito de calcio a disolver en el tanque (g).

C: concentración de cloro aplicada (mg/l).

V: volumen de agua del tanque a desinfectar (l).

%: Porcentaje de cloro libre del compuesto clorado.

La marca Chloramine disponible en el mercado nacional establece el hipoclorito de calcio al 70 % de cloro activo.

$$P = \frac{0,5 \times 3500}{70 \times 10}$$

$$P = 2.5 \text{ g}$$

3.5.4.5.6 *Tiempo de contacto.*

Este método parte del principio de que la concentración “C” de desinfectante aplicado (cloro libre) multiplicada por el tiempo de detención “t” desde que se aplica dicha dosis hasta que se consume el agua, es igual a una constante “K”, o sea que:

$$C.t = K$$

Los valores de la constante K están dados en tablas de las (Normas De Diseño De Sistemas De Agua Potable Para La EMMAP-Q, 2008), los cuales varían con el pH, la temperatura del agua, la eficiencia del tratamiento en los procesos previos a la desinfección (sedimentación y filtración) y si la turbiedad del agua filtrada se mantiene durante el 95% del tiempo menor a 1,0 NTU se utiliza la tabla 3.18.

Tabla 3.22. Valores de K

C DOSIS DE CLORO APLICADA (mg/l)	10°C				15°C				20°C				25°C			
	pH				pH				pH				pH			
	6.5	6.5	7.0	7.5	6.5	6.5	7.0	7.5	6.5	6.5	7.0	7.5	6.5	6.5	7.0	7.5
< 0,4	24	29	35	42	16	20	23	28	12	15	17	21	8	10	12	14
0.6	25	30	36	43	17	20	24	29	13	15	18	21	8	10	12	14
0.8	26	31	37	44	17	20	24	29	13	15	18	22	9	10	12	15
1	26	31	37	45	18	21	25	30	13	16	19	22	9	10	12	15
1.2	27	32	38	46	18	21	25	31	13	16	19	23	9	11	13	15
1.4	27	33	39	47	18	22	26	31	14	16	19	23	9	11	13	16
1.6	28	33	40	48	19	22	26	32	14	17	20	24	9	11	13	16
1.8	29	34	41	49	19	23	27	33	14	17	20	25	10	11	14	16
2	29	35	41	50	19	23	28	3	15	17	21	25	10	12	14	17
2.2	30	35	42	51	20	23	28	34	15	18	21	26	10	12	14	17
2.4	30	36	43	52	20	24	29	35	15	18	22	26	10	12	14	17
2.6	31	37	44	53	20	24	29	36	15	18	22	27	10	12	15	18
2.8	31	37	45	54	21	25	30	36	16	19	22	27	10	12	15	18
3	32	38	46	55	21	25	30	37	16	19	23	28	11	13	15	18

Fuente: (EMAAP-Q, 2008, págs. 126-129)

Para un pH de 6.73 con temperatura de 10 °C y una turbiedad de 0,59 NTU, el valor de K es de 21.61

$$t = \frac{K}{C} t = \frac{21.61}{0,5}$$

$$t = 43.22 \approx 44 \text{ min}$$

El tiempo de contacto mínimo para eliminar cualquier agente patógeno es de 44 minutos.

3.5.5 Seguridad

3.5.5.1 Señalización y seguridad vial

Se utilizarán dispositivos de control de dichas áreas, con el fin de que pueda aislar las zonas de trabajo y al mismo tiempo guiar la circulación vehicular con el fin de evitar accidentes y disminuir los inconvenientes propios que afectan el tránsito vehicular.

La responsabilidad de la protección de la vida humana, de los bienes públicos y privados y el mantenimiento de la señalización en las zonas de ejecución del servicio será tomado por la administración del sistema de agua.

3.5.5.1.1 Señales preventivas

Son aquellas que tienen la función de prevenir a los conductores y peatones de posibles riesgos de accidentes por las condiciones de circulación automotriz producidas por las labores que se están ejecutando en la vía pública.

Las señales preventivas por utilizar en las zonas y áreas de servicio o mantenimiento serán de forma romboidal con uno de sus vértices hacia debajo de color naranja y con letras y símbolos de color negro.

También se utilizarán vallas para cerrar las calles, estas llevaran la siguiente inscripción: “CALLE CERRADA, HOMBRES TRABAJANDO, SIGA EL DESVIÓ”

3.5.5.1.2 Señales informativas

Son aquellas que tienen la función de informar a los conductores y peatones sobre los planes de desvíos, cambios de direcciones, reducción del ancho de la vía, etc. necesario para la ejecución de los trabajos. Mediante estas señales se espera que el usuario de la vía reduzca su velocidad y tome las debidas precauciones.

Es importante que el material de señalización sea utilizado en forma correcta, respetándose las limitaciones locales de visibilidad (curvas, accesos, cuestas) y condiciones de trafico de peatones vehículos.

3.5.5.2 Equipos de protección personal

Los equipos de protección personal sirven para proteger las partes del cuerpo del trabajador que puedan estar en riesgo de accidentes que podrían surgir durante la ejecución del trabajo; A continuación, se presenta un cuadro con el equipo mínimo requerido por trabajador:

Tabla 3.23. Equipo de Protección Personal

Naturaleza	Tipo de Servicio	Equipo mínimo por trabajador
Agua	Inspección y reparaciones de	Botas de goma con punta de acero Casco de protección Ropa de trabajo (mameluco)

	<p>redes de distribución</p>	<p>Protector para la lluvia (durante el periodo de lluvias) Linternas Chaleco fosforescente Conos de señalización, cintas de peligro, barandas o tranqueras. Equipo de comunicación (solo el encargado del Grupo)</p>
--	------------------------------	---

Fuente: (Aguas Machala EP, 2022)

CAPÍTULO 4. PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PROYECTO.

El análisis técnico - económico trata de establecer la inversión, costos y utilidad que generara el proyecto para poder determinar su factibilidad. Cualquier proyecto tiene una programación de gastos y utilidades que se reflejan en su presupuesto, su financiamiento y su operación. El análisis técnico - económico es un recurso valido para mejorar la gestión del capital económico del proyecto.

4.1 Presupuesto

Es el cálculo y asignación de recursos en el proyecto considerando todos los rubros necesarios para su ejecución y culminación, además es un instrumento que direcciona los gastos durante la fase de construcción.

Para determinar el presupuesto se debe analizar el precio unitario y los volúmenes de obra de cada rubro presente en el proyecto, En la siguiente tabla se muestra el presupuesto total de proyecto considerando los rubros generales que engloban todo el proyecto:

Tabla 4.1. Resumen del presupuesto.

PROYECTO:	Evaluación y rediseño de la red de abastecimiento de agua para las comunidades de San Pedro y Santa Bárbara. Cuenca - Azuay”				
N°	Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1.1	Replanteo y nivelación de ejes	m	0.28	4,484.42	1,237.69
1.2	Excavación máquina. Zanja 0-2 m	m3	3.32	5,112.24	16,971.61
1.3	Excavación a máquina. zanja 0-2 m. material S/C	m3	3.50	3,834.18	13,420.70
1.4	Excavación a máquina. zanja 0-2 m. mat. conglom.	m3	3.93	1,278.06	5,025.69
1.5	Excavación manual zanja 0-2 m	m3	9.38	364.30	3,416.25
1.6	Excavación manual zanja S/C 0-2 m	m3	13.99	273.23	3,822.46
1.7	Excavación manual zanja 0-2 m. mat.conglom.	m3	16.64	82.09	1,365.55
1.8	Sobre acarreo de materiales para desalojo lugar determinado por el Fiscalizador Distancia > 5 Km	m3	0.83	1,095.28	908.86
1.9	Desalojo de materiales hasta 5 km	m3	0.79	2,816.43	2,213.88

1.11	Cargado de material a máquina(90% del Volumen a Desalojarse)	m3	13.00	2,816.43	36,607.14
1.12	Cargado de material a mano(10% del Vol a desalojarse)	m3	13.62	312.93	4,262.66
1.13	Tapado manual de zanjas (50% Relleno sin compactar)	m3	14.99	1,236.83	18,536.07
1.14	Tapado de Zanjas con maquina (50% Relleno Sin Compactar)	m3	5.73	1,236.83	7,092.49
1.15	Tapado de con material de Reposición (60% del Relleno Compactado)	m3	13.33	2,311.93	30,818.01
TUBERÍAS					
2.1	Sum. Inst. Tubería PVC UZ 1.25 MPA D=75 mm (Inc. Prueba de presión hidrostática)	m	4.64	132.24	614.09
2.2	Sum. Inst. Tubería PVC UZ 1.25 MPA D=63 mm (Inc. Prueba de presión hidrostática)	m	4.60	441.38	2,031.65
2.3	Sum. Inst. Tubería PVC UZ 1.25 MPA D=50 mm (Inc. Prueba de presión hidrostática)	m	4.54	759.96	3,451.55
2.4	Sum. Inst. Tubería PVC UZ 1.25 MPA D=32 mm (Inc. Prueba de presión hidrostática)	m	4.40	2283.41	10,044.61
2.5	Sum. Inst. Tubería PVC UZ 1.25 MPA D=25 mm (Inc. Prueba de presión hidrostática)	m	3.95	1163.08	4,594.34
CÁMARA DE VÁLVULA REDUCTORA-PRESIÓN					
3.1	Excavación a mano en Suelo sin clasificar	m3	10.08	15.00	151.20
3.2	Encofrado Recto, con retirado de cofres	m2	10.85	33.60	364.56
3.3	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	2.01	640.00	1,286.40
3.4	Sum e Inst Tapa de hormigón 210 Kg/cm2 con cerco metalico	u	31.52	2.00	63.04
3.5	Hormigón Simple 210 Kg/cm2 para estructuras	m3	144.98	8.50	1,232.33
3.6	Sum,-Ins, Pasamuro HD 50mm	u	112.57	6.00	675.42
3.7	Sum e inst. tubería HG 50mm	m	18.00	3.00	54.00
3.8	Sum,-Ins, Union Gibault 50mm	u	108.02	2.00	216.04

3.9	Sum e Inst. Tramo brida lizo 50mm	u	100.74	2.00	201.48
3.10	Sum e inst. válvula media vuelta PVC 50mm	u	115.80	1.00	115.80
3.11	Reductor	u	20.34	2.00	40.68
3.12	Sum, Valvula Reductora de Presion d =50mm (Bronce)	u	209.40	1.00	209.40
				Total	171045.66

Elaborado por: El Autor

4.1.1 Costos directos.

Los costos directos son gastos esenciales sin los cuales no se puede llevar a cabo un proyecto, comprenden: materiales, servicios básicos, herramientas, equipos, maquinaria, personal técnico y mano de obra, necesarios para la ejecución de todos los rubros indicados en el presupuesto de obra.

4.1.2 Costos indirectos.

Son gastos de los que dependiendo el tamaño de la obra se puede prescindir o no de los mismos, estos gastos incluyen: administración técnica del proyecto, imprevistos, gastos de comunicación, transporte de personal y maquinaria, representan el 30 % del presupuesto total del proyecto.

4.1.3 Análisis de Precios Unitarios.

Se llevó a cabo el análisis de los distintos factores que influyen en cada uno de los elementos del APU, estos factores son: tarifas de alquiler de maquinarias y equipos, rendimiento de personal técnico, maquinarias y equipos, cantidad de materiales necesarios para ejecutar la unidad del rubro.

El análisis se lo realizó con los precios de compra y venta que existen en el mercado al mes de septiembre de 2022.

Se colocó un valor de 25 % como costos indirectos para la ejecución de cada rubro debido a los imprevistos que se puedan generar en el proyecto, los honorarios de profesionales adicionales que se pueda requerir y el transporte de maquinaria, equipos y materiales hacia el sitio del proyecto.

En el Anexo F se encuentran los APU utilizados para generar el presupuesto.

4.1.4 Volúmenes de obra.

Es el cálculo de las cantidades de obra a ejecutar durante la fase de construcción del proyecto, para obtener los volúmenes de la red de distribución propuesta, se utilizó los planos del proyecto indicados en el Anexo F.

Los volúmenes de obra se encuentran en el Anexo E.

4.1.5 Costos de operación y mantenimiento.

Representan los gastos requeridos por la red de distribución para su operación eficiente y segura, estos gastos incluyen: materiales, equipos, insumos, administración, etc.; a continuación, se detallan estos gastos:

Tabla 4.2. Costos de operación y mantenimiento anual.

Requerimientos operativos anuales				
Parámetro	Cantidad	Unidad	Precio unitario (\$)	Costo anual (\$)
hipoclorito de calcio anual	38.86	kg/año	2.48	96.36
Herramientas y equipos	1	G	454.14	454.14
Análisis de agua	1	G	600	600.00
Costo administrativo	1	G	3720.00	3720.00
Costos de mantenimiento	1	G	1060.00	1060.00
Costo total anual (\$)				5930.50

Elaborado por: El Autor

Las tablas con los parámetros desglosados se encuentran en el Anexo D

4.2 Cronograma valorado de obras.

La programación de obra es un proceso administrativo de planeación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades componentes de un proyecto, que debe desarrollarse dentro de los objetivos y metas de este.

Se puede definir al cronograma valorado de trabajos como una lista de actividades a realizarse a través del tiempo, en el cual incluye avances e inversiones mensuales y acumuladas (Merino & Pino, 2016).

El cronograma valorado es de vital importancia para el seguimiento del proceso constructivo de un proyecto, se podría decir entonces que el cronograma valorado de trabajos es una herramienta de gestión y control de actividades (Merino & Pino, 2016).

4.3 Especificaciones técnicas.

4.3.1 Aplicación

Las presentes especificaciones técnicas son de aplicación para el proyecto y corresponden a rubros del presupuesto general del proyecto, las mismas deben seguirse durante la ejecución del proyecto

4.3.2 Definición de términos y abreviaturas

Las siguientes abreviaciones se utilizan en los documentos:

4.3.3 Logística

Para el transporte del personal, equipos, herramientas y materiales necesarios para el personal, se utilizará una camioneta estándar de uso común con una capacidad de carga superior a las 2 toneladas, la misma que tendrá que ser facilitada por la administración del sistema.

4.3.4 Obras civiles

4.3.4.1 Desbroce y limpieza

El contratista deberá realizar las labores de cortar, desraizar y retirar de los sitios en los que se implantarán las obras de construcción los árboles, arbustos, pasto o cualquier tipo de vegetación comprendida dentro de las áreas de construcción, instalación de tuberías o las que ordene desbrozar el fiscalizador. Estas operaciones pueden ser efectuadas manualmente o con el empleo de equipos mecánicos.

Toda la materia vegetal deberá colocarse fuera de las zonas destinadas a la construcción, en los sitios que señale el ingeniero fiscalizador. Los daños y perjuicios a propiedad ajena causados por trabajos de desbroce efectuados indebidamente dentro o fuera de la zona de construcción son de responsabilidad del contratista.

Las operaciones de desbroce deberán efectuarse invariablemente previo a los trabajos de replanteo y nivelación, con la debida anticipación a fin de no entorpecer el desarrollo de la construcción.

4.3.4.1.1 Forma de pago

Por metro cuadrado desbrozado.

4.3.4.1.2 *Conceptos de Trabajo:*

En Obra de captación m²
En Red de distribución m²

4.3.4.2 **Replanteo y nivelación**

Replanteo y nivelación es la ubicación de un proyecto en el terreno, en base a los datos que constan en los planos respectivos y/o las órdenes del ingeniero Fiscalizador; como paso previo a la construcción.

4.3.4.2.1 *Especificaciones*

Todos los trabajos de replanteo y nivelación deben ser realizados con aparatos de precisión y por personal técnico capacitado y experimentado. Se deberá colocar mojones de hormigón perfectamente identificados con la cota y abscisa correspondiente y su número estará de acuerdo a la magnitud de la obra y necesidad de trabajo y/o órdenes del ingeniero fiscalizador.

La Empresa dará al contratista como datos de campo, el BM y referencias que constarán en los planos, en base a las cuales el contratista, procederá a replantear la obra a ejecutarse.

4.3.4.2.2 *Forma de pago*

El replanteo se medirá en metros lineales, con aproximación a dos decimales en el caso de zanjas y, por metro cuadrado en el caso de estructuras. El pago se realizará en acuerdo con el proyecto y la cantidad real ejecutada medida en el terreno y aprobada por el ingeniero fiscalizador.

4.3.4.2.3 *Conceptos de trabajo*

Replanteo y nivelación estructuras	M ²
Replanteo y nivelación zanja	M

4.3.4.3 **Excavaciones**

Se entiende por excavaciones en general, el remover y quitar la tierra u otros materiales con el fin de conformar espacios para alojar mamposterías, canales y drenes, elementos estructurales, alojar las tuberías y colectores; incluyendo las operaciones necesarias para: compactar o limpiar el replantillo y los taludes, el retiro del material producto de las excavaciones, y conservar las mismas por el tiempo que se requiera hasta culminar satisfactoriamente la actividad planificada.

4.3.4.3.1 *Especificaciones*

Antes de iniciar la excavación a máquina se deberá realizar los SONDEOS en los sitios que se tenga infraestructura de agua, alcantarillado, teléfonos y energía eléctrica, la excavación será efectuada de acuerdo con los datos señalados en los planos, en cuanto a alineaciones pendientes y niveles, excepto cuando se encuentren inconvenientes imprevistos en cuyo caso, aquellos pueden ser modificados de conformidad con el criterio técnico del Ingeniero Fiscalizador.

El fondo de la zanja será lo suficientemente ancho para permitir el trabajo de los obreros y para ejecutar un buen relleno. En ningún caso, el ancho interior de la zanja será menor que el diámetro exterior del tubo más 0.50 m, sin entibados: como entibamiento se considerará un ancho de la zanja no mayor que el diámetro exterior del tubo más 0.80 m., la profundidad mínima para zanjas de alcantarillado y agua será 1.20 m más el diámetro exterior del tubo.

En ningún caso se excavará, tan profundo que la tierra de base de los tubos sea aflojada o removida.

Las excavaciones deberán ser afinadas de tal forma que cualquier punto de las paredes no difiera en más de 5 cm. de la sección del proyecto, cuidándose de que esta desviación no se haga en forma sistemática.

La ejecución de los últimos 10 cm. de la excavación se deberá efectuar con la menor anticipación posible a la colocación de la tubería o fundición del elemento estructural. Si por exceso de tiempo transcurrido entre la conformación final de la zanja y el tendido de las tuberías, se requiere un nuevo trabajo antes de tender la tubería, éste será por cuenta de Constructor.

Se debe vigilar que desde el momento en que se inicie la excavación, hasta que termine el relleno de la misma, incluyendo la instalación y prueba de la tubería, no transcurra un lapso mayor de siete días calendario, excepto por condiciones especiales que serán absueltas por el Ingeniero Fiscalizador.

Cuando a juicio del Ingeniero Fiscalizador, el terreno que constituya el fondo de las zanjas sea poco resistente o inestable, se procederá a realizar sobre excavación hasta encontrar terreno conveniente; este material inaceptable se desalojará, y se procederá a reponer hasta el nivel de diseño, con tierra buena, replantillo de grava,

piedra triturada o cualquier otro material que a juicio del Ingeniero Fiscalizador sea conveniente.

Si los materiales de fundación natural son aflojados y alterados por culpa del constructor, más de lo indicado en los planos, dicho material será removido, reemplazado, compactado, usando un material conveniente aprobado por el Ingeniero Fiscalizador, y a costo del contratista.

Cuando los bordes superiores de excavación de las zanjas estén en pavimentos, los cortes deberán ser lo más rectos y regulares posibles.

4.3.4.3.2 Excavación a mano en tierra

Se entenderá por excavación a mano sin clasificar la que se realice en materiales que pueden ser aflojados por los métodos ordinarios, aceptando presencia de fragmentos rocosos cuya dimensión máxima no supere los 5 cm., y el 40% del volumen excavado.

4.3.4.3.3 Excavación a máquina en tierra

Se entenderá por excavación a máquina de zanjas la que se realice según el proyecto para la fundición de elementos estructurales, alojar la tubería o colectores, incluyendo las operaciones necesarias para compactar, limpiar el replantillo y taludes de las mismas, la remoción del material producto de las excavaciones y conservación de las excavaciones por el tiempo que se requiera hasta una satisfactoria colocación de la tubería.

Excavación a máquina en tierra, comprenderá la remoción de todo tipo de material (sin clasificar) no incluido en las definiciones de roca, conglomerado y fango.

4.3.4.3.4 Manipuleo y desalojo de material excavado

Los materiales excavados que van a ser utilizados en el relleno de calles y caminos, se colocarán lateralmente a lo largo de la zanja; este material se mantendrá ubicado en la forma que no cause inconvenientes al tránsito del público.

Se preferirá colocar el material excavado a un solo lado de la zanja. Se dejará libre acceso a todos los hidrantes contra incendios, válvulas de agua y otros servicios que requiera facilidades para su operación y control. La capa vegetal removida en forma separada será acumulada y desalojada del lugar.

Durante la construcción y hasta que se haga la repavimentación definitiva o hasta la recepción del trabajo, se mantendrá la superficie de la calle o camino, libre de polvo, lodo, desechos o escombros que constituyan una amenaza o peligro para el público.

El polvo será controlado en forma continua, ya sea esparciendo agua o mediante el empleo de un método que apruebe la Fiscalización.

Los materiales excavados que no vayan a utilizarse como relleno, serán desalojados fuera del área de los trabajos.

Todo el material sacado de las excavaciones que no será utilizado y que ocupa un área dentro del derecho de vía. Será transportado fuera y utilizado como relleno en cualquier otra parte.

4.3.4.3.5 Forma de pago

La excavación sea a mano o a máquina se medirá en metros cúbicos (m³) con aproximación a la décima, determinándose los volúmenes en la obra según el proyecto y las disposiciones del Fiscalizador. No se considerarán las excavaciones hechas fuera del proyecto sin la autorización debida, ni la remoción de derrumbes originados por causas imputables al Constructor.

El pago se realizará por el volumen realmente excavado, calculado por franjas en los rangos determinados en esta especificación, más no calculado por la altura total excavada

Se tomarán en cuenta las sobre excavaciones cuando estas sean debidamente aprobadas por el Ingeniero Fiscalizador.

4.3.4.3.6 Conceptos de trabajo

Excavación zanja a mano h=0.00-2.75m (en tierra)	M3
Excavación zanja a máquina h=0.00-2.75m (en tierra)	M3

4.3.4.4 Rasanteo de zanjas

Se entiende por rasanteo de zanja a mano la excavación manual del fondo de la zanja para adecuar la estructura de tal manera que esta quede asentada sobre una superficie consistente.

4.3.4.4.1 Especificaciones

El arreglo del fondo de la zanja se realizará a mano, por lo menos en una profundidad de 10 cm., de tal manera que la estructura quede apoyada en forma adecuada, para resistir los esfuerzos exteriores, considerando la clase de suelo de la zanja, de acuerdo a lo que se especifique en el proyecto.

El rasanteo se realizará de acuerdo a lo especificado en los planos de construcción proporcionados por la Entidad Contratante.

4.3.4.4.2 Forma de pago

La unidad de medida de este rubro será el metro cuadrado y se pagará de acuerdo al precio unitario estipulado en el contrato. Se medirá con una aproximación de 2 decimales.

4.3.4.4.3 Conceptos de trabajo

Rasanteo de zanja a mano	m ²
--------------------------	----------------

4.3.4.5 Rellenos

Se entiende por relleno el conjunto de operaciones que deben realizarse para restituir con materiales y técnicas apropiadas, las excavaciones que se hayan realizado para alojar, tuberías o estructuras auxiliares, hasta el nivel original del terreno o la calzada a nivel de subrasante sin considerar el espesor de la estructura del pavimento si existiera, o hasta los niveles determinados en el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador. Se incluye además los terraplenes que deben realizarse.

4.3.4.5.1 Especificaciones

No se deberá proceder a efectuar ningún relleno de excavaciones sin antes obtener la aprobación del Ingeniero Fiscalizador, pues en caso contrario, éste podrá ordenar la total extracción del material utilizado en rellenos no aprobados por él, sin que el Constructor tenga derecho a ninguna retribución por ello. El Ingeniero Fiscalizador debe comprobar la pendiente y alineación del tramo.

El material y el procedimiento de relleno deben tener la aprobación del Ingeniero Fiscalizador. El Constructor será responsable por cualquier desplazamiento

de la tubería u otras estructuras, así como de los daños o inestabilidad de los mismos causados por el inadecuado procedimiento de relleno.

Los tubos o estructuras fundidas en sitio, no serán cubiertos de relleno, hasta que el hormigón haya adquirido la suficiente resistencia para soportar las cargas impuestas. El material de relleno no se dejará caer directamente sobre las tuberías o estructuras. Las operaciones de relleno en cada tramo de zanja serán terminadas sin demora y ninguna parte de los tramos de tubería se dejará parcialmente rellena por un largo período.

La primera parte del relleno se hará invariablemente empleando en ella tierra fina seleccionada, exenta de piedras, ladrillos, tejas y otros materiales duros; los espacios entre la tubería o estructuras y el talud de la zanja deberán rellenarse cuidadosamente con pala y apisonamiento suficiente hasta alcanzar un nivel de 30 cm sobre la superficie superior del tubo o estructuras; en caso de trabajos de jardinería el relleno se hará en su totalidad con el material indicado. Como norma general el apisonado hasta los 60 cm sobre la tubería o estructura será ejecutado cuidadosamente y con pisón de mano; de allí en adelante se podrá emplear otros elementos mecánicos, como rodillos o compactadores neumáticos.

Se debe tener el cuidado de no transitar ni ejecutar trabajos innecesarios sobre la tubería hasta que el relleno tenga un mínimo de 30 cm sobre la misma o cualquier otra estructura.

Los rellenos que se hagan en zanjas ubicadas en terrenos de fuerte pendiente, se terminarán en la capa superficial empleando material que contenga piedras lo suficientemente grandes para evitar el deslave del relleno motivado por el escurrimiento de las aguas pluviales, o cualquier otra protección que el fiscalizador considere conveniente.

En cada caso particular el Ingeniero Fiscalizador dictará las disposiciones pertinentes.

Cuando se utilice tablestacados cerrados de madera colocados a los costados de la tubería antes de hacer el relleno de la zanja, se los cortará y dejará en su lugar hasta una altura de 40 cm sobre el tope de la tubería a no ser que se utilice material granular para realizar el relleno de la zanja. En este caso, la remoción del tablaestacado

deberá hacerse por etapas, asegurándose que todo el espacio que ocupa el tablaestacado sea relleno completa y perfectamente con un material granular adecuado de modo que no queden espacios vacíos.

Una vez que la zanja haya sido rellena y compactada, el Constructor deberá limpiar la zona de todo sobrante de material de relleno o cualquier otra clase de material. Si así no se procediera, el Ingeniero Fiscalizador podrá ordenar la paralización de todos los demás trabajos hasta que la mencionada limpieza se haya efectuado y el Constructor no podrá hacer reclamos por extensión del tiempo o demora ocasionada.

4.3.4.5.2 Forma de pago

El relleno y compactación de zanjas que efectúe el Constructor le será medido para fines de pago en m³, con aproximación de dos decimales. Al efecto se medirán los volúmenes efectivamente colocados en las excavaciones. El material empleado en el relleno de sobre excavación o derrumbes imputables al Constructor, no será cuantificado para fines de estimación y pago.

4.3.4.5.3 Conceptos de trabajo

Relleno compactado (mat. Excavacion)	m ³
--------------------------------------	----------------

4.3.4.6 Rotura y reposición de pavimentos

Se entenderá por reposición, la operación de construir el elemento que hubiere sido removida en la apertura de las zanjas. Este elemento reconstruido deberá ser de materiales de características similares a las originales.

Este trabajo consistirá en el recubrimiento de la superficie de la vía con una capa de cantos rodados o piedra partida que constituye el material existente del desempedrado, colocados sobre una subrasante adecuadamente terminada, y de acuerdo con lo indicado en los planos y las instrucciones del fiscalizador.

4.3.4.6.1 Especificaciones.

Este trabajo también incluirá la colocación de una capa de asiento de arena y el emporado posterior y la utilización de la piedra obtenida del desempedrado, para reconformar posteriormente en el mismo lugar el empedrado.

El reempedrado se lo realizará con cantos rodados o piedra fracturada. Las piedras deberán tener de 15 a 20 cm de diámetro para las maestras y de 10 a 15 cm para el resto de la calzada, las mismas que serán duras, limpias y no presentarán fisuras.

Una vez asentadas las piedras y rellenadas las juntas, la superficie deberá presentar uniformidad y cumplir con las pendientes, alineaciones y anchos especificados. El fiscalizador efectuará las comprobaciones mediante nivelación y con una regla de 3 m que será colocada longitudinal y transversalmente de acuerdo con los perfiles indicados en los planos. La separación máxima tolerable entre la regla y la superficie empedrada será de 3 cm.

Las irregularidades mayores que las admitidas, serán removidas y corregidas, a satisfacción del fiscalizador y a costa del contratista.

La superficie de apoyo deberá hallarse conformada de acuerdo a las cotas, pendiente y ancho determinados, se humedecerá y compactará con pisón manual.

Luego se colocará una capa de arena de aproximadamente 5 cm de espesor en toda la superficie que recibirá el empedrado. Sobre esta capa se asentarán a mano las piedras maestras, que serán las más grandes, para continuar en base a ellos, la colocación del resto del empedrado. Las hileras de maestras se ubicarán en el centro y a los costados del empedrado. La penetración y fijado se conseguirá mediante un pisón de madera.

Los espacios entre las piedras deberán ser rellenados con arena gruesa o polvo de piedra. Este material se esparcirá uniformemente sobre la superficie y se ayudará a su penetración utilizando escobas y el riego de agua.

4.3.4.6.2 *Forma de pago*

La rotura de cualquier elemento indicado en los conceptos de trabajo será medida en metros cuadrados (m²) con aproximación de dos decimales.

La reposición de igual manera se medirá en metros cuadrados con dos decimales de aproximación.

4.3.4.6.3 *Conceptos de trabajo*

Desempedrado	m ²
--------------	----------------

Reempedrado (mat. Existente)	m2
Levantamiento empedrado (basilica)	m2
Adoquinado ($f'c=300$ kg/cm ²) incluye cama de arena y emporado	m2
Replanto de piedra e=15cms	m2

4.3.5 Suministro e instalación de válvulas

Se entenderá por instalación de válvulas y accesorios para tubería de agua, el conjunto de operaciones que deberá realizar el Constructor para colocar según el proyecto, las válvulas y accesorios que forman parte de los diferentes elementos que constituyen la obra.

4.3.5.1.1 Especificaciones

El Constructor proporcionará las válvulas piezas, especiales y accesorios para las tuberías de agua que se requieran según el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Supervisor. El Constructor deberá suministrar los empaques necesarios que se requieran para la instalación de las válvulas y accesorios. Las uniones, válvulas, tramos cortos y demás accesorios serán manejados cuidadosamente por el Constructor a fin de que no se deterioren. Previamente a su instalación el Ingeniero Supervisor inspeccionará cada unidad para eliminar las que presenten algún defecto en su fabricación. Las piezas defectuosas serán retiradas de la obra y no podrán emplearse en ningún lugar de la misma, debiendo ser respuestas de la calidad exigida por el Constructor. Antes de su instalación las uniones, válvulas y accesorios deberán ser limpiadas de tierra, exceso de pintura, aceite, polvo o cualquier otro material que se encuentre en su interior o en las uniones. Simultáneamente el tendido de un tramo de tubería se instalarán los nudos de dicho tramo, colocándose tapones ciegos provisionales en los extremos libres de esos nudos. Los nudos estarán formados por las cruces, codos, reducciones y demás piezas especiales que señale el proyecto.

4.3.5.2 Válvulas de compuerta

Se entenderá por suministro e instalación de válvulas de compuerta el conjunto de operaciones que deberá ejecutar el Constructor para suministrar y colocar en los lugares que señale el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador de la Obra, las válvulas que se requieran. Se entenderá por válvulas de compuerta, al dispositivo de cierre para regular el paso del agua por las tuberías.

4.3.5.2.1 *Especificaciones*

El suministro e instalación de válvulas de compuerta comprende las siguientes actividades: el suministro y el transporte de las válvulas de compuerta hasta el lugar de su colocación o almacenamiento provisional; las maniobras y acarreo locales que deba hacer el Constructor para distribuir las a lo largo de las zanjas y/o estaciones; los acoples con la tubería y/o accesorios y la prueba una vez instaladas para su aceptación por parte de la Fiscalización.

Las válvulas de compuerta se deben utilizar exclusivamente para apertura y cierre. Estas válvulas deben dejar el círculo completamente libre, para permitir la utilización de cepillos especiales de limpieza de las tuberías.

Las válvulas de compuerta no deben trabajar en posiciones intermedias porque pueden vibrar, dependiendo de caudales y presiones, o sufrir cavitación o desgastes excesivos. No se deben usar para modular, es decir cambiando continuamente de posición.

Para grandes diámetros se deben tener especificaciones claras para su construcción y para el trabajo específico para el que se destinen. Estas válvulas vienen normalmente roscadas (para diámetros pequeños) y bridadas (para diámetros grandes).

El material del cuerpo de las válvulas se sujetará a la norma ASTM A-126 clase B; las partes de bronce a ASTM B-62, el vástago a ASTM B-147. Para el caso de ser bridadas, las bridas para unión con otros accesorios cumplirán la especificación ANSI B16.1-125 y ANSI B 16.1.250 y en el caso de presiones mayores a 275 psi usar bridas con la norma ASA

4.3.5.2.2 *Forma de pago*

El suministro, colocación e instalación de válvulas de compuerta le será pagada al Constructor a los precios unitarios estipulados en el Contrato de acuerdo a la unidad de pago (U)

4.3.5.2.3 *Conceptos de Trabajo:*

Válvula de Compuerta. DN 50mm

Válvula de Compuerta. DN 32mm

Válvula de Compuerta. DN 25mm

4.3.5.3 Válvulas de aire

Deberán permitir el escape de aire atrapado en pequeñas bolsas que se forman en los puntos altos del sistema, cuando este se encuentra bajo presión, serán de doble acción.

4.3.5.3.1 Especificaciones

El cuerpo de esta válvula será de PVC, construido bajo normas internacionales, con sección de acople roscada; la válvula de control o flotador será de material inoxidable o de caucho sintético u otro material protector.

4.3.5.3.2 Forma de pago

Por unidades

4.3.5.3.3 Conceptos de Trabajo:

Suministro e instalación de Válvula de Aire, DN=200mm.

4.3.6 Tuberías de presión de cloruro de polivinilo pvc

Comprende el conjunto de operaciones que deberá ejecutar el Constructor para suministrar, instalar y probar, en los lugares que señale el proyecto y/o las órdenes del Ingeniero Fiscalizador de la Obra, las tuberías que se requieran en la construcción de sistemas de agua, ya se trate de tubería de hierro negro o galvanizado y plástico.

4.3.6.1.1 Especificaciones

Para la tubería plástica, siempre sujetándose a la NORMA INEN 1373, tubería de PVC, rígido para presión, longitud útil 6 m.

El material utilizado para la fabricación de tuberías debe componerse sustancialmente de cloruro de polivinilo no plastificado, al cual se pueden añadir algunos aditivos para mejorar la manufactura de este polímero, pero jamás se utilizarán derivados de plomo en la elaboración de la tubería.

La tubería debe estar enterrada bajo la superficie del suelo. El material del tubo será homogéneo a través de la pared y uniforme en color, opacidad y densidad. El producto terminado debe presentar superficies internas y externas lisas a simple vista y libres de grietas, fisuras, perforaciones o incrustaciones de material extraño. Los diámetros nominales exteriores serán de 40, 50, 63, 110, 160, 200, 300, mm. La presión de trabajo será de 1.25 Mega Pascal. Los tubos deben ser entregados en longitud nominal de 6.00 metros.

La tubería de agua deberá ir a un nivel más alto que la de alcantarillado, con una distancia vertical libre de 0.30 m como mínimo. En los cruces de las calles, mediante el juego angular de la tubería, se irá profundizando antes de llegar a la esquina, de tal forma que la profundidad mínima en las calles sea de 80 cm sobre la clave del tubo,

4.3.6.1.2 Forma de pago

Los trabajos se liquidarán de acuerdo a lo siguiente metro línea “m”

4.3.6.1.3 Conceptos de Trabajo:

Suministro, instalación y prueba tubería PVC D=32 mm 0.8 MPa.

Suministro, instalación y prueba tubería PVC D=50 mm 0.8 MPa.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

El sistema actual de agua al no tener una correcta distribución, no permite la llegada de caudal a ciertos puntos de la red, esto queda demostrando en el análisis hecho en WaterCad y que corresponde con el testimonio de la población ubicada en los puntos más lejanos de la red.

La dotación de la población se tomó de 75 l/hab/día, sin embargo, se consideró un pequeño caudal para abastecer a las infraestructuras existentes en las comunidades por lo que la dotación final fue de 81.30 l/hab/día

Los caudales de diseño finales para la red de agua fueron de 2.07 l/s el mismo que corresponde al consumo máximo horario.

Al ser un sistema impulsado por gravedad se ha utilizado 4 tipos de diámetros de tubería para poder sostener la presión velocidades en el sistema, que van desde los 20 mm hasta los 75mm todos estos diámetros comerciales

Se ha elaborado un plan de operación y mantenimiento del proyecto el cual es una guía para que la gente de las comunidades en conjunto con la directiva pueda realizar un mantenimiento adecuado del sistema.

El presupuesto del proyecto tiene un valor de \$ 171045.66. El plazo que se ha establecido para el presente proyecto será de cinco meses, tiempo en que se debe de concluir con la ejecución de todos los trabajos estipulados en los rubros respectivos.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar un estudio de suelos en el sitio de implantación del tanque regulación de agua, esto para a futuro realizar el diseño estructural de este componente del sistema.

Los estudios de la calidad del agua se deben realizar al menos una vez por año, esto para mantener un registro del estado de las fuentes u ojos de agua que poseen las comunidades.

Es necesario realizar aforamientos en las fuentes de agua, a lo largo del año o al menos durante 3 meses de invierno y 3 de verano para obtener mejores datos del caudal que aporta las fuentes de agua.

Para elaborar la curva de consumo horario de la población, se debe realizar las mediciones las 24 hora del día los 7 días de la semana durante un periodo de al menos 3 meses del año

Los diseños estructurales de todas las estructuras hidráulicas deben seguir la norma nacional y sus referencias internacionales, para ello es importante tener todo el estudio previo que se requieran.

Bibliografía

- Aguas Machala EP. (2022). *Manual de Operación y Mantenimiento de redes de Agua Potable*. Machala : www.aguasmachala.gob.ec.
- Alvarado, P. (2013). *Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, parroquia Nambacola*. Loja: UTPL.
- American Concrete Institute. (2007). *Diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquidos*. Comité ACI 350.
- EMAAP-Q. (2008). *Normas De Diseño De Sistemas De Agua Potable Para La EMMAP-Q*. Empresa de Alcantarillado y Agua Potable de Quito.
- ETAPA-EP. (2004). *Criterios y parametros de diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillado*. Cuenca.
- ETAPA-EP. (2004). *CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO*. Cuenca.
- Hidalgo, L. (2017). *Guía práctica para aforar en canales y cauces naturales, utilizando instrumentación básica y de bajo costo*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18851>
- INEN. (2011). *Agua Potable Requisito. NTE INEN 1108 : 2011*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2015). *TUBERÍA PLÁSTICA. TUBOS DE PVC RÍGIDO UNIÓN POR ROSCA, PARA CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE A PRESIÓN. CÉDULA 80. REQUISITOS*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- Jímenez, J. (2013). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Universidad Veracruzana. Obtenido de <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
- López, R. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

- Mantilla, F. (2015). *Técnicas de Muestreo: Un enfoque a la investigación de mercados*. Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10177>
- Merino, D., & Pino, J. (2016). *Evaluación y rediseño del sistema de agua potable de la comunidad de Tuntatacto*. Riobamba: UNACH.
- Morales, F. A. (2015). *Abastecimiento de agua para comunidades rurales*. Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6873>
- Pinto, P., & Valladares, O. (06 de Junio de 2016). *Diseño Hidráulico de la Captación, Sistema de Bombeo y Conducción de agua del proyecto Perafán – Santa Martha*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6496>
- Plan de Ordenamiento Territorial de la Parroquia Santa Ana*. (2019). Cuenca, Azuay: GAD PARROQUIAL. Obtenido de http://santana.gob.ec/images/cuentas2019/PDOT_SANTA_ANA_2019-2023.pdf
- Puga, M. (2010). *Modelo hidráulico físico de vertederos como ayuda de aprendizaje de la materia de hidráulica*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica del Ejercito]. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1681/1/T-ESPE-029265.pdf>
- RAS. (2010). *Título B Sistemas de Acueducto*. Ministerio de Agua y Saneamiento Básico.
- Rodriguez, P. (2001). *Abastecimiento de Agua*. Oaxaca: ITO.
- Romero, F. C., & Duque, J. I. (2005). *Acueductos, teoría y diseños*. Universidad de Medellín.
- SENAGUA. (2014). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Secretaria del Agua.

- SENAGUA. (2014). *Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes*. Secretaria del Agua.
- SENAGUA. (2017). Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua LIBRO VI ANEXO 1. En *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente* (Vol. Anexo, pág. 54).
- Sotelo, G. (1997). *Hidráulica General Volumen 1 - Fundamentos*. Limusa S.A.
- Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS): TÍTULO B. Sistemas de acueducto. – 2 ed.* Universidad de los Andes.
- VMCS. (2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2018/07/23/norma-tecnica-de-diseno-opciones-tecnologicas-para-sistemas-de-saneamiento-en-el-ambito-rural/>