



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

“PROPUESTA DE REDISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD LAS PIEDRAS, MUNICIPIO DE RIVAS, DEPARTAMENTO DE RIVAS”.

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. José Giovanni Ordóñez Jarquín

Br. Edwing Antonio Rodríguez Ruiz

Tutor

Ing. César Augusto Gómez

Managua, 23 de enero 2023

Agradecimientos

En primera instancia agradecemos a Dios por darnos lo necesario en el momento oportuno, las fuerzas para salir adelante y cumplir los propósitos en nuestras vidas; sin la ayuda de él nada es posible en esta vida.

A nuestros padres por habernos forjado como las personas que somos en la actualidad, por su inmenso apoyo incondicional y motivarnos día a día con sus consejos a ser mejores y a esforzarnos para cumplir nuestras metas; han sido nuestro motor para concluir esta etapa.

A amigos, familia y personas especiales que aportaron su granito de arena en nuestra labor, así como a docentes que sin ningún egoísmo fueron capaces de brindarnos copiosos conocimientos prácticos y teóricos fuera del aula de clases.

Dedicatoria

Dedico esta monografía primeramente a Dios, porque me ha permitido llegar hasta este punto de mi carrera y por haber hecho que las cosas se dieran de la mejor manera, a pesar de las adversidades que se presentaron en el camino.

A dos de los pilares de mi vida que ya no están con nosotros, mi madre de crianza y mi abuelito. A mi abuelita, mi madre biológica, mis tíos, mis hermanos y hermanas, ya que gracias ellos, pude estudiar mi carrera universitaria y tener una formación profesional, además de que me brindaron su apoyo durante todo el proceso académico para realizar este trabajo.

A mi prometida, por siempre animarme a finalizar este trabajo final y darme su apoyo incondicional desde principio a fin.

Br. Edwing Antonio Rodríguez Ruiz

Dedicatoria

Dedico esta monografía con todo mi corazón a mis hijas bellas: Sarah, Isabella y Giovanna.

Br. José Giovanni Ordoñez Jarquín

Resumen

El sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad Las Piedras, Rivas es un Mini-Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) construido en el año 1980, del cual se beneficiaron 16 viviendas en dicha comunidad.

La fuente de abastecimiento en el MABE de la comunidad es un pozo perforado, de este sistema se instalaron 16 puestos de agua y un tanque de 10000 litros, el cual era llenado en 2 horas.

Después de 40 años de funcionamiento del sistema, este no ofrece los servicios demandados, dando inicio al constante desabastecimiento de agua para la comunidad; provocando que la población recibiera el agua cada 8 días o tuviera que comprar a particulares para obtener el vital líquido tan necesario.

Dada las circunstancias que presenta la comunidad se propuso realizar una mejora al sistema utilizando un nuevo pozo con suficiente capacidad y un proceso de desinfección de las aguas para brindarle un servicio de calidad a toda la comunidad.

La tesis consta de cinco capítulos en los que se estudiaron distintos tópicos según la importancia que reportan al estudio, en los que en su mayoría se limitó al estudio del área de proyecto.

El capítulo uno hace referencia a las generalidades del sitio de proyecto, antecedentes, características geográficas y principales actividades económicas, así como el acceso al sitio.

El capítulo dos aborda los aspectos teóricos que sustentan los principales conceptos relacionados con el agua potable y el diseño de acueductos como medio para el abastecimiento de este vital líquido.

El capítulo tres hace una descripción de los aspectos metodológicos que se implementaron para alcanzar los objetivos propuestos en este estudio.

El capítulo cuatro refleja los resultados obtenidos de cada uno de los objetivos propuestos para el estudio y diseño de la red de abastecimiento de agua potable de la comunidad Las Piedras.

Al final, luego del desarrollo de los capítulos, se abordan las conclusiones y recomendaciones sobre el sistema de mini acueducto por bombeo eléctrico para la comunidad Las Piedras, que serán de utilidad para futuros estudios.

ÍNDICE

1	GENERALIDADES	1
1.1	Introducción	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación	3
1.4	Objetivos	4
1.4.1	Objetivo General	4
1.4.2	Objetivos específicos.....	4
1.5	Características Del Área De Estudio	5
1.5.1	Macrolocalización	5
1.5.2	Microlocalización	6
2	MARCO TEÓRICO	8
2.1	Estudio de la población.....	8
2.1.1	Proyección de población	9
2.1.2	Fuente de información para la proyección de la población.	9
2.1.3	Tasa de crecimiento geométrico.....	9
2.2	Dotación y población a servir.....	10
2.2.1	Nivel de servicio	10
2.2.2	Dotación de agua.	11
2.2.3	Población a Servir	11
2.3	Levantamiento Topográfico	11
2.3.1	Planimetría	12
2.3.2	Altimetría	12

2.4	Parámetros de diseño	12
2.4.1	Período de Diseño.....	12
2.4.2	Variación de consumo	13
2.4.3	Presiones máximas y mínimas	13
2.4.4	Coeficiente de Rugosidad de Hazen Williams	13
2.4.5	Velocidades permisibles en tuberías	13
2.4.6	Pérdidas en el sistema	14
2.4.7	Fuente de abastecimiento.	14
2.4.8	Energía.....	14
2.5	Aforo.....	15
2.6	Parámetros de calidad del agua	15
2.6.1	Análisis físico-químico y bacteriológico del agua.....	16
2.7	Diseño de los elementos del sistema	16
2.7.1	Fuente de abastecimiento.	17
2.7.2	Estación de Bombeo	17
2.7.3	Caseta de Control.....	17
2.7.4	Fundaciones de equipos de bombeo:.....	18
2.7.5	Selección del Equipo de Bombeo.....	18
2.7.6	Línea de conducción	18
2.7.7	Tratamiento y desinfección.....	19
2.8	Tanque de almacenamiento	20
2.9	Red de Distribución	20
2.10	Presupuesto	21

3	DISEÑO METODOLÓGICO	22
3.1	Estudio de la población.....	22
3.1.1	Proyección de la población.....	23
3.2	Levantamiento topográfico	24
3.3	Parámetros de diseño	24
3.3.1	Período de Diseño.....	24
3.3.2	Variación de consumo	25
3.3.3	Presiones máximas y mínimas	26
3.3.4	Coefficiente de Rugosidad de Hazen Williams	26
3.3.5	Velocidades permisibles en tuberías	27
3.3.6	Pérdidas en el sistema	27
3.4	Aforo.....	28
3.5	Parámetros de calidad del agua	28
3.6	Diseño de los elementos del sistema	29
3.6.1	Estación de Bombeo	29
3.6.2	Selección del Equipo de Bombeo.....	30
3.6.3	Línea de Conducción por bombeo.....	30
3.6.4	Tratamiento y desinfección.....	33
3.6.5	Tanque de almacenamiento	33
3.6.6	Red de distribución.....	34
3.7	Presupuesto del proyecto	34
4	CÁLCULOS Y RESULTADOS.....	36
4.1	Estudio socioeconómico	36

4.1.1	Análisis de encuesta socioeconómica	36
4.2	Proyección de la población.....	45
4.3	Levantamiento topográfico	46
4.4	Diagnóstico del sistema existente.....	47
4.4.1	Sistema de bombeo.....	47
4.4.2	Línea de impulsión	48
4.4.3	Red de distribución.....	48
4.4.4	Tanque de almacenamiento	49
4.4.5	Acometida domiciliar	49
4.4.6	Medición de niveles estáticos del agua en los pozos	50
4.5	Diseño del sistema de agua potable.....	50
4.5.1	Propuesta de diseño.....	50
4.5.2	Golpe de ariete.....	64
4.6	Presupuesto del proyecto	76
4.6.1	Costo de operación y mantenimiento	77
CONCLUSIONES.....		80
RECOMENDACIONES.....		81
ANEXOS.....		84

1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

El agua es un elemento indispensable en la vida de los seres humanos, y contar con este servicio es uno de los componentes que determina el desarrollo y calidad de vida de las familias. Para ello es necesario tener dicho servicio en cantidad y calidad para favorecer al desarrollo socioeconómico, a su vez es uno de los grandes desafíos hídricos que enfrentan las comunidades del sector rural en nuestro país, que generalmente se encuentran en condiciones desfavorables, y carecen de un acceso razonable al suministro de agua.

El presente estudio para el diseño de un sistema de agua potable se localiza en la comunidad Las Piedras, del municipio de Rivas que está ubicado en las coordenadas de Latitud: 11.4333, Longitud: -85.8333, 11° 25' 60" Norte, 85° 49' 60" Oeste, con una altura promedio de 68 metros sobre el nivel del mar y una extensión territorial de 281 km², en el departamento de Rivas. Hasta la fecha la comunidad cuenta con una población de 1148 habitantes, que se distribuyen en 6 kilómetros cuadrados, según datos recolectados en censo.

Actualmente, la comunidad Las Piedras se abastece de un mini acueducto por bombeo eléctrico, aprovechando una fuente subterránea a través de un pozo perforado, no obstante, el sistema presenta un servicio ineficiente debido a contar con más de 40 años de haberse puesto en operación y haberse presentado un incremento de la demanda, por lo cual ya no cubre las necesidades de la población de acuerdo a la norma del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). En consecuencia, las personas tienen que comprar a particulares que se dedican a la venta de viajes de agua a un considerable costo.

Por tanto, con este estudio se pretende proponer el diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), el cual tomará en cuenta las condiciones actuales, las que serán determinadas por un análisis demográfico y topográfico, de manera que la población logre abastecerse, de forma permanente.

1.2 Antecedentes

La comunidad Las Piedras, perteneciente al municipio de Rivas, departamento de Rivas, fue fundada en los años 60 y en sus inicios contaba con al menos 10 casas, sin embargo, el acelerado crecimiento de urbanización con el pasar del tiempo ha generado un aumento de la población, por lo que actualmente existen 267 viviendas, y la población se estima de 1148 habitantes.

La comunidad cuenta con una escuela primaria y una capilla católica, también con el servicio de energía eléctrica, lo que hizo posible la ejecución del proyecto anterior de agua potable.

En el año 1980 se instaló un sistema de agua potable por bombeo eléctrico, dirigido por Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). Con este proyecto se beneficiaron las casas que existían en ese entonces.

No obstante, el acueducto antes mencionado ya no cubre la demanda actual, por lo que hay un permanente desabastecimiento de agua potable desde hace ya varios años, existen además problemas operacionales en la red, a causa del bajo caudal, causado por la lenta recuperación que posee la fuente, según la entrevista realizada al comité de agua. Finalmente, el sistema mencionado no cumple con los estándares descritos en la normativa nacional del INAA.

1.3 Justificación

El crecimiento poblacional en la comunidad Las Piedras, la cual asciende actualmente a 1148 habitantes, ha generado serios problemas operacionales en el sistema de agua potable a causa del aumento de la demanda, de un mini acueducto que fue diseñado para 20 hogares beneficiarios, en consecuencia, no cumple con la dotación y consumo previstas en la norma nacional, la cual establece una dotación de 50 a 60 lppd, establecido en la norma técnica del INAA.

También, debido a la reducción gradual de la fuente de abastecimiento del sistema, según el CAPS, el tanque de almacenamiento de 10,000 litros de capacidad actualmente se llena en 6 horas, para abastecer una calle por día, cada 8 días por algunas pocas horas, lo que ha obligado a la compra de agua para satisfacer las necesidades diarias de los hogares. Cabe destacar que son 3 calles las que conforman principalmente la comunidad

Además de las limitaciones antes mencionadas, el asentamiento comunal se ha dispersado geográficamente con nuevas viviendas, situación que dificulta la prestación de los servicios de agua potable; debido a la expansión de la red, las distancias entre usuarios han provocado problemas operacionales por la baja presión y poco caudal ofertado. El sistema no ha recibido mantenimiento más que el cambio de bomba.

Se espera tener como producto final todos los instrumentos técnicos, planos y diseños, especificaciones técnicas y presupuesto, para que la alcaldía del Municipio de Rivas pueda construir un mini acueducto por bombeo eléctrico de alta calidad para su construcción y la prestación de servicios.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Proponer diseño hidráulico de un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable de la Comunidad “Las Piedras”, en el municipio de Rivas, departamento de Rivas.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Calcular la proyección de la demanda de agua potable de la población de la comunidad Las Piedras, tomando como referencia los datos obtenidos del censo de población y vivienda.
2. Realizar levantamiento topográfico del área de estudio y procesar la información altiplanimétrica.
3. Realizar el diseño hidráulico de los sistemas que componen un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), para el abastecimiento de agua potable en la comunidad Las Piedras.
4. Elaborar el presupuesto del estudio para la ejecución de la obra de rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable.

1.5 Características Del Área De Estudio

1.5.1 Macrolocalización

El municipio de Rivas está ubicado en las coordenadas de Latitud: 11.4333, Longitud: -85.8333, 11° 25' 60" Norte, 85° 49' 60" Oeste, con una altura promedio de 68 metros sobre el nivel del mar y una extensión territorial de 281 km², según los datos del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) para el año 2005 la población era de 529 habitantes.

Figura 1

Macrolocalización



Nota. En la figura se puede visualizar la Macrolocalización de la zona de estudio la cual se ubica en la región del pacifico de Nicaragua. Tomado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Rivas>, 2022

1.5.2 Microlocalización

El proyecto se desarrollará en la comunidad de Las Piedras a una distancia de 3 km aproximadamente del centro de la ciudad de Rivas, en el departamento de Rivas. Las coordenadas geográficas de la comunidad Las Piedras son las siguientes:

Latitud = 11° 26' 04" N, Longitud = 86° 50' 48" W, con una elevación promedio de 100 m.s.n.m.

Figura 2

Microlocalización del proyecto



Nota. En la figura se puede visualizar la Microlocalización de la zona de estudio la cual se ubica en la zona oeste del casco urbano del municipio de Rivas. Tomado de

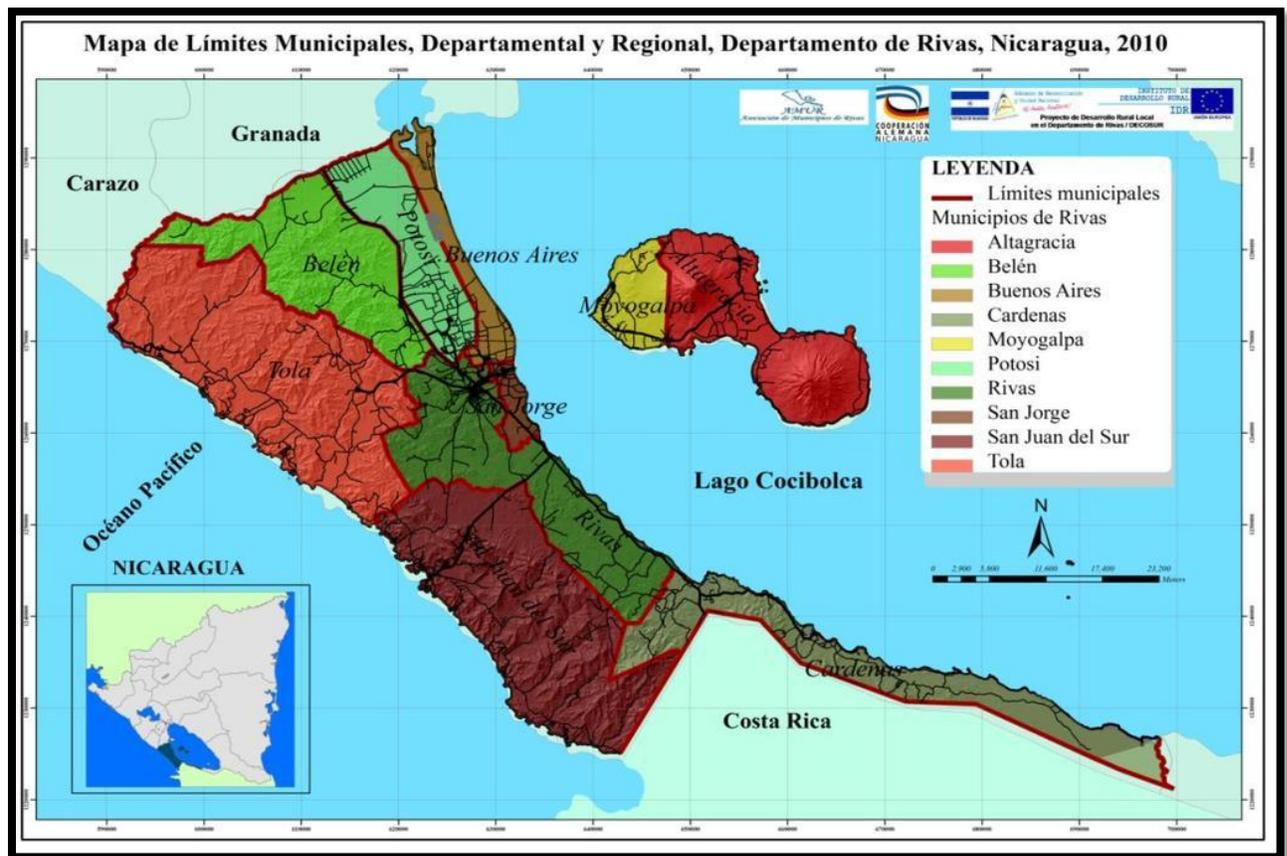
https://mapas.owje.com/5269_mapa-topografico-de-rivas-rivas-nicaragua.html, 2022

El municipio de Rivas se encuentra localizado al sur del país. Sus límites son los siguientes:

- Al norte: con los municipios de Potosí y Buenos Aires
- Al sur: con el municipio de San Juan del Sur
- Al este: con el municipio de San Jorge y el Lago Cocibolca
- Al oeste: con el municipio de Tola

Figura 3

División Política de Rivas



Nota. En la figura se puede visualizar la División Política del departamento de Rivas la cual consta de 10 municipios, siendo su cabecera departamental el municipio homólogo.

Tomado de Docplayer.es, 2022

2 MARCO TEÓRICO

Las obras de agua potable no se diseñan para satisfacer solo una necesidad del momento, sino que deben considerar el crecimiento de la población en un periodo de tiempo que generalmente varía entre 10 y 40 años; siendo necesario estimar cual será la población futura al final de este periodo. Con la población futura se determina la demanda de agua para el final del periodo de diseño, el cual en este documento comprenderá desde el año 2022 hasta el año 2042.

A continuación, se describe la base teórica y criterios de diseños necesarios para la formulación de proyectos de agua potable.

2.1 Estudio de la población

El estudio de población consiste en la caracterización del estilo de vida de los habitantes de la comunidad, incluyendo la densidad de la población por zonas y sus características generales como estructuras por edades y nivel de ingreso general, además, de las características habitacionales y comerciales, y la estimación de la tasa de crecimiento poblacional para la comunidad. La información requerida se obtendrá de la aplicación de la encuesta socioeconómica y de caracterización de la condición de servicio.

Frente a una necesidad social, la ingeniería puede brindar respuestas optimas técnicamente, oportunas en el tiempo y eficientes en lo económico, soluciones que se plasman en proyectos hidráulicos. De esta manera se ofrece a la sociedad una serie de respuestas a sus necesidades.

2.1.1 Proyección de población

La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de población.

La información de datos poblacionales se puede obtener de las siguientes fuentes de información tales como: Censos Nacionales de 1950, 1963 y 1995, INIDE Y EL MINSa.

2.1.2 Fuente de información para la proyección de la población.

La información necesaria para seleccionar la tasa de crecimiento con la cual habrá de proyectarse la población de la localidad en estudio, podrá conseguirse en las Instituciones siguientes:

El Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), el cual maneja toda la información relacionada con las poblaciones del país. Allí se pueden encontrar los documentos de los últimos censos nacionales realizados en los años 1950, 1963 y 1995. El INIDE, además, puede facilitar las proyecciones de población de todas las localidades del país. Información proveniente de Instituciones propias del lugar, tales como: Alcaldías, ENEL, ENACAL y el Programa de Erradicación de la Malaria del MINSa.

2.1.3 Tasa de crecimiento geométrico

Este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua. Se recomienda usar las siguientes tasas en base al crecimiento histórico.

- 1) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4%
- 2) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%

3) Si el promedio de la proyección de población por los dos métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:

- a) Mayor del 4%, la población se proyectará en base al 4%, de crecimiento anual.
- b) Menor del 2.5% la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5%.
- c) No menor del 2.5%, ni mayor del 4%, la proyección final se hará basada en el promedio obtenido.

2.2 Dotación y población a servir.

Para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, se recomienda usar los valores de consumo medio diario.

2.2.1 Nivel de servicio

El nivel de servicio debe ser de acuerdo a las necesidades de las familias, pero se ve influenciado por la capacidad de la fuente, el monto de la inversión disponible, los costos de operación y mantenimiento y la capacidad técnica y económica de los usuarios.

El nivel de servicio con conexión domiciliaria dentro de la vivienda es el que proporciona mayor garantía sanitaria al usuario, ya que disminuye el requerimiento de almacenamiento intra domiciliario del agua y los riesgos de contaminación asociados a esa práctica. (Flores Maldonado, 2019)

2.2.2 Dotación de agua.

Según INAA 1999, la dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de:

1. Nivel de servicio adoptado
2. Factores geográficos
3. Factores culturales
4. Uso del agua
 - a) Para sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30-40 lppd.
 - b) Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50-60 lppd.
 - c) En los pozos excavados a mano y pozos perforados se asignará una dotación de 20-30 lppd.

2.2.3 Población a Servir

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema.

2.3 Levantamiento Topográfico

Se define como tal el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano.

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. (Casanova Matera, 2002)

2.3.1 Planimetría

La planimetría es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana (plano geometría), prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal.

2.3.2 Altimetría

La altimetría (también llamada hipsometría) es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o “cota” de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.).

2.4 Parámetros de diseño

En estos se incluyen las dotaciones por persona, el período de diseño, la población futura y los factores específicos (coeficientes de flujo, velocidades permisibles, presiones mínimas y máximas, diámetro mínimo, cobertura sobre tubería y resistencia de las tuberías).

2.4.1 Período de Diseño

El periodo de diseño, es el tiempo o número de años en el cual se considera que el sistema funcionará en forma eficiente cumpliendo los parámetros, respecto a los cuales se ha diseñado determinado sistema.

2.4.2 Variación de consumo

La finalidad del sistema de abastecimiento de agua es la de suministrar de forma continua y con presión suficiente el agua de calidad a una comunidad con el fin de satisfacer las necesidades de consumo. Para lograrlo es necesario conocer el funcionamiento del sistema de acuerdo a las variaciones en los consumos que ocurrirán para diferentes momentos durante el periodo de diseño. Estas variaciones pueden expresarse en función del consumo promedio diario, CPD.

2.4.3 Presiones máximas y mínimas

Para el funcionamiento eficaz del sistema de abastecimiento se requieren presiones que cumplan dentro de un rango permisible para el sector rural:

Presión Mínima: 5.0 metros

Presión Máxima: 50.0 metros

2.4.4 Coeficiente de Rugosidad de Hazen Williams

El coeficiente de Rugosidad (C) de Hazen Williams es el coeficiente de capacidad hidráulica que relaciona el material de las tuberías utilizadas con la fricción del agua al pasar dentro de estas, para la determinación de las pérdidas en el sistema.

2.4.5 Velocidades permisibles en tuberías

Un criterio básico en el diseño de las tuberías principales es que la velocidad de operación en los diversos tramos de la red se mantenga dentro del rango recomendado por las normas, para que de esa forma se logre un uso efectivo de las tuberías sin sobrepasar los límites

establecidos. Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías.

2.4.6 Pérdidas en el sistema

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas o desperdicios en el sistema. La cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario (CPD) cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

2.4.7 Fuente de abastecimiento.

La fuente de agua constituye el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es de donde se extrae el agua para su potabilización y disposición a las personas mediante el sistema de tuberías que llega a cada casa.

Un cuerpo de agua subterránea presenta diversas ventajas con relación a los cuerpos superficiales ya que, por el lado de la calidad de agua, la filtración natural hace menos costoso el tratamiento que deba darse a esta para tornarla potable.

2.4.8 Energía

En la elaboración del proyecto de las instalaciones eléctricas se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Estudiar cuidadosamente las alternativas para determinar la fuente de energía más económica y eficiente para el funcionamiento de las bombas.
- Que sea posible suministrar suficiente energía para operar las bombas a su máxima capacidad en caso de emergencia. (Exceptuando la bomba de reserva).

- Cuando el caso lo requiera se proveerá una fuente eléctrica de emergencia.

2.5 Aforo

El aforo es la operación de medición del volumen de agua, esto es, el caudal que pasa por una sección de un curso de agua en un tiempo determinado. Es necesario medir la cantidad de agua de las fuentes, para saber la cantidad de población para la que puede alcanzar.

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos en zonas rurales son los métodos volumétricos y de velocidad-área. El primero es utilizado para calcular caudales hasta con un máximo de 10 lt/seg y el segundo para caudales mayores a 10 lt/seg. (C. Lampoglia, 2008)

2.6 Parámetros de calidad del agua

Cuando nos referimos a calidad del agua hablamos del conjunto de procedimientos que se emplean para determinar las características físicas, químicas, biológicas y microbiológicas del agua en un sistema de potabilización. De esta manera se puede estudiar las magnitudes de las transformaciones que sufre la calidad del agua, durante los procesos de tratamiento. (CAPRE, 1994)

Para proteger la calidad del agua, el proyectista debe prever las condiciones presentes y futuras, para la preservación de las fuentes de agua evitando contaminaciones del tipo, doméstico, agrícola, industrial, o de cualquier otra índole; para lo cual deberá presentar las respectivas recomendaciones, en base a las disposiciones legales existentes emitidas por las instituciones encargadas de la vigilancia, control, preservación y mejoramiento del medio ambiente tales como INAA, MARENA, INETER etc. (NTON 09 001-99)

2.6.1 Análisis físico-químico y bacteriológico del agua

El suministro de Agua Potable para el sector rural procedente de fuentes superficiales, sean éstas pequeños ríos o quebradas, o afloramientos de agua subterráneas como los manantiales, pueden presentar características fisicoquímicas y bacteriológicas no aptas para el consumo humano, esto implica que se requiere de una serie de procesos unitarios con el objeto de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas establecidas. Estos procesos unitarios se clasifican en pre tratamiento, tratamiento y post tratamiento. (NTON 09 001-99)

Las normas de calidad de agua establecen los requisitos básicos, a los cuales debe responder la calidad del agua suministrada en los servicios para consumo humano y para todo uso doméstico, independientemente de su estado, origen o después de su tratamiento. (CAPRE, 1994)

2.7 Diseño de los elementos del sistema

El análisis hidráulico de la red y de la línea de conducción, permite dimensionar los conductos que integran dichos elementos. La selección de los diámetros es de gran importancia, ya que, si son muy grandes, además de encarecer el sistema, las bajas velocidades provocarán problemas de depósitos y sedimentación; pero si es reducido puede originar pérdidas de cargas elevadas y altas velocidades las cuales podrían causar erosión a las tuberías. (NTON 09 001-99)

Cuando se trata de diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, es obligatorio fijar la vida útil de todos los componentes del sistema; debe definirse hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la localidad; qué partes deben considerarse a construirse en forma inmediata, y cuáles serán las previsiones que deben

de tomarse en cuenta para incorporar nuevas construcciones al sistema. Para lograr esto en forma económica, es necesario fijar los períodos de diseño para cada componente del sistema.

2.7.1 Fuente de abastecimiento.

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto: debe estar lo suficientemente protegida y debe cumplir dos propósitos fundamentales.

Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño considerado.

Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma.

2.7.2 Estación de Bombeo

En las estaciones de bombeo para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman lo que consiste en; caseta de protección de conexiones eléctricas, o mecánicas, conexión de bomba o sarta, fundación y equipo de bombeo (bomba y motor) y el tipo de energía.

2.7.3 Caseta de Control.

La caseta de control se diseña de mampostería reforzada acorde a un modelo típico, incluyéndose la iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos.

2.7.4 Fundaciones de equipos de bombeo:

La fundación del equipo de bombeo se diseña de acuerdo a las dimensiones y característica del equipo, generalmente es de concreto reforzado con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a los 28 días.

2.7.5 Selección del Equipo de Bombeo

Conociendo la altura a vencer por la bomba (H_b) y el caudal que debe suministrar la misma (Q), se selecciona de entre los equipos de bombeo ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados. Del catálogo se obtienen las especificaciones de la bomba seleccionada, que incluye: velocidad de giro (n), diámetro del orificio de la bomba (d), potencia (P) y eficiencia (N).

2.7.6 Línea de conducción

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día.

2.7.6.1 Línea de conducción por bombeo eléctrico

En las líneas de conducción por bombeo eléctrico hay dos factores de costo que son los más significativos y que por eso intervienen en la selección del diámetro más económico:

- Consumo de energía
- Costo de tubería.

2.7.6.2 Diámetro Económico

Es la determinación del mejor diámetro, donde se elabora el análisis económico correspondiente, tomando en cuenta los costos anuales del consumo de energía, costo de las tuberías y los costos totales de operación y mantenimiento a través del tiempo.

2.7.6.3 Golpe de ariete

Si el bombeo es interrumpido bruscamente, por cualquier razón, la columna líquida continuará escurriendo en el sentido original del flujo por efecto de su propia inercia. Como no existe alimentación del agua a través de la bomba, la columna líquida se expande y descomprime. Asimismo, un pequeño trecho de la tubería, en las proximidades de la bomba, se verá sometido inicialmente a una presión menor que aquella que venía soportando normalmente. (Fase de supresión o de depresión del golpe de ariete). Por acción de la gravedad la columna líquida sufrirá una inversión del sentido de corrimiento, viajando desde el punto más alto hacia la bomba. El cierre rápido y automático de la válvula de retención, creará condiciones para que la presión en el punto más bajo (sarta de la bomba) se eleve bastante, comprimido por la columna restante, también animada del movimiento en el sentido de arriba hacia abajo (tanque a la bomba), es la fase de sobrepresión del golpe de ariete.

2.7.7 Tratamiento y desinfección

La mayor parte de las aguas requieren en mayor o menor grado de cierto tratamiento para cumplir con las normas mínimas de consumo y potabilización, por tal razón la mayoría de los sistemas de abastecimientos cuentan con plantas de tratamiento o como mínimo un sistema de cloración.

La desinfección se aplica con el propósito de establecer una barrera de seguridad para evitar la difusión de enfermedades de origen hídrico. Con los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y bacteriológico, se determinará si la desinfección será un tratamiento suficiente para garantizar la pureza del agua y eliminar las coliformes totales. En el caso de acueductos rurales se utiliza para la desinfección el cloro en forma de hipoclorito, debido a su fácil manejo y aplicación. La aplicación de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectúa mediante el hipo clorador de carga constante. La efectividad de la desinfección se expresa como cloro residual después de cierto tiempo de contacto, concentración que debería estar entre 0.2 y 0.5 mg/Lt después de 30 minutos.

2.8 Tanque de almacenamiento

Es necesario contar con tanques de almacenamiento para satisfacer las variaciones de consumo diarias y horarias. Este almacenamiento se hará en los periodos de bajo consumo.

El almacenamiento tiene cuatro aspectos de diseño a saber: volumen de almacenamiento, capacidad del tanque, material de construcción y su ubicación respecto a la red de distribución.

2.9 Red de Distribución

Es necesario llevar el agua a los consumidores, para ello se requiere un sistema de redes o conductos ya sea por gravedad o por presión, que cuente con la capacidad necesaria para suministrar cantidades y alturas de presión suficientes para abastecer satisfactoriamente las necesidades de la población.

Las NTON recomiendan que, para el análisis de redes complejas, como es el caso de los sistemas mixtos, se implementen programas de computadoras, basados en la fórmula de

Hazen - Williams, o cualquier otra ampliamente conocida. De acuerdo con esta sugerencia, se usará el programa EPANET para realizar el análisis hidráulico del sistema propuesto en la comunidad Las Piedras.

➤ Simulación del funcionamiento del sistema con EPANET

EPANET es un programa orientado al análisis del comportamiento de los sistemas de distribución de agua y el seguimiento de la calidad del agua en los mismos, que ha tenido una gran aceptación en España, y en todos los países de habla hispana.

Es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión, una red puede estar constituida por tuberías, nodos (uniones de tuberías), bombas, válvulas, depósitos de almacenamiento y embalse. EPANET efectuara un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nodos, el nivel en el depósito, las velocidades y las pérdidas.

2.10 Presupuesto

El presupuesto es un estado de resultados anticipados a través de los planes o proyectos y que son presentados en términos financieros. En la construcción, las condiciones de realización de un proceso productivo, son complejas y variables para cada caso específico; su complejidad depende, entre otras cosas de las condiciones aleatorias que circunscriben la realización de una obra y su variabilidad en función del tiempo y lugar de ejecución de la misma. (Rodríguez Ruiz, 2001)

3 DISEÑO METODOLÓGICO

En este acápite se abordaron los aspectos metodológicos que se implementaron para alcanzar los objetivos propuestos en este estudio.

Además, utilizando el software EPANET se realizó el balance de la red de distribución de agua potable.

Los resultados del primer objetivo, fueron de carácter evaluativo, la propuesta de diseño se basó en los resultados obtenidos del objetivo dos. Por otra parte, en el último objetivo se detalla los requerimientos financieros para la construcción del mini acueducto.

Esta investigación es de tipo de alcance descriptivo y de campo con enfoque académico, ya que se recopilaron y procesaron datos cuantitativos y cualitativos, a través de encuestas, análisis de datos topográficos y cálculos hidráulicos según normas vigentes, así como revisión bibliográfica sobre abastecimiento de agua potable de tipo MABE.

3.1 Estudio de la población

En relación a los aspectos socioeconómicos de las familias, se analizaron rasgos de interés como son población, género, vivienda, problemas y demanda de agua, servicios básicos, aspectos organizativos y condiciones de salud, así como información general del área del proyecto.

Esta actividad se basó en el levantamiento de un censo a cada una de las viviendas previamente localizadas, y paralelo a ello la encuesta socioeconómica, a fin de que los datos obtenidos representen la situación actual.

3.1.1 Proyección de la población

3.1.1.1 Fuente de información para la proyección de la población

Como fuentes primarias de datos se realizó un recorrido in situ para el reconocimiento del área en estudio, así como la identificación de la cobertura del proyecto y la posible línea de conducción y red de distribución.

También se realizó un censo y entrevistas con el fin de conocer la situación socioeconómica, así como la problemática relacionada al deterioro del actual mini acueducto.

3.1.1.2 Tasa de crecimiento geométrico

Para los cálculos de proyección de la población futura, se utilizó el método geométrico, el cual es recomendado por la NTON 09 001 - 99, se utilizó una tasa de crecimiento del 4%, ya que esta comunidad posee un crecimiento acelerado, con bastantes áreas de extensión futura; a continuación, se presenta la ecuación utilizada:

$$P_n = P_0(1 + r)^n$$

Donde:

P_n: Población del año “n”

P₀: Población al inicio del período de diseño

r: tasa de crecimiento en el periodo de diseño

n: años de proyección

Respecto a la población inicial se partió del valor obtenido del censo comunitario realizado casa a casa, la proyección se realizó con un valor de 20 años atendiendo a los parámetros de diseños establecidos por el INAA, para periodos de diseño económicos según los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.

3.2 Levantamiento topográfico

Esta actividad se realizó mediante un receptor GPS, con este instrumento se ubicaron las coordenadas y elevación de los puntos de partida en la estación total marca Sokkia Cx 65, para posteriormente radiar los puntos de la red existente. Luego, apoyados con las coordenadas obtenidas de la estación total se procedió a ser procesados, se determinaron las curvas de nivel y se trazó la línea de conducción y la red de distribución.

3.3 Parámetros de diseño

3.3.1 Período de Diseño

Habiendo ya definido la población y los consumos de diseño, se procedió a definir los elementos que constituyen el sistema.

Tabla 1

Períodos de diseño recomendados

Elementos	Periodos de diseños en años
Fuentes superficiales con regulación	20 – 30
Fuentes subterráneas	20 – 30
Perforaciones de pozos	Menores de 10
Obras de captación: diques tomas	15 – 25

Elementos	Periodos de diseños en años
Obras de captación: diques represas	30 – 50
Estaciones de bombeo: bombas y motores	10 - 15
Estaciones de bombeo: instalaciones	20 – 25
Líneas de conducción	20 – 40
Plantas de tratamientos	Por etapas de 10 – 15
Tanques de almacenamiento: de concreto	30 – 40
Tanques de almacenamiento: metálicos	20 – 30
Red de distribución	20

Nota. Esta tabla muestra los periodos de diseño recomendado para utilizarse NTON 09 001 - 99

3.3.2 Variación de consumo

3.3.2.1 Consumo Doméstico (CD)

$$\text{Consumo Doméstico (CD)} = \text{Población} * \text{Dotación}$$

3.3.2.2 Consumo Promedio Diario (CPD)

Es el consumo promedio de los consumos diarios durante un año, (en lts/seg., o en Gpm) y es la base para la estimación del caudal máximo diario y horario. Se obtendrá con la formula siguiente:

$$CPD = CD + C_{INSTITUCIONAL} + C_{COMERCIAL} + C_{INDUSTRIAL}$$

C. Institucional = $CD * 0.07$

C. Comercial = $CD * 0.07$

C. Industrial = $CD * 0.02$

3.3.2.3 Consumo Máximo Diario (CMD)

$$CMD = 1.5 CPD + \text{Pérdidas por fuga}$$

CMD = consumo máximo diario (para el cálculo de equipos y estaciones de bombeo).

3.3.2.4 Consumo Máximo Horario (CMH)

$$CMH = 2.5 CPD + \text{Pérdidas por fuga}$$

CMH = consumo máximo horario (para el cálculo de red de distribución).

3.3.3 Presiones máximas y mínimas

Se tomó como referencia lo dictado en la norma que referencia que la presión mínima residual en la red principal será de 5.00 metros; la carga estática máxima será de 50.00 metros. Se permitirán en puntos aislados, presiones de hasta de 70.00 metros, cuando el área de servicio sea de topografía muy irregular.

3.3.4 Coeficiente de Rugosidad de Hazen Williams

El coeficiente de Rugosidad (C) de Hazen Williams para los diferentes tipos de materiales en los conductos se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2

Coeficiente de rugosidad Hazen-Williams

Material del conducto	Coefficiente de rugosidad (C)
Tubo de hierro galvanizado (H° G°)	100
Tubo de concreto	130
Tubo de asbesto cemento	140
Tubo de hierro fundido (H° F°)	130
Tubo plástico (PVC)	150

Nota. Esta tabla muestra los valores del coeficiente de rugosidad para los diferentes materiales usados en tuberías NTON 09 001 - 99

3.3.5 Velocidades permisibles en la red de distribución

Los valores que se utilizaron, establecidos en la normativa fueron los siguientes:

Velocidad mínima: 0.4 m/s

Velocidad máxima: 2.0 m/s

3.3.6 Pérdidas en el sistema

La pérdida de agua en el sistema es el desperdicio involuntario de agua potable que se produce de diversas formas en un sistema de suministro de agua potable.

$$Pérdidas = 20\% \text{ del CPD}$$

O bien, las pérdidas son el equivalente del 15% del CPD de acuerdo al número de viviendas.

Para este estudio se consideró el 20% del CPD.

3.4 Aforo

Para conocer la disponibilidad de agua en la zona, fue necesario realizar un aforo en el pozo actual, el que se llevó a cabo a través del método volumétrico, que consistió en tomar el tiempo que tarda en llenarse el actual reservorio, este proceso se realizó tres veces y se tomó el promedio aritmético del volumen, para ello se utilizó la ecuación:

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

Donde:

Q: caudal (m³/s)

V: volumen (m³)

t: tiempo (s)

El aforo se debe efectuar en las temporadas críticas de los meses de verano, entre noviembre y abril, para conocer los caudales mínimos y máximos. El valor del caudal mínimo deberá ser mayor que el consumo máximo diario con la finalidad de cubrir la demanda de agua de la población futura.

3.5 Parámetros de calidad del agua

En cuanto a la calidad física-química y bacteriológica del agua, está establecido que, para proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua, que puedan presentar un riesgo para la salud de la comunidad, deberán seguir las siguientes instrucciones:

- a) La fuente de agua a utilizarse en el proyecto, se le deberá efectuar por lo menos un análisis físico-químico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico, antes de su aceptación.
- b) Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliformes total, coliformes fecal, olor, sabor y color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrogeno y conductividad.
- c) El análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano, deberán cumplir con las normas de calidad del agua, vigentes aprobadas por INAA y MINSA.

De las tablas que están en la Norma establecida por el INAA se recomienda tomar los valores de las concentraciones máximas permisibles de los parámetros bacteriológicos, organolépticos, físico – químicos, para sustancias no deseadas y para sustancias inorgánicas de significado para la salud; establecidos por el INAA para evaluar la calidad del agua.

3.6 Diseño de los elementos del sistema

Se formuló la propuesta de rediseño para un Mini acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE). Un MABE, se compone de los siguientes elementos: Fuente de abastecimiento (pozo perforado), estación de bombeo, línea de conducción, tanque y red de distribución.

3.6.1 Estación de Bombeo

Se analizó que la estación de bombeo produzca el caudal de máximo día y el tanque de almacenamiento aportará el resto del caudal requerido. Todo para el último año del período de diseño.

Se consideró como norma emplear un factor de 1.15 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba, debido a las pérdidas mecánicas. Las velocidades de operación de los motores eléctricos varían de acuerdo a la capacidad o caudal del equipo de bombeo.

3.6.2 Selección del Equipo de Bombeo

- Potencia Hidráulica de la Bomba

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960} e$$

Dónde:

PB: Potencia de la bomba (HP)

Q: (24/16) CMD (gpm)

CTD: Carga total dinámica (pie)

e: Eficiencia de la bomba (para efectos del cálculo teórico se estima en un 60%).

- Potencia del Motor

$$P_M = 1.15 P_B$$

PB: Potencia hidráulica de la bomba (HP).

PM: Potencia del bombeo (HP)

3.6.3 Línea de Conducción por bombeo

Para el diseño de la línea de conducción del pozo a los tanques se consideró el caudal de la demanda máxima diaria en un tiempo de 12 horas de bombeo. A demás, la longitud de la

tubería se tomó del estudio topográfico. Con estos valores se calculó la pérdida de carga por fricción y locales por accesorios, en estos últimos utilizando la longitud equivalente en la línea de conducción, utilizando la ecuación de Hazen Williams. Con la ecuación de Bernoulli se calculó la pérdida de carga total:

$$h_f = 10.67 \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.87}}$$

Donde:

Hf: Perdida de carga (m)

Q: Caudal en m³/s

C: Coeficiente de rugosidad

D: Diámetro de la tubería (m)

L: longitud (m)

Además, para la determinación del diámetro más económico, se aplicó la fórmula de Bresse, donde para ella se utilizan los datos k = 0.9 y n = 0.45:

$$D = kQ^n$$

Donde:

D = Diámetro (m)

Q = Caudal (m³/s)

Tanto para la aplicación de la ecuación de Hazen Williams como de Bernoulli se utilizó el software EPANET.

a) Golpe de ariete

Para el cálculo de golpe de ariete se tomó en consideración que línea de conducción será de PVC SDR-26, con 2" de espesor, las fórmulas utilizadas son las siguientes:

Celeridad de Allievi:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K_0 \frac{D}{e}}}$$

Donde:

C: Celeridad o velocidad de la onda, m/seg

K: Coeficiente de módulo de elasticidad, 0.5

D: Diámetro interno de tubería, m

e: espesor del tubo, m

Tiempo de cierre:

$$T = \frac{2L}{C}$$

Donde:

L: Longitud hasta el depósito (m)

C: Velocidad de propagación de la onda o celeridad (m/s)

T: Fase o periodo de cierre (s)

Sobrepresión:

$$ha = \frac{C * V}{g}$$

Donde:

C: Celeridad

V: Velocidad (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

3.6.4 Tratamiento y desinfección

Con el objetivo de cumplir con los parámetros de calidad del agua, para que esta pueda ser potable, se propone como uno de los métodos para desinfectar el agua mediante tratamiento químico a la sustancia más usada, económicamente y con mejor control y seguridad que se puede aplicar al agua para tal fin como es el cloro.

3.6.5 Tanque de almacenamiento

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones que manda la normativa, siendo:

a) Volumen compensador: el volumen necesario para compensar las variaciones de consumo horario, cumplen el 15% del consumo promedio diario.

$$V_c = 15\% CPD + \text{Pérdidas por fuga}$$

b) Volumen de reserva: utilizado para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en la línea de conducción u obras de captación, se aplicó el 20% de consumo promedio diario.

$$V_R = 20\% CPD + \text{Pérdidas por fuga}$$

De tal manera que el tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

$$V_T = V_C + V_R$$

$$V_T = 35\% CPD + \text{Pérdidas por fuga}$$

3.6.6 Red de distribución

- a) Trazado de la red: Se trazó tomando como referencia los puntos y distancias según el levantamiento topográfico de la red existente.

Teniendo el levantamiento se realizó el trazado de la red en AutoCAD, para exportarlos al software EPANET, a través de EpaCAD.

- b) Nodos concentrados: Se realizó por medio del método del caudal unitario.
- c) Simulación: La simulación se realizó para visualizar la caracterización del sistema. En el diseño de la red de distribución, se tomaron en consideración los siguientes criterios y ecuaciones de diseño:

- 1) Se utilizó un caudal de diseño correspondiente al consumo máximo horario, el cual se calculó según lo indicado en el inciso de cálculo de la demanda.
- 2) Además, se consideró una red abierta, por las características de la comunidad y distribución espacial de las viviendas.

3.7 Presupuesto del proyecto

En nuestro estudio se hará el costo y presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable con la importancia de obtener el costo real del proyecto. Dentro de estos costos directos tenemos:

- Mano de obra directa: Ésta se determinará basándose en las normas de rendimiento horario para obras verticales y el catálogo de precios vigente para la construcción.
- Costos indirectos de fabricación: Son todos aquellos costos que se acumulan de los materiales y la mano de obra indirecta más todos los incurridos en la producción pero que en el momento de obtener el costo del producto terminado no son fácilmente identificables de forma directa con el mismo. (Gómez, 2001).

4 CÁLCULOS Y RESULTADOS

En este acápite se reflejan los resultados obtenidos de cada uno de los objetivos propuestos para el estudio y diseño de la red de abastecimiento de agua potable de la comunidad Las Piedras.

4.1 Estudio socioeconómico

4.1.1 Análisis de encuesta socioeconómica

Para la recopilación de esta información de campo, fue necesario la aplicación de 134 encuestas socioeconómicas de agua y saneamiento, tomada del manual de administración del ciclo del proyecto del FISE, las cuales fueron efectuadas a lo largo de la comunidad Las Piedras.

4.1.1.1 Características de la población

Tabla 3

Características de la población objeto de estudio

Sexo	Edades %	Escolaridad %	Ocupación %	
M 509	1 a 5 9	Iletrado 1	Trabajo profesional	13
F 639	6 a 15 23	Básico 64	Trabajador de fábrica de rosquillas	24
	16 a 25 15	Intermedio 24	Comercio	55
	26 a 35 33	Avanzado 11	Ama de casa	8
	> 36 20			

Nota. La tabla refleja los datos recolectados en la encuesta socioeconómica donde se puede apreciar la cantidad de personas por género, edades, nivel de educación y ocupación.

Figura 4

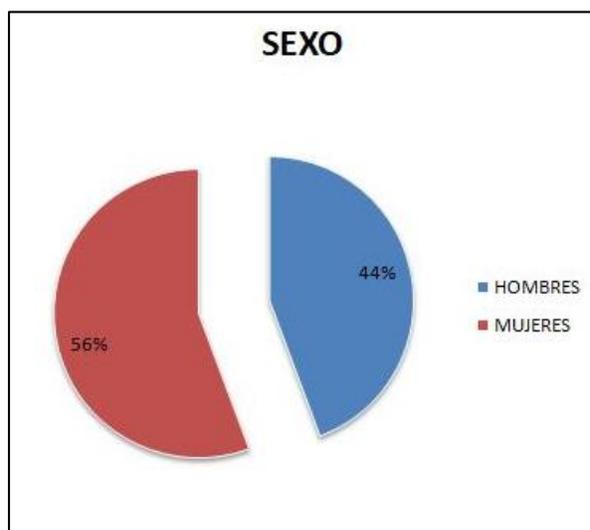


Figura 5

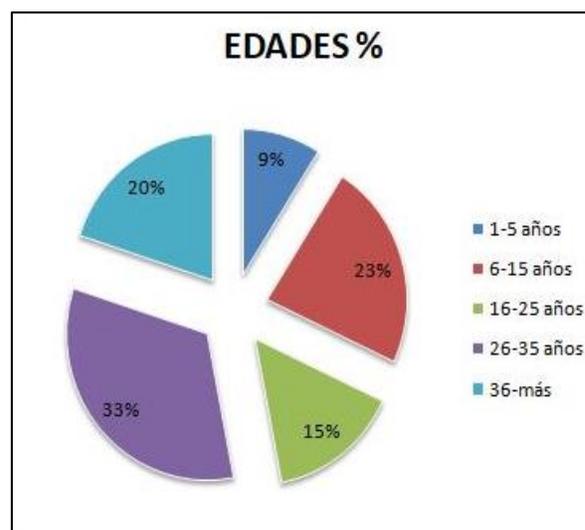


Figura 6

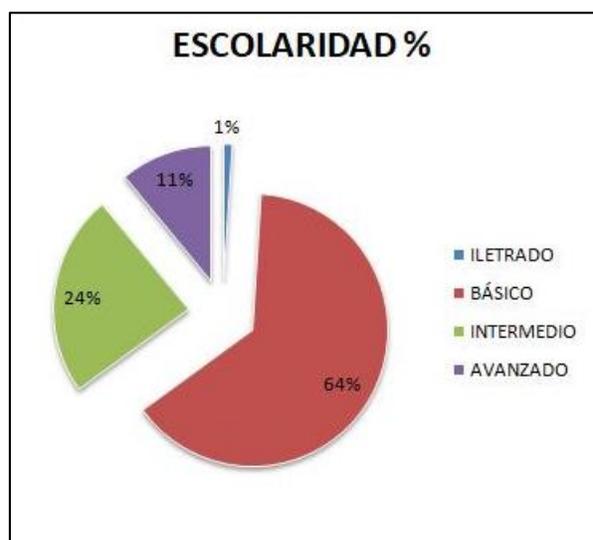


Figura 7



En la comunidad de Las Piedras existe una población de 1148 habitantes, las cuales se aglomeran en 267 viviendas, distribuidas por 509 personas de sexo masculino y 639 del

sexo femenino; el rango de edades con más presencia en la zona es de 26 a 35 y mayores de 36 años.

El mayor porcentaje de escolaridad se centra en la educación primaria, donde se pudo encontrar que un 64% de las personas han completado su primaria, por ello poseen un bajo índice de analfabetismo y al menos el 11% de la población ha asistido a la universidad; en el ámbito ocupacional 24% de la población trabajan casi a tiempo completo para las fábricas de rosquillas y una minoría posee pequeños negocios de pulpería en sus casas.

4.1.1.2 Condiciones de vivienda

Tabla 4

Condiciones de vivienda de la comunidad Las Piedras

Tenencia %		Material %		Techo %		Divisiones %		Piso %	
Propia	99	Bloques	3	Zinc	99	No tiene	1	Cerámica	90
Prestada	0.5	Ladrillo	92	Teja	1	Dos	34	Ladrillo	9
Alquilada	0.5	Madera	3			Tres	60	Tierra	1
		Adobe	0			Más de tres	5		
		Otro	2						

Nota. En la tabla se reflejan los datos recolectados en la encuesta socioeconómica donde se puede apreciar la calidad de pertenencia, el material con el que se han construido, tipo de techo, cantidad de divisiones y tipo de piso de las viviendas de la comunidad.

Figura 8

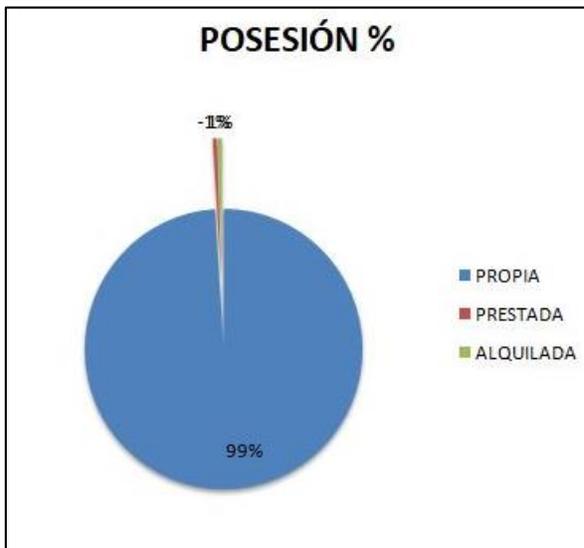


Figura 9

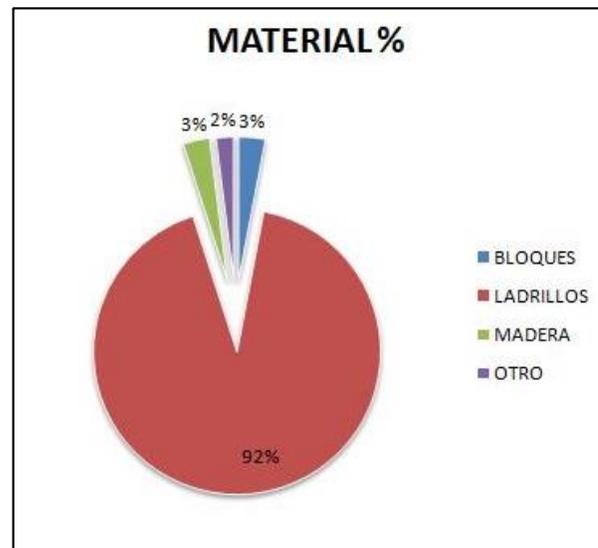


Figura 10



Figura 11

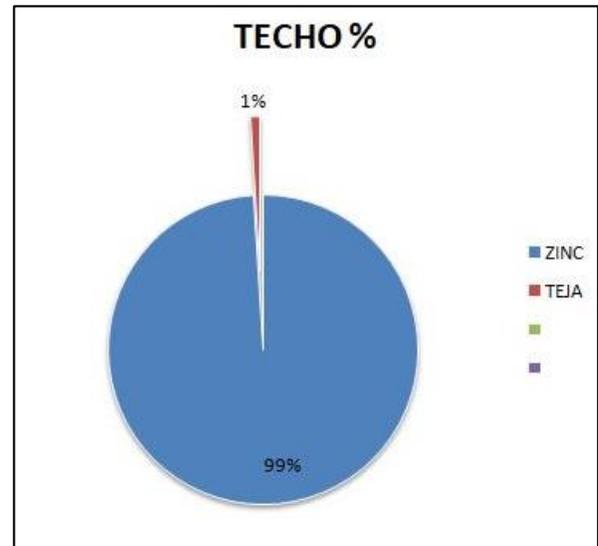
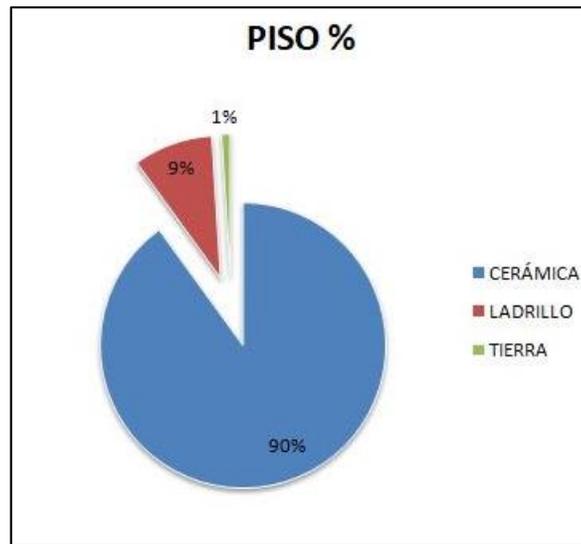


Figura 12



De las 267 viviendas censadas se constató que un 99% de las familias tienen casas propias y con un 1% de estas son prestadas y alquiladas; así mismo, a las condiciones que tienen estas viviendas, se aprecia que en los tipos de materiales predomina la mampostería de tipo ladrillo con 92%, bloque con 3%, tipo madera 3% y lamina de zinc 2%. Se puede apreciar que el 1% de las viviendas se construye de piso de tierra, el resto en un 90% posee cerámica y un 9% de ladrillo.

En cuanto al tipo de material que se utiliza para cubrir el techo en la comunidad se estimó que el 99% es zinc y el 1% pertenecen al tipo de teja, dichas viviendas poseen en un 60% de ellas tres divisiones y el 1% no tiene divisiones; el 32% están en un estado regular y que el 5% están en mal estado.

4.1.1.3 Situación económica de la familia

Los resultados obtenidos de las casas encuestadas dan que un 75% de población trabaja y el otro 25% realiza labores no remuneradas. El ingreso mensual más alto oscila entre 5,000

a 10,000 córdobas y corresponde al 26% de la población que trabaja, mientras que el menor ingreso mensual correspondiente al 58% de la población es entre 3,000 a 5,000 córdobas mensualmente.

La principal actividad económica de la comunidad es la fabricación artesanal de rosquillas a base de maíz nixquezado, mezclado y molido con queso. En dichas fábricas trabaja un 30% de la población.

Tabla 5

Situación económica de las familias de la comunidad Las Piedras

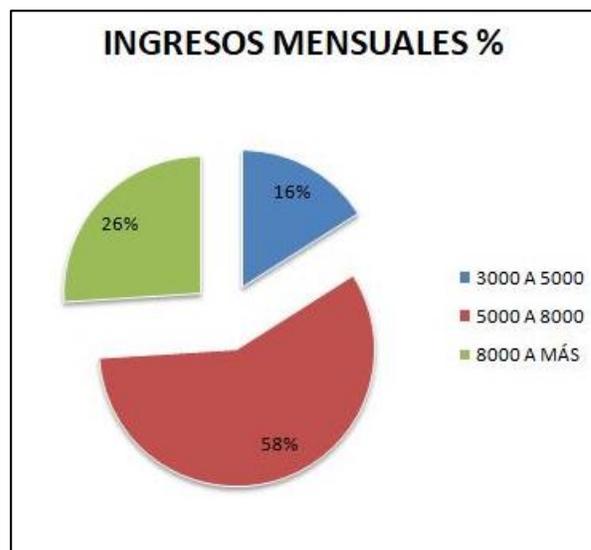
Trabaja %		Ingresos %		Locación %	
Si	75	1500 a 3000	16	Dentro de la comunidad	30
No	25	3000 a 5000	58	Fuera de la comunidad	70
		5000 a 10000	26		

Nota. La tabla refleja los datos recolectados en la encuesta socioeconómica donde se puede apreciar los porcentajes de personas que trabajan, los ingresos mensuales de estos y ubicación de los trabajos de los habitantes de la comunidad.

Figura 13



Figura 14



4.1.1.4 Saneamiento e higiene ambiental de la vivienda

Tabla 6

Sanidad e higiene ambiental de la comunidad Las Piedras

Saneamiento %		Energía %	
Letrina	37	Si	100
Inodoro	63	No	0

Nota. En la tabla se reflejan los datos recolectados en la encuesta socioeconómica donde se puede apreciar el porcentaje de tipo de saneamiento de los excrementos y acceso al servicio de energía eléctrica de las familias de la comunidad.

Figura 15

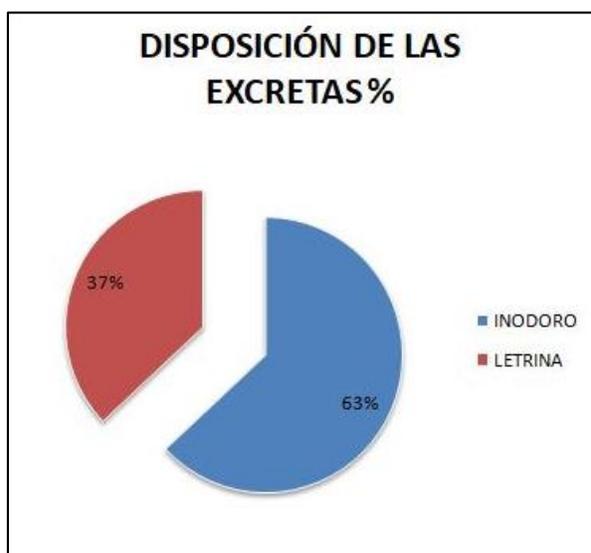
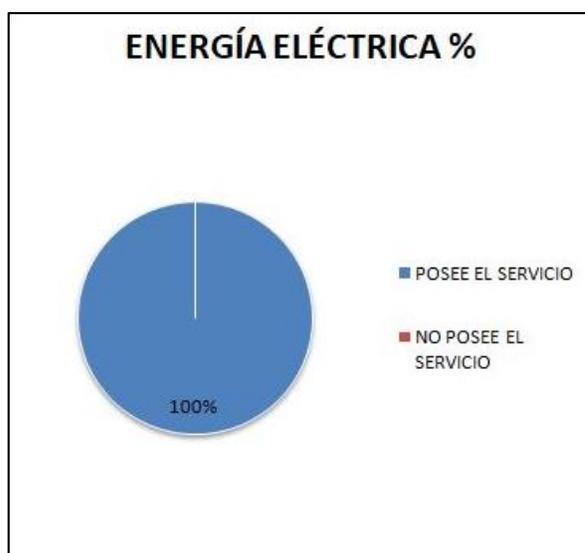


Figura 16



Para la disposición final de excretas, el 63% de las familias cuentan con inodoro y su sumidero y el 37% cuentan con letrina. También se extrajo que el 100% de las viviendas cuentan con el servicio de energía eléctrica.

Además, debido a la falta de red de alcantarillado sanitario, la totalidad de las familias depositan en el patio las aguas grises producidas en las actividades cotidianas del hogar. Así mismo, se pudo constatar que en ninguno de los predios se encontraron charcas.

Respecto a los desechos sólidos, según datos brindados, el 98% de las personas recoge la basura y un 2% la quema en sus predios y/o la entierra. Además, no se encontró basura ni dentro ni fuera de sus viviendas.

4.1.1.5 Situación de la salud de la familia

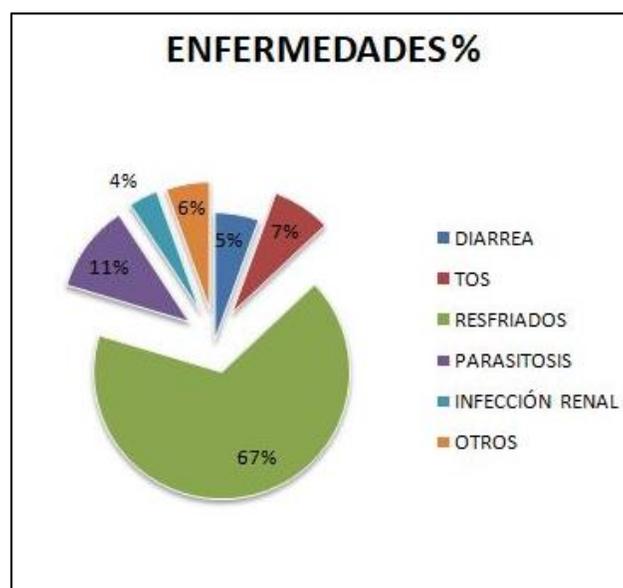
Tabla 7

Situación de salud de la población objeto de estudio

Variables	Diarrea	Tos	Resfriados	Parasitosis	Infección renal	Otros
%	3	4	36	6	2	3

Nota. En la tabla se reflejan los datos recolectados en la encuesta socioeconómica donde se puede apreciar los diferentes tipos de enfermedades que padecen las personas de la comunidad.

Figura 17



Dentro de la comunidad no existe puesto de salud, aun así, el Hospital Gaspar García Laviana queda a menos de 1 km de la comunidad. Entre las enfermedades más comunes presentadas en los últimos tiempos están: en un 6% parasitosis, diarrea 3%, resfriados con

36%, infección renal 2%, 1% personas han padecido dengue y 3% que han sufrido otras enfermedades.

4.2 Proyección de la población

Los resultados del censo indican que la tasa de crecimiento comunitario es del 4.98%, superior a lo establecido por la norma para proyectar la población, por tanto, se tomó la tasa máxima 4%, establecida por la norma para realizar la mencionada proyección. Por lo cual la proyección futura resultante a servir para el año 2041, será de 2515 habitantes.

Conforme a la proyección anteriormente mencionada y atendiendo al valor propuesto por la norma técnica para comunidades rurales, que establece que para sistemas de abastecimiento de agua potable se dotará de 60 lppd, resultando para esta localidad un total de 2.03 Lps (CPD), para su año de proyección; aplicando los factores de demanda para el dimensionamiento de la capacidad, que son 1.5 de consumo máximo diario (CMD) y 2.5 consumo máximo horario (CMH), afectando al consumo promedio diario anteriormente descrito; se obtuvo el caudal de diseño para la línea de conducción de la bomba al tanque de 3.44 lps y para el diseño de la red 5.47 lps, (tabla 8).

Tabla 8*Proyección de población a 20 años*

Año de Proyección	n	Proyección de Población (habitantes)	Dotación (lppd)	Consumo domiciliario (lpd)	Consumo institucional, comercial e industrial (lpd)	CPD		hf	CMD (lps)	CMH (lps)	Vol. Almacen. (m ³)
						(lpd)	(lps)				
2022	0	1148	60	68880	11020.8	79900.8	0.92	0.18	1.57	2.50	33.56
2032	10	1699	60	101940	16310.4	118250.4	1.37	0.27	2.33	3.70	49.67
2042	20	2525	60	151500	24240	175740	2.03	0.41	3.46	5.49	73.81

Nota. En la tabla se reflejan los datos recolectados en la encuesta socioeconómica donde se puede apreciar los datos de dotación para los consumos a lo largo del proyecto y los volúmenes de almacenamiento.

4.3 Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico de la comunidad, considerando las rutas del sistema de agua potable existente, en el proceso se ubicó la estación de bombeo, tanque de almacenamiento, línea de conducción y red de distribución. Ver anexo.

La línea de conducción y los 5 tramos de la red de abastecimiento de agua potable actual con sus descripciones de ubicación sobre la comunidad y sus respectivas longitudes se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9*Levantamiento topográfico*

Descripción del punto	Distancia (m)	Observaciones
B-T	147.95	Bomba-Tanque.
Calle #1	726	Calle Costado Norte de la Comunidad.
Calle #2	1433	Calle Central del Barrio.
Calle #3	1095.64	Calle Costado Sur de la Comunidad hasta el sector de El Tamarindo.
Calle #4	1767	Calle a San Rafael-calle del cuadro-calle hacia Los Pedrones.
Calle #5	433.36	Calle que conecta la Calle #1, #2 y #3 por el centro de la comunidad.

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se reflejan los datos recolectados en el levantamiento topográfico.

4.4 Diagnóstico del sistema existente

4.4.1 Sistema de bombeo

El sistema de bombeo está compuesto por una bomba sumergible de 3 Hp marca Franklin Electric, con tubería de la columna de bombeo de 2” en material de Hierro Galvanizado y una tubería de descarga del mismo diámetro y en material PVC, SDR 26. La bomba operaba inicialmente con un caudal de 5.25 lps en el punto de operación óptimo, logrando llenar el tanque de 10,000 litros en 2 horas.

Actualmente el sistema funciona por 6 horas según información del CAPS, esto se debe al abatimiento del pozo y la consecuente disminución del nivel dinámico que impide el bombeo continuo. La situación antes mencionada inició hace 15 años, en su principio brindando el servicio día de por medio 6 horas en la mañana, de las 6 a.m. a 12 p.m., luego cada dos días, luego cada 3 días, luego cada 8 días, siempre las 6 horas de servicio y el sectorizado por calles.

Aún de esta manera, proporcionando el servicio por sector, debido al no acaparamiento de la demanda total a la misma vez, la presión es muy baja y las personas utilizan bombas, la mayoría de 0.5 HP para re-bombear desde su conexión domiciliar hasta sus diferentes recipientes de almacenamiento en sus casas como barriles y piletas.

Por lo anterior, es de suma importancia iniciar un proceso de rediseño del sistema de bombeo para brindar un servicio continuo y de calidad.

4.4.2 Línea de impulsión

La línea de impulsión actual de tubería de PVC, SDR 26 y de 2" de diámetro, tiene una longitud de 147.95 m y una diferencia de nivel de 13.77 m. No se observan fugas. La tubería tiene 41 años de estar instalada y operando, según las condiciones de bombeo indicadas en el inciso anterior. De acuerdo a las observaciones de campo y lo expuesto en este inciso la tubería existente puede seguirse utilizando.

4.4.3 Red de distribución

La red de distribución actual es de tipo abierta con 5 tramos, tiene longitud total de 5,455 m, es de tubería PVC, SDR 26 de 2" y 1 ½" de diámetro y valvulería para seccionar tramos. Al

igual que en la línea de impulsión no presenta fugas y también tiene 41 años de haberse instalado.

4.4.4 Tanque de almacenamiento

El sistema actual cuenta con un tanque de almacenamiento de mampostería reforzada con capacidad para 10,000 litros. El tanque de almacenamiento no cuenta con automatización de llenado, ni mecánico, ni eléctrico, por lo cual amerita la instalación de los mismos, ya que se hace actualmente de forma manual.

El tanque no posee un sistema de cloración, está ubicado a una elevación 101.25 msnm y se conecta a la red de abastecimiento con una tubería de PVC 2" SDR 26, con una longitud de 130.64 m.

4.4.5 Acometida domiciliar

Las acometidas consisten en una válvula de chorro domiciliar única, colocada en el patio de la vivienda. Están conectadas desde la red de distribución, mediante TEE PVC y/o abrazadera.

Se conectan a la red mediante tuberías de ½" de PVC SDR 13.5, las cuales cuentan con medidores, pero a los cuales no se les realiza ningún tipo de lectura para la determinación de la factura por hogar, puesto que se paga una cuota fija impuesta por el CAPS de la comunidad.

4.4.6 Medición de niveles estáticos del agua en los pozos

Para conocer el comportamiento del agua subterránea, se hizo la medición de los niveles estáticos del agua en pozos excavados a mano y el del actual pozo perforado, aprovechando el reemplazo del equipo de bombeo realizado a inicios del año 2021.

Por estas mediciones de los niveles estáticos de los pozos se puede decir que hay presencia de agua subterránea en cantidades suficientes para su uso en agua potable.

Actualmente el CAPS proyecta utilizar el pozo propuesto a perforar para abastecer a la comunidad del servicio de agua potable.

4.5 Diseño del sistema de agua potable

Para realizar el diseño del sistema de agua potable, primero se hizo un diagnóstico de la situación actual de la red y el sistema de bombeo, posteriormente se presentó una propuesta de diseño, tomando en cuenta los aspectos positivos de la infraestructura actual, pero también incorporando nuevos elementos apegados a las normas de INAA.

4.5.1 Propuesta de diseño

Con la finalidad de dar solución a la problemática presentada en el sistema de agua potable en la Comunidad Las Piedras, del municipio de Rivas, y teniendo como referencia los resultados del diagnóstico de la situación actual, se proponen opciones para el mejoramiento del servicio. Por tanto, se plantea la profundización del pozo que está en uso actualmente, o aprovechar otro pozo que se ubica a menos de 1 km del tanque de almacenamiento.

De las dos posibilidades indicadas anteriormente, se propone el cambio de fuente de abastecimiento, indicando la perforación de un nuevo pozo, el cual se ubica en el costado norte de la comunidad. Valga la redundancia, esta propuesta implica una nueva línea de conducción, una nueva bomba, sistema eléctrico, la red de distribución y tanque/tanques de almacenamiento para la misma.

Del sistema actual se pretende aprovechar el caudal que se obtiene del pozo existente como respaldo para el nuevo sistema de abastecimiento propuesto.

4.5.1.1 Diseño del sistema de bombeo e impulsión

1. Potencial y caudal explotable

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto, debe estar lo suficientemente protegida para garantizar su durabilidad y por ende la durabilidad del sistema.

La NTON 09 001-99 establece como uno de los principales criterios de aceptación de una fuente para un MABE, que el caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo promedio diario (CPD).

Para las condiciones de trabajo se consideró una fuente con un rendimiento de 100 Gpm, ya que la Norma indica que para tuberías de la columna de bombeo de diámetro 3" el caudal de bombeo debe ser 160 Gpm equivalente a 10.08 lps y en nuestro caso el caudal de diseño es 3.46 lps, por tanto:

Tabla 10*Caudal explotable de la fuente*

CPD (gpm)	CMD (gpm)
32.17	54.84

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se reflejan los datos que determinan el potencial de la fuente.

2. Diseño hidráulico del equipo de bombeo

Se propone un equipo de bombeo que cumpla con las especificaciones y dé su máximo rendimiento, el cual deberá ser reemplazado luego del primer periodo de 10 años por otro equipo de iguales especificaciones que el primero, las que se determinaran en esta sección y que ha sido calculado para el caudal de diseño de 20 años.

Tabla 11*Características de la fuente*

Descripción	Valor	UM
Nivel estático del agua (NEA)	25	m
Variaciones estacionales	10	Pies
Abatimiento por bombeo	20	Pies
Sumergencia	20	Pies
Tubería de conducción de PVC (valor de C)	150	-

Descripción	Valor	UM
Caudal de diseño (10 años)	2.33	Lps
Caudal de diseño (20 años)	3.46	Lps
16 horas de bombeo		

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se reflejan los datos que determinan el potencial de la fuente.

1. Cálculo del diámetro de la tubería utilizando la fórmula de Bresse

$$D = 0.90 * Q^{0.45}$$

$$D = 0.90 * 0.00346^{0.45}$$

$$D = 0.070 \text{ m}$$

$$D = 2.76''$$

$$D \approx 3''$$

2. Cálculo de la velocidad

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

$$V = \frac{4(0.00576 \frac{m^3}{s})}{\pi(0.070 \text{ m})^2}$$

$$V = 0.90 \frac{m}{s}$$

$$0.90 \text{ m/s} < 1.5 \text{ m/s}$$

3. Carga dinámica total

- a) Nivel más bajo del agua durante el bombeo

$$NB = NEA + \text{Variaciones estacionales} + \text{Abatimiento}$$

$$NB = 82.02 \text{ ft} + 10 \text{ ft} + 20 \text{ ft}$$

$$NB = 112.02 \text{ ft} \approx 34.14 \text{ m}$$

b) Carga estática de la descarga

$$Hest_{descarga} = 113.25 \text{ m} - 41.8563 \text{ m}$$

$$Hest_{descarga} = 71.3937 \text{ m}$$

c) Pérdidas de la columna dentro del pozo

$$L_C = NB + \text{Sumergencia}$$

$$L_C = 112.02 \text{ ft} + 20 \text{ ft}$$

$$L_C = 132.02 \text{ ft}$$

$$h_{f \text{ columna}} = 10.675 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}} * \frac{L}{D^{4.87}}$$

$$h_{f \text{ columna}} = 10.675 * \frac{0.00346^{1.852}}{100^{1.852}} * \frac{40.24}{0.070^{4.87}}$$

$$h_{f \text{ columna}} = 0.99 \text{ m}$$

$$h_{f \text{ columna}} \approx 1 \text{ m}$$

La norma establece que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo no pueden ser mayores que el 5% de su longitud.

d) Pérdidas en la descarga

Para la realización de este cálculo se consideró la tubería de diámetro \emptyset descarga = 3".

Tabla 12*Coeficientes de pérdidas por accesorios*

Accesorio	Km
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.2
Codo de radio corto ($r/d = \pm 1$)	0.9
Codo de 45°	0.4 -0.42
Tee en sentido recto	0.3
Tee a través de la salida lateral	1.8
Unión	0.3
Ye de 45°, en sentido recto	0.3
Ye de 45°, salida lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5
Salida	1

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se reflejan los valores de pérdidas en los accesorios. Tomado de [Hidráulica de tuberías, abastecimiento de agua, redes y riego, Juan G. Saldarriaga, 2019, 2022.](#)

Para la extracción del agua de la fuente se utilizará una bomba sumergible de eje vertical, con una conexión a la sarta de tubería H°G°, cuyas pérdidas se muestra a continuación:

Tabla 13*Pérdidas por accesorios de la Bomba a la sarta*

Accesorio	Cantidad	Km	Total
Codo45°	2	0.42	0.84
Codo90°	1	0.9	0.9
Cruceta	1	1.8	1.8
Manómetro	1	1.2	1.2
Medidor	1	2.5	2.5
Tee a través de la salida lateral	1	1.8	1.8
Unión	1	0.3	0.3
Válvula de expulsión de aire	1	2.5	2.5
Válvula de check	1	2.5	2.5
Válvula de compuerta	1	0.2	0.2
Válvula de alivio contra el golpe de ariete	2	0.2	0.4
Total			14.94m

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se reflejan los valores de pérdidas en los accesorios situados desde la bomba hasta la sarta.

Los accesorios en la descarga de la línea de conducción al tanque, será de H° G°, que se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 14*Pérdidas por accesorios en la entrada al tanque*

Accesorio	Cantidad	Km	Total
Codo 90°	1	0.9	0.9
Tee a través de la salida lateral	1	1.8	1.8
Unión	1	0.3	0.3
Válvula de compuerta	1	0.2	0.2
Total			3.2m

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se reflejan los valores de pérdidas en los accesorios situados en la entrada al tanque.

También, la línea de conducción tendrá los accesorios siguientes en la descarga:

Tabla 15*Pérdidas por accesorios en la línea de conducción*

Accesorio	Cantidad	Km	Total
Codo45°	2	0.42	0.84
Codo90°	1	0.9	0.9
Válvula de expulsión de aire	2	2.5	5
Válvula de compuerta	2	0.2	0.4
Tee a través de la salida lateral	2	1.8	3.6
Total			10.74m

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se reflejan los valores de pérdidas en los accesorios situados en la línea de conducción.

e) Cálculo de pérdidas menores en sarta de descarga y conducción

$$h_{md} = K_t * \frac{V^2}{2g}$$

$$K_t = 14.94 \text{ m} + 3.2 \text{ m} + 10.74 \text{ m}$$

$$K_t = 28.88 \text{ m}$$

$$h_m = 28.88 * \frac{0.90^2}{2(9.81)}$$

$$h_m = 1.1922 \text{ m}$$

Tabla 16

Pérdidas de descarga en la tubería

Descarga tubería de H°G°			Conducción tubería de PVC		
L	C	hf	L	C	hf
50	100	1.23	175	150	2.03

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se reflejan los valores de pérdidas en los accesorios situados en la tubería de distribución.

f) Método de cálculo de pérdidas por fricción en descarga y conducción

$$h_{fd}(H^{\circ}G^{\circ}) = 10.675 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}} * \frac{L}{D^{4.87}}$$

$$h_{fd}(H^{\circ}G^{\circ}) = 10.675 * \frac{0.00346^{1.852}}{100^{1.852}} * \frac{50}{0.070^{4.87}}$$

$$h_{fd}(H^{\circ}G^{\circ}) = 1.23 \text{ m}$$

$$h_{fd}(PVC) = 10.675 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852}} * \frac{L}{D^{4.87}}$$

$$h_{fd}(PVC) = 10.675 * \frac{0.00346^{1.852}}{150^{1.852}} * \frac{175}{0.070^{4.87}}$$

$$h_{fd}(PVC) = 2.03 \text{ m}$$

g) Pérdidas totales por fricción en descarga y conducción

$$\sum h_f = h_{fd}(H^{\circ}G^{\circ}) + h_{fd}(PVC)$$

$$\sum h_f = 1.23 \text{ m} + 2.03 \text{ m}$$

$$\sum h_f = 3.26 \text{ m}$$

h) Pérdidas totales

$$\sum h_{pd} = h_m + \sum h_f$$

$$\sum h_{pd} = 1.1922 \text{ m} + 3.26 \text{ m}$$

$$\sum h_{pd} = 4.4522 \text{ m}$$

$$CTD = NB + Hest_{descarga} + \sum h_{pd}$$

$$CTD = 34.14 \text{ m} + 71.3937 \text{ m} + 4.4522 \text{ m}$$

$$CTD = 109.9859 \text{ m}$$

$$CTD = 360.89 \text{ ft}$$

4.5.1.2 Potencia hidráulica de la bomba

Primeros 10 años del proyecto

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * e}$$

$$P_B = \frac{36.93 * 360.89}{3960 * (70\%)}$$

$$P_B = 4.21 \text{ HP}$$

Dado que la potencia hidráulica dio como resultado 6.24 HP, se deberá usar un equipo que posea una potencia hidráulica superior.

Segundos 10 años del proyecto

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * e}$$

$$P_B = \frac{54.84 * 360.89}{3960 * (70\%)}$$

$$P_B = 6.24 \text{ HP}$$

4.5.1.3 Punto de operación y selección del equipo

Se seleccionó un equipo de bombeo que cumpla características de operación del caudal de diseño y la carga dinámica total y como referencia se utilizó, el catálogo de bombas sumergibles FRANKLIN ELICTRIC, resultando la elección de la bomba MODELO 35FH5S4-PECV para los primeros 10 años del proyecto y la bomba MODELO 60FH7S4-PECV para los segundos 10 años del proyecto.

4.5.1.4 Potencia del motor

Primeros 10 años del proyecto

$$P_M = 1.15 * P_B$$

$$P_M = 1.15 * 4.21 \text{ HP}$$

$$P_M = 4.84 \text{ HP}$$

$$P_M \approx 5 \text{ HP}$$

Según el catálogo de motores y bombas Franklin Electric el motor a elegir próximo es de 5 HP de potencia y no se puede elegir una inferior al cálculo obtenido.

Segundos 10 años del proyecto

$$P_M = 1.15 * P_B$$

$$P_M = 1.15 * 6.24 \text{ HP}$$

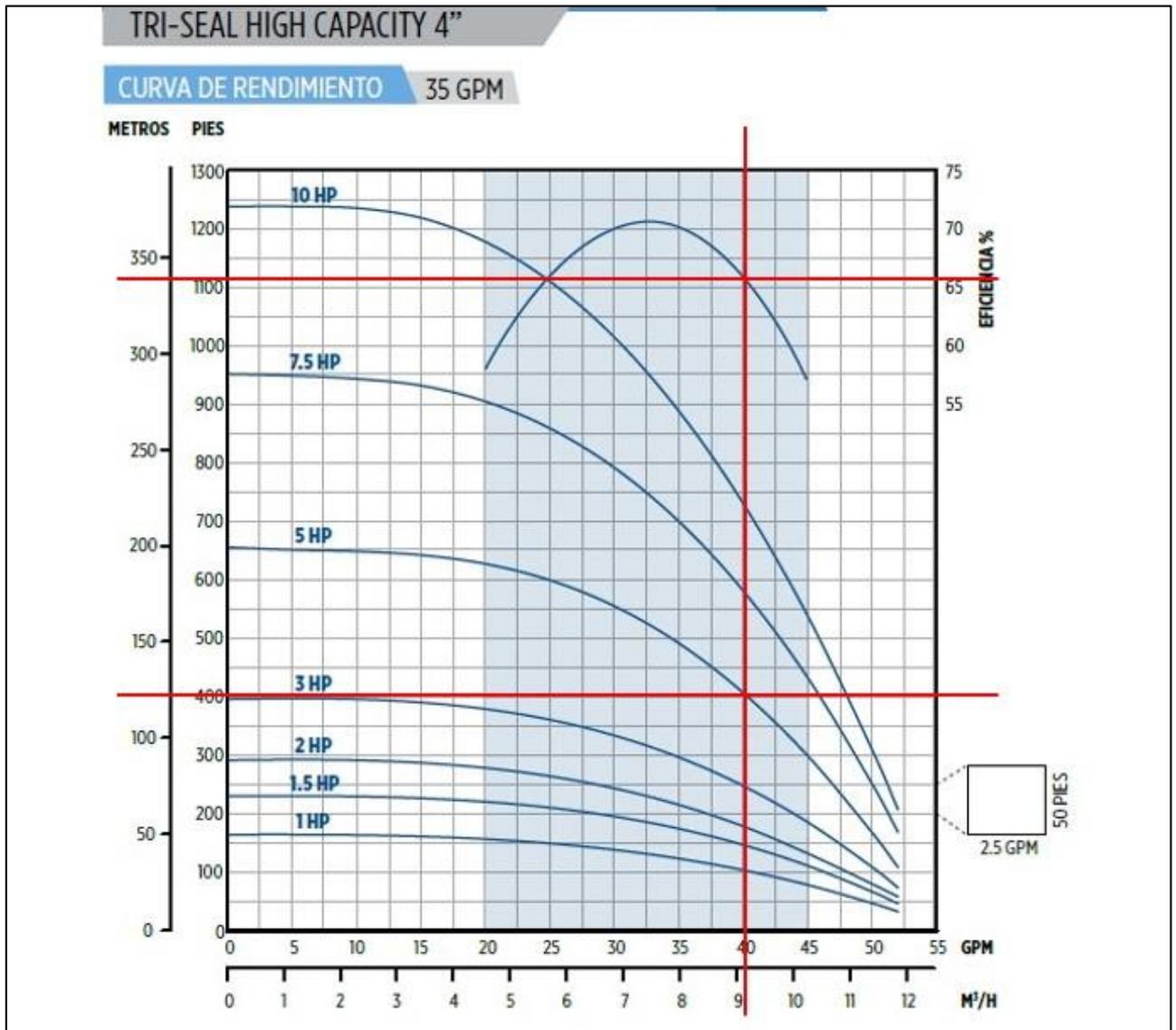
$$P_M = 7.18 \text{ HP}$$

$$P_M \approx 7.5 \text{ HP}$$

Según el catálogo de motores y bombas Franklin Electric el motor a elegir próximo es de 7.5 HP de potencia y no se puede elegir una inferior al cálculo obtenido.

Figura 4

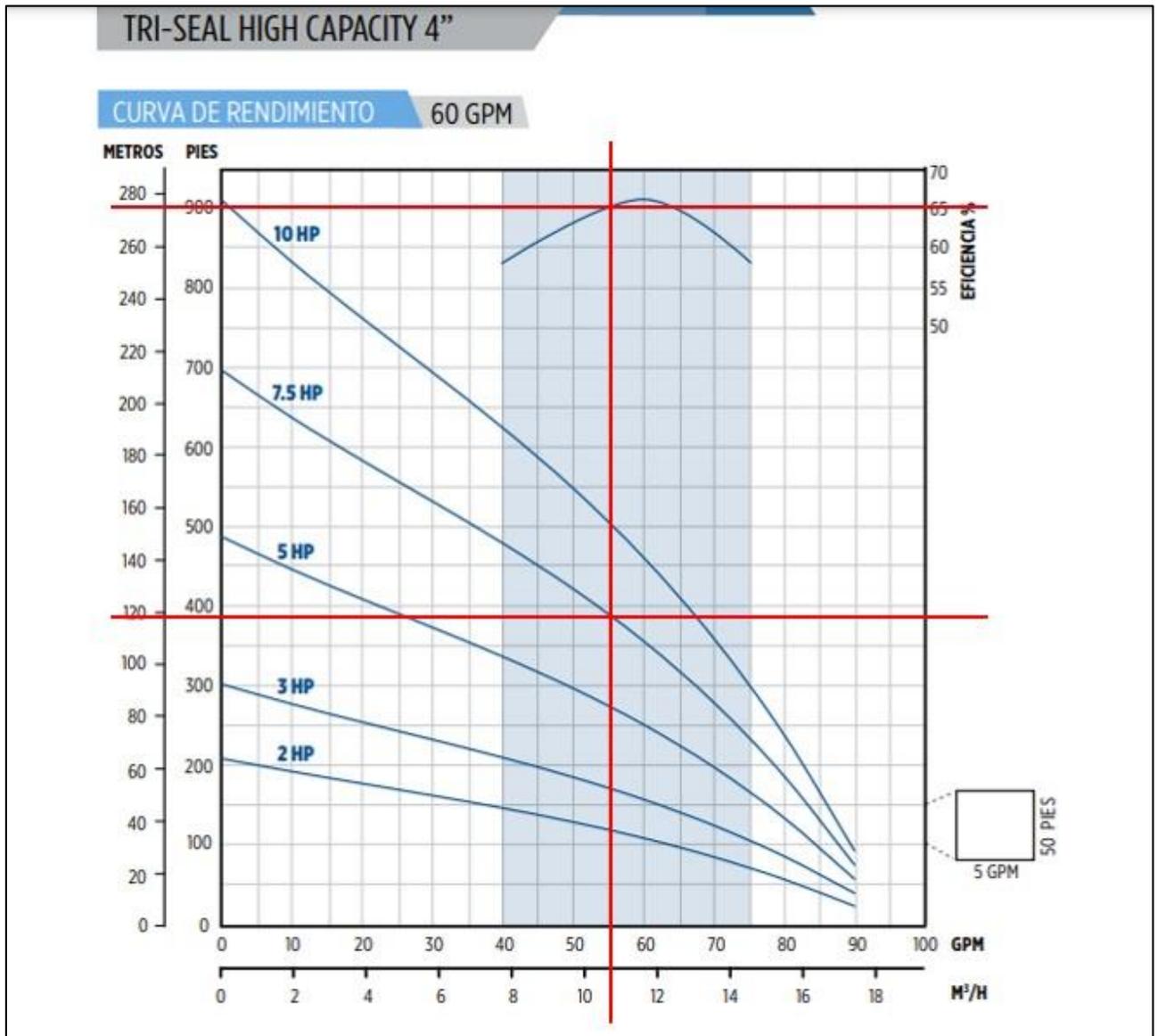
Selección de la bomba



Nota. En la figura se puede visualizar la selección de la bomba para los primeros 10 años del proyecto, teniendo como parámetros la carga total dinámica y el caudal.

Figura 5

Selección de la bomba



Nota. En la figura se puede visualizar la selección de la bomba para los segundos 10 años del proyecto teniendo como parámetros la carga total dinámica y el caudal.

4.5.2 Golpe de ariete

a) Cálculo de la celeridad de Allievi

Considerando una línea de conducción de PVC SDR-26 de 2", el espesor de tubo es de 2.31 mm, y la K para tubos de plástico de acuerdo a la Tabla 17, posee un valor de 33.33.

Tabla 17

Valores de K para los diferentes materiales

Materiales	K
Acero	0.5
Fundición	1
Hormigón armado	5
Fibro cemento	5.5
PVC	33.33
PE (baja densidad)	500
PE (alta densidad)	110.111

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se reflejan los valores de k para la determinación de la celeridad de Allievi. Tomado [Hidráulica de tuberías, abastecimiento de agua, redes y riego, Juan G. Saldarriaga, 2019, 2022.](#)

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K_0 \frac{D}{e}}}$$

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.3 \frac{0.0762}{0.00231}}}$$

$$C = 292.34 \frac{m}{s}$$

b) Cálculo del tiempo de cierre

Para considerar las peores condiciones de funcionamiento, los cálculos se realizaron para cierre inmediato de la válvula de retención, de esta manera consideramos la sobrepresión máxima.

$$T = \frac{2L}{C}$$

$$T = \frac{2(738.22 \text{ m})}{292.34 \text{ m/s}}$$

$$T = 5.05 \text{ s}$$

c) Cálculo de sobrepresión

$$h_a = \frac{C * V}{g}$$

$$h_a = \frac{292.34 \text{ m/s} * 0.90 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_a = 26.82 \text{ m}$$

d) Cálculo de la presión máxima

$$P_{m\acute{a}x} = h_a + H_{est\text{descarga}}$$

$$P_{m\acute{a}x} = 26.82 \text{ m} + 71.3937 \text{ m}$$

$$P_{m\acute{a}x} = 98.2137 \text{ m}$$

$$P_{m\acute{a}x} < P_{tuber\acute{a}a}$$

$$P_{m\acute{a}x} < 112 \text{ mca}$$

Considerando que la presión de servicio ofrecida por la tubería de PVC, SDR 26, es de aproximadamente 112 m.c.a, podemos inferir que es factible el uso de esta denominación de tubería en la línea de conducción, pues cumple la norma ASTM.

Tabla 18

Presiones de trabajo de tubería PVC

SDR	Presiones de trabajo		
11	28.00 kg/cm ²	400.00PSI	280.00M.C.A
13.5	22.40 kg/cm ²	320.00PSI	224.00M.C.A
17	17.50 kg/cm ²	250.00PSI	175.00M.C.A
26	11.20 kg/cm ²	160.00PSI	112.00M.C.A
32.5	8.80kg/cm ²	125.00PSI	88.00M.C.A
41	7.00kg/cm ²	100.00PSI	70.00M.C.A
50	5.60kg/cm ²	80.00PSI	56.00M.C.A

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se reflejan los valores de presión que resisten las diferentes cédulas de las tuberías. Tomado de [Normas ASTM y API, Rodolfo Sosa Rojas, 2022.](#)

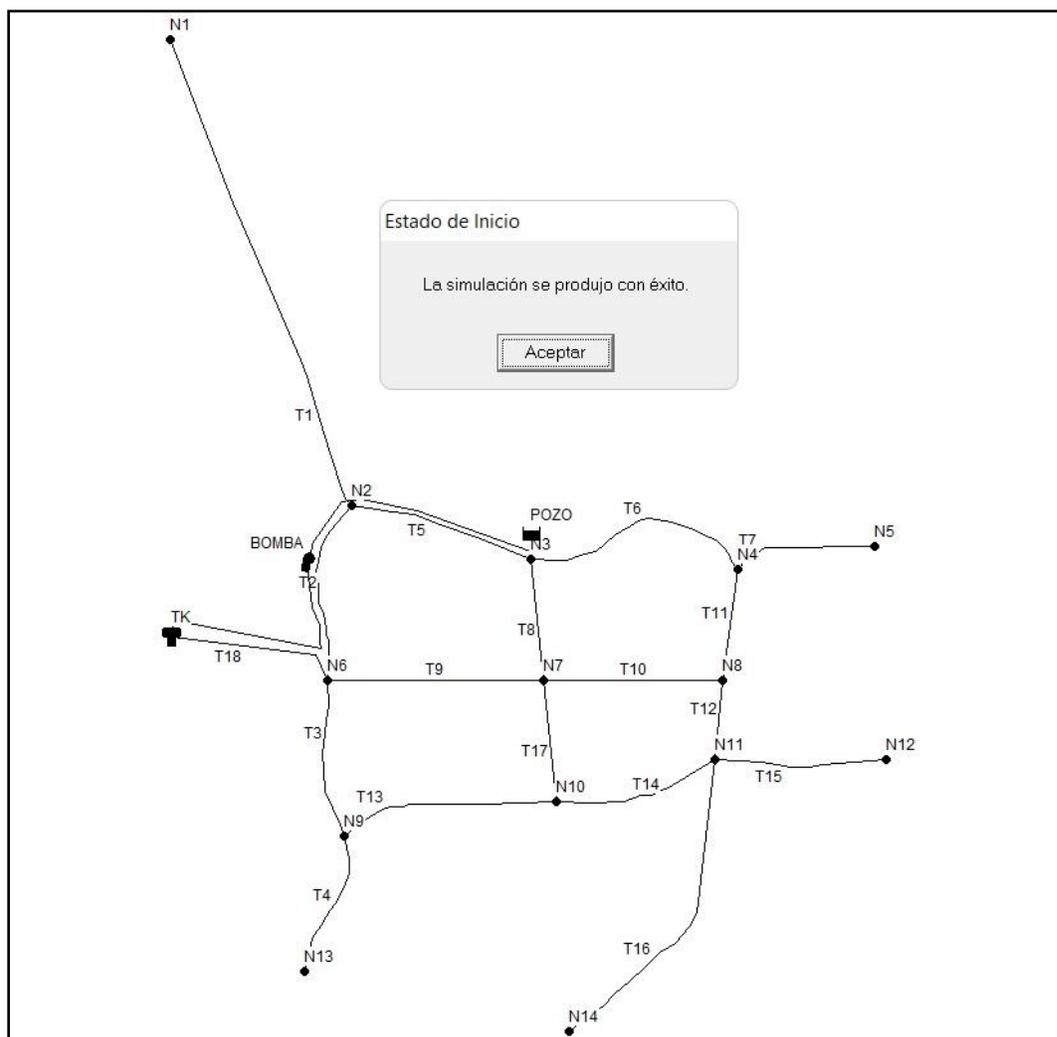
4.5.2.1 Diseño hidráulico de la red de distribución

1. Idealización de la red

La red en su conjunto quedó distribuida por 14 nudos y 18 tuberías, de acuerdo a la conformación del terreno y a la ubicación de las viviendas a beneficiar, bajo la configuración de operación fuente – tanque – red, el estado de la red con el etiquetado de nodos, y tuberías se muestra a continuación.

Figura 6

Línea de conducción y red de distribución



Nota. En la figura se puede visualizar la idealización de la red de tubería del proyecto.

2. Modelo hidráulico

a) Demanda en los nodos

Se calculó con el método de caudal por unidad de longitud de tubería, primeramente, se dividió el CMH al final del periodo de diseño entre la longitud efectiva de la red. Seguidamente, se multiplico el caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente, para así obtener su valor de caudal.

b) Elevación de los nodos

Elevación correspondiente a punto de referencia o a un cambio de dirección de la línea de conducción, los cuales fueron extraídos del levantamiento topográfico.

c) Longitud de tubería

Corresponde a la longitud de cada tramo entre dos nodos consecutivos, obtenido de la propuesta de la red de distribución.

d) Diámetro de la tubería

Se obtuvo del cálculo de diámetro de tubería según el método de Bresse

e) Rugosidad

El coeficiente de rugosidad utilizado, según Hazen – Williams, corresponde al valor de 150, la cual es de material Tubo de cloruro de polivinilo (PVC).

3. Análisis hidráulico

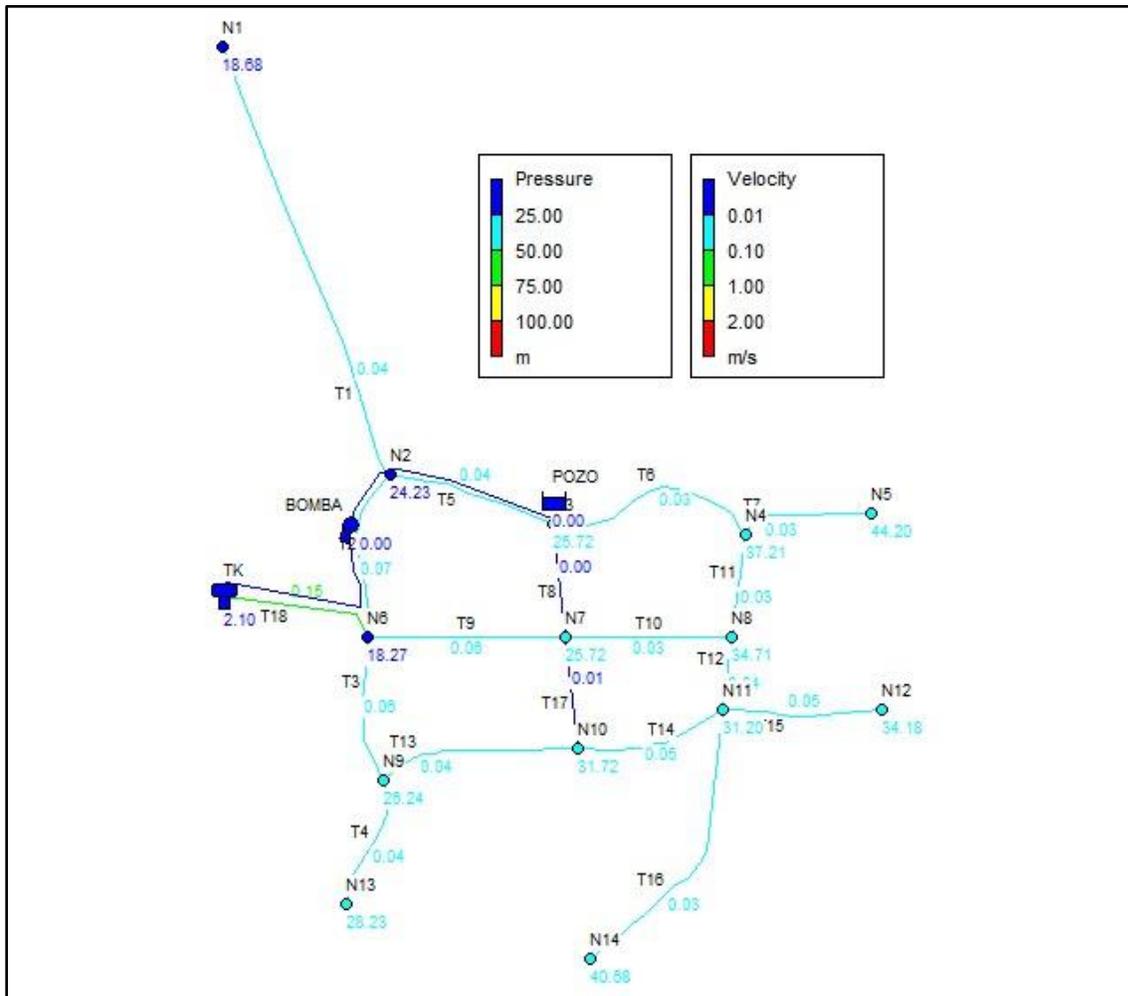
La simulación del sistema fue realizada con el software EPANET, considerando: tanque lleno y CMH, lo cual representa la condición más exigente, donde se presenta las mayores velocidades y altas presiones de trabajo, solamente por debajo de las presiones existentes cuando no hay demanda en el sistema.

Todas las simulaciones se realizaron tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Nivel dinámico del agua dentro del pozo.
 2. La curva característica del equipo de bombeo seleccionado en la sección.
 3. Las dimensiones del tanque de almacenamiento calculadas en la sección.
 4. Tuberías de PVC, $C = 150$ de 2" y 3" de diámetro.
- a) Análisis de la red de distribución con CMH y tanque nivel mínimo

Figura 7

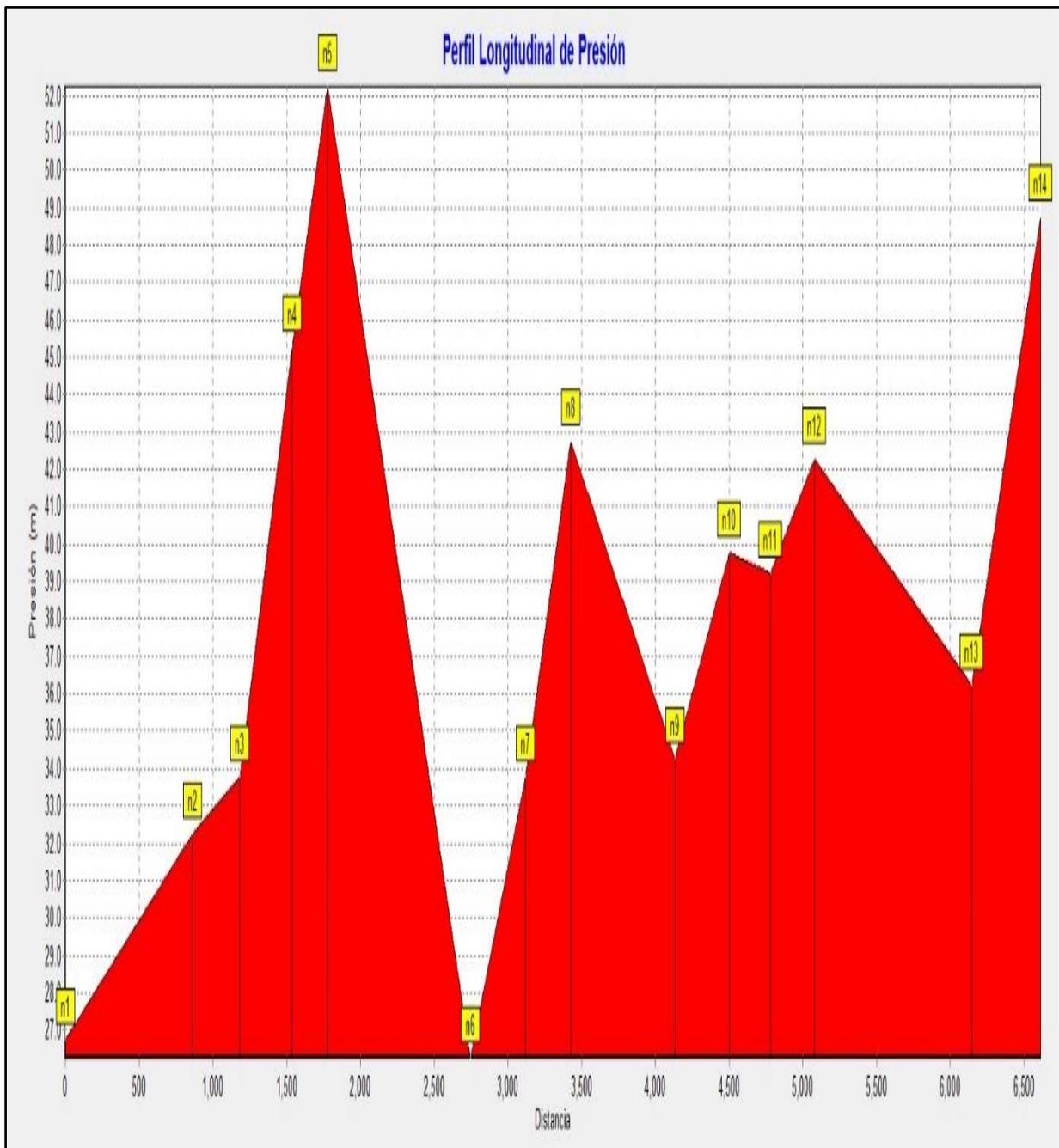
Análisis de presiones y velocidades de la red



Nota. En la figura se puede visualizar tanto las presiones como las velocidades de la red de tubería del proyecto.

Figura 8

Perfil de presiones de la red de distribución



Nota. En la figura se puede el perfil longitudinal de las presiones a lo largo de la red de tubería del proyecto.

Se encontraron 18 tuberías, las cuales presentan velocidades cuyos valores se encuentran en los rangos establecidos por la norma NTON. No se encontraron nodos con presiones por debajo de los 15 mca. La máxima presión registrada es de 44.20 metros, en el nodo 5, por consiguiente, ningún nodo sobre pasa la presión límite de 50 mca.

4.5.2.2 Diseño de tanque de almacenamiento

El volumen del tanque lo compone el volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia (20% CPDT), más el volumen de compensación (15% CPDT).

Tabla 19

Capacidad del tanque de almacenamiento

Dimensionamiento para tanque de almacenamiento		
Caudal de diseño	3.46	lps
	298.96	m ³ /d
Volumen compensador	31.63	m ³
Volumen de reserva	42.18	m ³
Volumen Total del Tanque	73.81	m³

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se especifica el volumen total del tanque de almacenamiento.

4.5.2.3 Calidad del agua

Para analizar en qué rangos, con respecto a los requisitos establecidos por el INAA, se encontraba el agua de la fuente, fue necesario realizar pruebas de laboratorio físicas, químicas, organolépticas y bacteriológicas. Según referencia de laboratorios PIENSA, los

elementos analizados en la prueba físico-químico para potabilidad se encuentran dentro de las normas internacionales para aguas químicamente potables, conforme a normas de la O.M.S (organización mundial de la salud). Desde el punto de vista bacteriológico, esta agua es apta para consumo humano.

4.5.2.4 Desinfección

La desinfección significa una disminución de la población de bacterias hasta una concentración inocua, para el consumo humano. Y como los valores obtenidos en la prueba de laboratorio están entre los rangos determinados, inferimos que no requiere ningún tratamiento adicional, más que la desinfección a través del cloro, como tratamiento mínimo del agua establecido por la norma. La cloración de los abastecimientos públicos de agua representa unos de los procesos principales en la obtención de agua de calidad, el proceso de desinfección será tan efectivo como lo sea el control que se ejerza para el aseguramiento de la continua cloración y aplicaciones de cantidades proporcionales al gasto.

a) Determinación de la dosis de cloro para muestra compuesta

1) Dosis de cloro para remoción de Amonio

$$\text{Dosis de cloro para remocion de Amonio} = \frac{4.21 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca}(\text{OCl})_2}{1 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{NH}_3} * 0.01 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{NH}_3$$

$$\text{Dosis de cloro para remocion de Amonio} = 0.0421 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca}(\text{OCl})_2$$

2) Dosis de cloro para remoción de Hierro

$$\text{Dosis de cloro para remocion de Hierro} = \frac{2.58 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca}(\text{OCl})_2}{1 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{NH}_3} * 0.006 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{NH}_3 =$$

$$\text{Dosis de cloro para remocion de Hierro} = 0.01548 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca}(\text{OCl})_2$$

3) Dosis de cloro para remoción de Manganeso

$$\text{Dosis de cloro para remocion de manganeso} = \frac{2.6 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca(OCl)}_2}{1 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{NH}_3} * 3.71 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{NH}_3 =$$

$$\text{Dosis de cloro para remocion de manganeso} = 9.646 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca(OCl)}_2$$

4) Dosis de cloro para remoción de compuestos

$$\text{Dosis de cloro para remocion de compuestos} = 9.70358 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{Ca(OCl)}_2$$

b) Determinación de la dosis de cloro para remoción de microorganismos

5) Cálculo de la concentración de microorganismos en el efluente

LRV de 1 es equivalente al 90.00 % de remoción de un patógeno objetivo.

LRV de 2 es equivalente al 99.00 % de remoción de un patógeno objetivo.

LRV de 1 es equivalente al 99.90 % de remoción de un patógeno objetivo.

$$\text{Concentración de microorganismos en el efluente} = \frac{\text{Concentración de microorganismos en el afluente}}{10^{\text{LRV}}}$$

$$\text{Concentración de microorganismos en el efluente} = \frac{580 \text{ NMP}/100\text{ml}}{10^3}$$

$$\text{Concentración de microorganismos en el efluente} = 0.58 \text{ NMP}/100\text{ml}$$

6) 2. Cálculo de la velocidad cinética del cloro en el agua (K)

$$K = K_{20} * (1 + \theta)^{(T-20)}$$

$$K = 0.1 * (1 + 0.07)^{(24-20)}$$

$$K = 0.1310196 \text{ min}^{-1}$$

7) 3. Cálculo de la concentración de desinfectante

$$C^n = \frac{\log_{10} \frac{N}{N_0}}{-Kt}$$

$$C^n = \frac{\log_{10} \frac{N}{N_0}}{-Kt}$$

$$C^n = 0.7628952 \frac{mg}{L} Ca(OCl)_2$$

c) Dosis de cloro total que demanda el sistema para la desinfección del agua

$$Dosis = \sum [Ca(OCl)_2]$$

$$Dosis = 9.70358 \frac{mg}{L} Ca(OCl)_2 + 0.7628952 \frac{mg}{L} Ca(OCl)_2 + 1 \frac{mg}{L} Ca(OCl)_2$$

$$Dosis = 11.50 \frac{mg}{L} Ca(OCl)_2$$

4.6 Presupuesto del proyecto

Una vez definido los cálculos de costo, se obtuvo que el valor total de la obra asciende C\$ 3, 157, 555.91 equivalente a \$ 87,709.89. El tipo de cambio oficial que se hizo al momento de realizado el presupuesto (20/08/2022), fue de C\$ 36.

Tabla 20

Costos del proyecto

Etapa	Descripción	U/M	Costo Total Directo
			C\$
100	Perforación Pozo	GLB	1,983,153.39
			C\$
200	Construcción de Dados de Concreto	GLB	23,823.32
			C\$
300	Conexiones Domiciliares	GLB	52,104.60
			C\$
400	Línea de Conducción	GLB	54,680.87
			C\$
500	Red de Distribución	GLB	401,524.60
			C\$
600	Cerco de Protección y Reforestación	GLB	24,427.24
			C\$
700	Limpieza y Entrega Final	GLB	20,722.50
			C\$
A	Total Costos Directos (CD)		2,560,436.51

Etapa	Descripción	U/M	Costo Total Directo
			C\$
B	Costos Indirectos (10% CD)		256,043.65
			C\$
C	Sub Total (A+B)		2,816,480.17
			C\$
D	Administración 6% (CD+CI)		168,988.81
			C\$
E	Utilidades 5% (CD+CI)		140,824.01
			C\$
F	Sub Total (C+D+E)		3,126,292.98
			C\$
G	Impuesto 1% (F)		31,262.93
			C\$
H	Costo Total de la Inversión (F+G)		3,157,555.91
			C\$
			\$
	Costo Total de la Inversión en dólares (T/C= 36 C\$)		87,709.89

Nota. La tabla es de elaboración propia, en la cual se detallan los costos estimados para la realización del proyecto.

4.6.1 Costo de operación y mantenimiento

Para brindar un buen servicio eficiente y continuo a la población, es necesario determinar los costos de operación y mantenimiento del sistema durante su periodo de diseño.

4.6.1.1 Gastos administrativos

Para la operación y mantenimiento del sistema, se propondrá una persona las actividades de responsable administrativo, fontanero y clorador.

1. Gastos de personal

Se considerará un gasto mensual administrativo de C\$ 3,600.

Sueldo anual= C\$ 3,600 x 12 meses = C\$ 43, 200.00

2. Gastos de transporte

Se considerará un gasto mensual de transporte de C\$ 120.00.

Gasto de transporte = C\$ 120.00 x 12 meses = C\$ 1,440.00

4.6.1.2 Costo de mantenimiento

1. Mantenimiento de cerco de protección

Tal actividad consiste en la reparación de los cercos de las obras hidráulicas, como obra de captación y tanque de almacenamiento, el cual se realizará una vez al año y tendrá un costo del 1% del valor total del costo del cerco.

Costo de cercos = C\$ 24,427.24 x 1% = C\$ 244.27

2. Limpieza de predios

Esto consiste en la limpieza de montes en los predios de las obras hidráulicas las cuales se realizarán 4 veces al año y su costo será de C\$ 150 c/u.

Costo anual = C\$ 150.00 X 4 = C\$ 600.00

3. Limpieza de obras hidráulicas

Esta actividad de limpieza consiste en mejorar la calidad del agua, la cual se realizará cada mes con un valor de C\$ 400.00 por limpieza

Costo anual = C\$ 400.00 X 12 = C\$ 4,800.00

4. Mantenimiento de la estación de bombeo

Esta actividad consiste en el mantenimiento de la bomba, como los dispositivos que la conforman, tanto accesorios como tuberías; se ejecuta cada 5 años, y tendrá un costo del 5% del costo total de la estructura.

Costo anual de mantenimiento = C\$ 38,730.47 x 5% = C\$ 1,936.52

5. Mantenimiento de tanque de almacenamiento

Consiste en la reparación de tuberías y accesorios, dicha actividad se realizará cada 5 años y tendrá un costo del 5% del costo de la estructura.

Costo anual = C\$ 126,314.17 x 5% = C\$ 6,315.71

6. Mantenimiento de la línea de conducción y red de distribución

Tendrá un costo de mantenimiento de C\$ 2.50 por metro de tubería.

Costo anual = C\$ 2.50 x 5, 455 m = C\$ 13,637.50

CONCLUSIONES.

1. La comunidad presenta una población con predominio de adultos jóvenes, con acceso a empleo.
2. La tasa de crecimiento poblacional es alta, superior a la tasa máxima de crecimiento establecida por la NTON.
3. El relieve de la zona presenta una topografía irregular.
4. El diseño de agua potable se proyectó para una población de 2500 personas.
6. Atendiendo al costo del proyecto y a los requerimientos de operación y mantenimiento, el proyecto podría ser auto-sostenible con la debida administración del mismo.

RECOMENDACIONES.

1. Realizar estudios hidrogeológicos a profundidad para determinar la mejor ubicación para la perforación del nuevo pozo.
2. Aprovechar como reserva o sustento el caudal del pozo existente actualmente.
3. Evaluar nuevamente la calidad del agua y determinar la cantidad de arsénico existente en el agua.
4. Considerar la opción de colocar un filtro de arena presurizado para una mejor desinfección del agua, puesto que la concentración combinada de hierro y manganeso puede llegar a ser considerada para tratarse con un filtro.
5. Debe de realizarse la reposición total de la infraestructura hidráulica existente a fin de que el sistema opere de la manera más eficiente.
6. Mejorar la organización del CAPS, a fin de que tengan un fondo para futuras reparaciones, reposiciones y mantenimiento del sistema de agua potable.

BIBLIOGRAFÍA.

1. ANA. (2010). Ley general de aguas nacionales ley N° 620 y reglamento de la ley general de aguas nacionales decreto N° 44-2010. Managua.
2. Aparicio Mijares, F. J. (1989). Fundamentos de Hidrología de superficie. México .
3. Bervis, Elmer- PAST-DANIDA. (2004). Guía hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales. Managua Nicaragua: Programa de apoyo al sector transporte PAST- DANIDA.
4. Decreto 76-2006 Sistema de evaluación ambiental. (2006). Managua.
5. Elmer Bervis, P. -D. (2004). Guía para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales.
6. Elorduy, A. C. (1989). Hidrologia Subterránea. Instituto Tecnológico de Sonora
7. FISE. (2007). Manual de administración del ciclo del proyecto – MACPM. Managua.
8. INAA. (1999). Diseño de abastecimiento de agua en el medio rural y saneamiento básico rural (NTON 09001-99). Managua.
9. INAA. (1999). Norma técnica para el diseño de abastecimiento y potabilización del Agua NTON 09-003-99. Managua.
10. INAA. (2005). Guía técnica para el diseño de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de agua residuales. Managua.
11. INAA, C. O.-O. (2010). Ley N°722 ley especial de comites de agua potable y saneamiento y su reglamento. Managua.

12. Luters, A. (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. En A. Luters, & U. Soil Quality Institute (Ed.).
13. Morán, W. C. (2016). Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
14. MTI, M. d. (2008). Manual para la revisión de estudios hidrotécnicos de drenaje mayor. PAST - DANIDA, Managua. Recuperado el Octubre de 2008
15. Munch Galindo, L., & Angeles, E. (1988). Métodos y técnicas de investigación. Trillas.
16. Razura, I. A. (2012). Costo y Presupuesto.
17. Rodríguez, P. (2010). Información básica para proyectos de agua potable.
18. SISGA-FISE. (2000). Sistema de gestión ambiental agua y saneamiento. Managua.
19. Universidad de Panamá, t. L. (2004). Análisis de escenarios de desarrollo y plan indicativo de ordenamiento territorial ambiental para la región occidental de la cuenca del canal de Panamá. Panamá.
20. Villodas, I. E. (2008). Hidrología . Argentina .
21. Villón Béjar, M. (2002). Hidrología. Perú.

ANEXOS

Anexo I: Fotos del levantamiento topográfico.

Foto 1

Levantamiento topográfico



Foto 2

Levantamiento topográfico

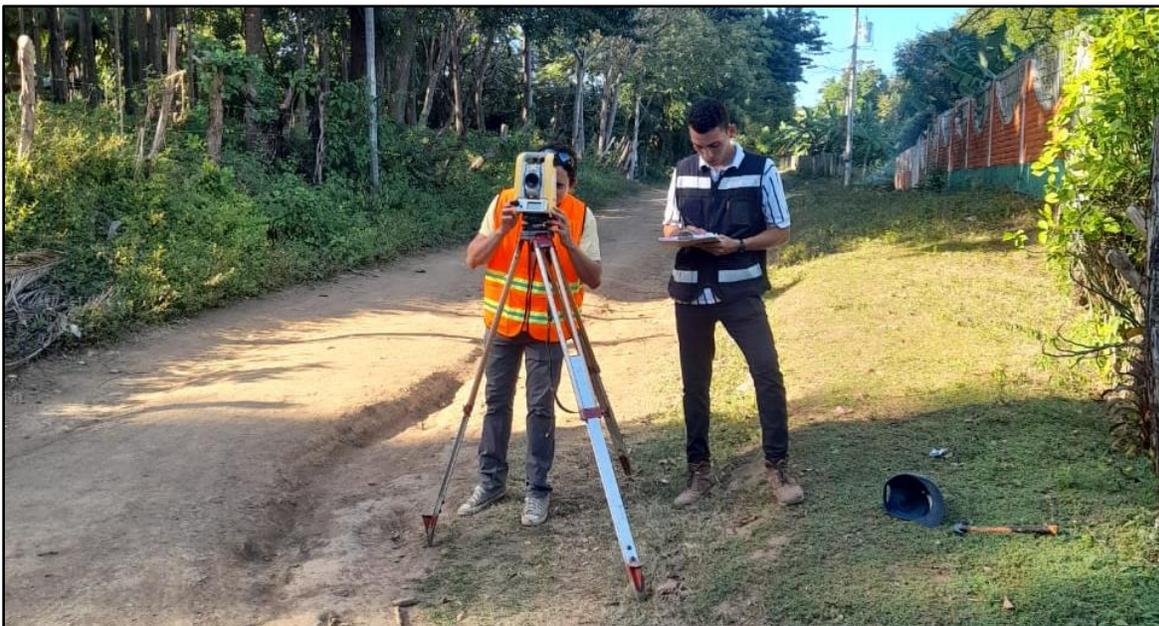


Foto 3

Levantamiento topográfico



Foto 4

Levantamiento topográfico



Foto 5

Levantamiento topográfico



Foto 6

Sistema Existente



Foto 7

Sistema Existente



Foto 8

Sistema Existente



Foto 9

Sistema Existente



Foto 10

Sistema Existente



Foto 11

Sistema Existente



Foto 12

Sistema Existente



Foto 13

Sistema Existente



Anexo II: Modelo de encuesta socioeconómica.

Proyecto: _____ Departamento: _____ Municipio: _____

Comunidad: _____ Fecha: _____

Responsable del Hogar: Padre _____ Madre _____

Nombre del Encuestado/a: _____

1. Datos personales (Iniciar con el jefe(a) de familia)

Nombres y Apellidos	Parentesco	Sexo		Edad				Nivel de Escolaridad	Ocupación
		M	F	1-5	6-15	16-25	26-35		

2. CONDICIONES DE LA VIVIENDA (Observar, anotar)

1. La vivienda es: a) Propia _____ b) Prestada _____ c) Alquilada _____

2. Paredes: a) Bloque ___ b) Ladrillo ___ c) Madera ___ d) Adobe ___ e) Otros _____

3. El piso es: a) Ladrillo _____ b) Concreto _____ c) Tierra _____ d) Otros _____

4. El techo es: a) Zinc_____b) Nicalit_____ a) Teja_____d) Madera_____e)
Otros_____

5. Cuantas divisiones tiene: a) No tiene____ b) Dos____ c) Tres____ d) Más de tres____

6. Resumen del estado de la vivienda: a) Buena____ b) Regular____ c) Mala____

3. SITUACIÓN ECONOMICA DE LA FAMILIA

7. Cuantas Personas del hogar trabajan? _____

8. ¿Cuál es el Ingreso Económico promedio mensual del Hogar? C\$ _____

9. En que trabajan? a) Ganadería____ b) Agricultura____ c) Jornaleros____ d) Comerciante____ e) Otros_____

10. Que cultivos realizan? a) Arroz____ b) Frijoles____ c) Maíz____ d) otros_____

11. Tienen Ganado? Si____ No____ a) Vacas____ b) Caballos____ c) Otros_____

12.- Cuentan con energía eléctrica Sí____ No____ Cuánto pagan? C\$ _____

4. SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (Observar, verificar)

13. Tienen Letrina? Sí____ No_____

¿Estado?: a) Buena____ b) Regular____ c) Mala____

14. Que hacen con las aguas servidas de la casa? a) La riegan___b) La dejan correr_____

15. Existen charcas en el patio producto de aguas grises? a) Si_____b) No_____

16.. Se observa basura: En el interior Sí ____No. En el exterior Sí ____No_____

17. Que hacen con la basura: la queman_____la entierran_____Otros: _____

5. RECURSOS Y SERVICIOS DE AGUA

18. Cuenta con servicio de agua? a) Sí_____Que tipo: a) Llave_____b) Pozo _____
c) Otro_____

Si No tiene, Como se abastece: Río_____b) Quebrada_____c) Otro_____

19. Quién acarrea el agua? a) La mujer_____b) El hombre____c) Los niños/as____d)
Otros_____

20. A que distancia acarrea el agua a) Menos de 100 m____b) Menos de 500
m____c) Memos de 1 km_____d) Más de 1 Km_____

21. Cuantos viajes realizan para buscar el agua que utilizan diario? _____

22. Cuantos Gln de agua acarrean al día a) 30_____b) 40_____c) 50_____d) 60
o más_____

23. En qué almacena el agua? a) Barriles_____b) Bidones_____c) Pilas_____

24. Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen:

a) Tapados ____ b) Destapados ____

25. La calidad del agua que consume, la considera: a) Buena ____ b) Regular ____

c) Mala

28. Usted considera que la comunidad necesita un proyecto de agua a) Si ____ b)

No ____

29. Usted quiere participar en el proyecto de agua. a) Si ____ b) No ____

30. Esta dispuesto a aportar Mano de obra para la construcción? a) Si ____ b) No

31. Esta dispuesto a aportar en efectivo para la construcción del proyecto a) Si _

b) No ____

Cuanto a) C\$50 ____ C\$100 ____ C\$500 ____ Más de C\$500 ____

32 Cuanto estaría dispuesto/a en pagar por el servicio de agua mensual? Sí ____

No ____

Cuánto. a) C\$ 20 a 30 ____ b) C\$ 31 a 40 c) C\$ 41 a 50 ____ d) C\$51 a más ____

6. Organización y Participación Comunitaria:

33. Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización comunitaria?

Sí ____ ¿Qué tipo? a) Productiva ____ b) Social ____ c) Religiosa ____ d)

Otra _____

¿No _____ Por qué? _____

34. Cuantos miembros del hogar participan en la organización comunitaria?

a) Hombres ____ b) Mujeres ____ c) Total _____

35. Estaría la Familia dispuesta a participar en el proyecto

a) Si ____ b) No ____ c) Porque _____

7. SITUACION DE SALUD DE LA FAMILIA

Enfermedades padecidas por los miembros el hogar en el año.

Enfermedades					Observaciones
	- 5	6-15	16-25	+ 26	
Diarrea					
Tos					
Resfriados					
Malaria					
Dengue					
Parasitosis					
Infección renal					
Tifoidea					
Hepatitis					
Infecciones dérmicas(piel)					
Otras					