



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DEL MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO (MABE), PARA
LAS COMUNIDADES EL CARRIZO Y EL COYOLITO, MUNICIPIO DE ESTELÍ,
DEPARTAMENTO DE ESTELÍ”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Alvaro Lissandro Gómez Rodríguez

Br. Keneth Emmanuel Briones Blandón

Tutor

M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

Managua, Diciembre 2021

Dedicatoria

Dedicamos el presente trabajo monográfico a Dios y nuestras familias, quienes en todo momento nos han apoyado en el ámbito académico como personal, principalmente a nuestros padres quienes han sido nuestro apoyo incondicional en nuestra formación profesional y en todos los momentos de la vida, haciendo de nosotros hombres de buenos valores, ellos son los principales protagonistas de este sueño alcanzado.

Br. Alvaro Lissandro Gómez Rodríguez

Br. Keneth Emmanuel Briones Blandón

Agradecimiento

Nuestro principal y contundente agradecimiento a Dios nuestro señor por bendecirnos y guiarnos en el transcurso de nuestros años académicos como en las etapas de nuestra vida personal.

Agradecer a nuestras familias por impulsarnos a seguir adelante sobre cualquier adversidad, agradecer especialmente a nuestros padres que son nuestro mayor orgullo e inspiración y es por ellos que ha sido posible alcanzar nuestros propósitos.

A nuestro tutor M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González quien estuvo con nosotros asesorándonos para desarrollar nuestro proyecto de titulación.

Br. Alvaro Lissandro Gómez Rodríguez

Br. Keneth Emmanuel Briones Blandón

Resumen

En el presente trabajo de investigación monográfico se describen cada uno de los aspectos necesarios para llegar al diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de las comunidades El Carrizo y Coyolito, pertenecientes al departamento de Estelí, con un período de diseño de 20 años (2021-2041).

El sistema de abastecimiento de agua potable fue diseñado con las normas rurales del INAA (NTON 09 002-99) y las normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).

El documento también posee una memoria de diseño y aspectos generales necesarios para los cálculos de la investigación.

Esta investigación cuenta con 5 capítulos los cuales son los siguientes:

Capítulo I: Generalidades

Este capítulo detalla la introducción del tema, con la justificación, antecedentes de las comunidades El Carrizo y El Coyolito y los objetivos que se basa la investigación.

Capítulo II: Marco teórico

En este se describen conceptos importantes sobre los temas que abarca la investigación de acuerdo al uso de los objetivos.

Capítulo III: Diseño metodológico

En este capítulo se plantean las fórmulas necesarias de la investigación de acuerdo a los objetivos propuestos, de igual manera se tomarán en cuenta tablas y normas establecidas por el INAA.

Capítulo IV: Análisis y presentación de resultados

Tomando en cuenta las formulas empleadas, se obtuvieron resultados de cálculos, tablas, gráficos y planos de diseño de la investigación.

Estos análisis de resultados van detallados según al objetivo trabajado, estos objetivos van de la siguiente manera:

En el estudio socio económicos se muestran los resultados obtenidos de las encuestas realizadas en las comunidades, donde fueron procesadas y hecho su respectivo análisis.

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable se tomaron en cuenta los cálculos y criterios de diseño según las normas, para tener una propuesta adecuada según la demanda de la comunidad.

Para el costo y presupuesto se elaboró tomando en cuenta las normas establecidas por el FISE.

La evaluación de impacto ambiental se realizó tomando en cuenta los factores ambientales en el proyecto con su respectiva valoración de impactos y proponiendo el plan de mitigación y contingencia ambiental.

INDICE

Capítulo 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
Capítulo II: Marco teórico	5
2.1 Estudio socioeconómico.....	5
2.2 Estudio topográfico	5
2.2.1 Fuente (Pozo Perforado)	5
2.3 Estudio de la demanda	6
2.3.1 Cálculo de población	7
2.3.2 Dotación.....	7
2.4 Estudios de agua.....	7
2.4.1 Calidad del agua	8
2.4.2 Control de calidad del agua.....	8
2.4.3 Control de procesos	8
2.4.4 Preservación de la calidad del agua.....	9
2.4.5 Rendimiento de la fuente	9
2.5 Diseño hidráulico	9
2.5.1 Estación de bombeo	9
2.5.2 Selección del equipo de bombeo	10

2.5.3 Equipo eléctrico.....	11
2.5.4 Tanques de almacenamiento	11
2.5.5 Clases de tanque	12
2.5.6 Tipos de tanque	12
2.5.7 Línea de conducción por bombeo	12
2.5.8 Tratamiento y desinfección	14
2.5.9 Red de distribución	14
2.5.10 Parámetros de diseño	15
2.5.11 Accesorios	18
2.6 Formulación del presupuesto.....	20
2.6.1 Presupuesto.....	20
2.6.2 Planeación del presupuesto	20
2.7 Evaluación de impacto ambiental	21
Capítulo III: Diseño metodológico.....	22
3.1 Diagnostico socioeconómico	22
3.2 Levantamiento topográfico	22
3.3 Estudio de la demanda	22
3.3.1 Cálculo de crecimiento poblacional	22
3.3.2 Dotación.....	23
3.4 Estudio de calidad del agua	24
3.4.1 Pruebas de bombeo	24
3.4.2 Calidad del agua de la fuente.....	24
3.5 Diseño hidráulico	24
3.5.1 Aforo de la fuente de abastecimiento de agua potable.....	24

3.5.2 Línea de conducción	24
3.5.3 Equipo de bombeo	31
3.5.4 Red de distribución	32
3.6 Elaboración de presupuesto	35
3.7 Evaluación de impacto ambiental	35
Capítulo IV: Análisis y presentación de resultado.....	37
4.1 Descripción de la situación socioeconómica de las comunidades El Carrizo y Coyolito.	37
4.1.1 Estudio socioeconómico.....	37
4.2 Levantamiento topográfico.....	48
4.3 Estudio de la demanda	50
4.3.1 Cálculo de crecimiento poblacional de las comunidades El Carrizo y El Coyolito a través del método geométrico.	50
4.4 Estudios de calidad de agua.....	54
4.4.1 Pruebas de bombeo	54
4.4.2 Calidad de agua de la fuente.....	56
4.5 Diseño hidráulico.....	57
4.5.1 Aforo de la fuente de abastecimiento	57
4.5.2 Línea de conducción por bombeo eléctrico	57
4.5.3 Equipo de bombeo	67
4.5.4 Red de distribución	68
4.6 Costos y presupuesto	88
4.7 Evaluación de impacto ambiental.....	96
4.7.1 Análisis ambiental	96
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	111

5.1 Conclusiones	111
5.2 Recomendaciones	113
Bibliografía	114
Anexos.....	I

Tablas

Tabla 1. Períodos de diseño	16
Tabla 2. Dotaciones de agua en la zona rural	23
Tabla 3. Coeficiente de capacidad hidráulica (C) de Hazen-Williams.....	26
Tabla 4. Pérdidas de accesorios de la longitud equivalente en tubería recta	27
Tabla 5. Crecimiento poblacional	50
Tabla 6. Consumo doméstico.....	51
Tabla 7. Consumo público y consumo promedio diario	52
Tabla 8. Pérdidas en el sistema	52
Tabla 9. Consumo máximo diario y horario	53
Tabla 10. Aforo de la fuente	57
Tabla 11. Pérdidas locales por accesorios	58
Tabla 12. Tramos de línea de conducción.....	62
Tabla 13. Línea de conducción, caudal y velocidad	63
Tabla 14. Línea de conducción, cotas y presiones	65
Tabla 15. Tramos en red de distribución	70
Tabla 16. Red de distribución, demanda, cota y presión	72
Tabla 17. Red de distribución, longitud tubería, caudal y velocidades.....	77
Tabla 18. Accesorios en la red	80

Tabla 19. Datos del tanque de almacenamiento de agua potable	81
Tabla 20. Dosificación de cloro	81
Tabla 21. Costos y presupuestos de la red de distribución de agua potable de las comunidades El Carrizo y El Coyolito	88
Tabla 22. Valoración de impacto ambiental sin proyecto.....	97
Tabla 23. Valoración de impactos del proyecto	99
Tabla 24. Plan de mitigación	102
Tabla 25. Plan de contingencia	106

Gráficos

Gráfico N° 1 Población.....	38
Gráfico N° 2. Habitantes	38
Gráfico N° 3. Nivel de escolaridad.....	39
Gráfico N° 4. Tenencia de la vivienda	40
Gráfico N° 5. Materiales de las viviendas	41
Gráfico N° 6. Población activa laboralmente	41
Gráfico N° 7. Ingresos económicos	42
Gráfico N° 8. Ocupación de personas en el hogar	43
Gráfico N° 9. Acceso a energía eléctrica.....	43
Gráfico N° 10. Servicios higiénicos	44
Gráfico N° 11. Fuente de abastecimiento.....	44
Gráfico N° 12. Almacenamiento	45
Gráfico N° 13. Calidad y aspecto del agua.....	45
Gráfico N° 14. Enfermedades relevantes	46
Gráfico N° 15. Escuela cercana	46

Gráfico N° 16. Acceso de las viviendas.....	47
Gráfico N° 17. Aceptación del sistema MABE	47

Ilustraciones

Ilustración 1. Levantamiento topográfico	48
Ilustración 2. Perfil del terreno ramal 1	49
Ilustración 3. Perfil del terreno ramal 2	49
Ilustración 4. Línea de conducción	63
Ilustración 5. Velocidad en línea de conducción.....	64
Ilustración 6. Cotas en línea de conducción	66
Ilustración 7. Presiones en línea de conducción.....	67
Ilustración 8. Curva característica de la bomba.....	68
Ilustración 9. Nodos de la red de distribución	69
Ilustración 10. Presiones en red de distribución	75
Ilustración 11. Cotas en los nodos, red de distribución.....	76
Ilustración 12. Velocidades en red de distribución.....	79
Ilustración 13. Cloro residual a las 0 horas.....	82
Ilustración 14. Cloro residual a la primera hora	83
Ilustración 15. Cloro residual a las 5 horas.....	84
Ilustración 16. Cloro residual a las 10 horas.....	85
Ilustración 17. Cloro residual a las 12 horas.....	86
Ilustración 18. Cloro residual a las 13 horas.....	87

Capítulo 1: Generalidades

1.1 Introducción

Las comunidades El Carrizo y El Coyolito, municipio de Estelí, departamento de Estelí, no cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable. Ante esta problemática se diseñó el sistema de agua potable el cual se desarrolla de la siguiente manera: Pozo, línea de conducción, tanque y red, con el fin de proporcionar todos los estudios pertinentes cumpliendo con las normativas, para realizar la gestión de los fondos para ejecutar la construcción de dicho sistema, ya que con esto se estará beneficiando de manera directa a 55 viviendas que existen actualmente en dichas comunidades, obteniendo un total de 199 personas entre ellos 95 hombres, 65 mujeres y 39 niños.

La idea del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable surge debido a la necesidad y demanda de la población la cual, si cuenta con una fuente de recurso hídrico, pero no posee un sistema de distribución, tratamiento y almacenamiento adecuado para esta fuente hídrica por lo que el agua no cumple con los estándares de calidad.

Según (Hernández, 2020), los habitantes consumen el agua con diversos contaminantes ya que no posee ningún tipo de tratamiento, debido a la problemática mencionada anteriormente los pobladores están expuestos a enfermedades causadas por contaminantes presentes en el agua sin tratar.

Para mejorar la situación de las comunidades El Carrizo y El Coyolito se diseñó un sistema que funcione eficazmente para poder abastecer el agua a los pobladores tanto en cantidad y calidad apto para el consumo, cumpliendo con las normativas vigentes en el país.

1.2 Antecedentes

Los habitantes de las comunidades El Carrizo y El Coyolito se han abastecido en el transcurso de los años de agua de un pozo perforado con bomba manual y de un ojo de agua que se encuentran aledaño las comunidades, el agua que se obtiene de las dos fuentes no es apto para el consumo humano ya que no cuenta con los requerimientos posibles de potabilización. Según la entrevista a (Hernández, 2020), en el caserío El Carrizo fue perforado un pozo en el año 2000 por COSUDE, este abastece a 55 familias, es acarreada el agua en baldes y el resto con un sistema de agua por manguera. Las mangueras están conectadas directamente a una fuente superficial, sin ningún tipo de tratamiento. Principalmente en la comunidad El Coyolito hay pozo privado, fuentes superficiales como ojo de agua y la quebrada trasladan el agua con mangueras.

“En Nicaragua según (SIASAR, 2017) existen 1111 Mini acueductos por Bombeo Eléctrico, de los cuales 149 están ubicados en el departamento de Estelí y 30 están ubicados en el municipio de Estelí”. Los habitantes de esta localidad han tenido serios problemas con el agua que es la principal fuente de vida para los humanos ya que el agua que han obtenido por estos años es de muy mala calidad según la población, según los habitantes que el líquido obtiene un color fuera de lo normal, algunas veces con olores inadecuados y creen que pueda tener muchos contaminantes químicos, prueba de ello es que algunas personas y animales que han adquirido el vital líquido han terminado con afectaciones en corto tiempo y temen que este problema vaya evolucionando ya que no cuentan con centro asistencial de emergencia cercano.

Recientemente pobladores construyeron un pozo excavado para beneficiar a toda la comunidad ya que existía la necesidad del mismo, el MINSA y un grupo llamado El Porvenir realizaron algunas pruebas pertinentes para valorar la calidad del agua, según los resultados de estas pruebas fueron satisfactorias ya que no contaban con contaminación.

1.3 Justificación

La base principal de este trabajo monográfico, es generar una solución a la escasez de agua potable en las comunidades El Carrizo y El Coyolito mediante la aplicación de principios ingenieriles, dado que es de gran importancia para mejorar la condición de vida actual de los pobladores.

La comunidad El Carrizo y El Coyolito, actualmente tienen un serio problema de desabastecimiento de agua potable, por lo tanto, esto conlleva a que un alto porcentaje de los habitantes de las comunidades sufran diversas enfermedades como la gripe siendo la de mayor relevancia con el 71% de la población, gastrointestinales como diarrea muestra el 10%, la tos tiene un índice bajo del 5% en la población y otras enfermedades como problemas de presión, diabetes y triglicéridos presentes en el 14% de la población, enfermedades posiblemente producidas por múltiples bacterias presentes en el agua no potable que se extrae y consume directamente desde su fuente de captación del pozo perforado con bomba manual con el que cuentan actualmente.

Debido a que las comunidades no cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable, por lo cual se diseña un sistema que satisfaga con la demanda actual y futura de acuerdo con la normativa de proyección.

Al contar con este sistema de abastecimiento de agua potable las comunidades tendrán los siguientes beneficios: Contarán con el vital líquido en toda la zona, con las condiciones higiénicas requerida, lo cual reducirá en gran medida la propagación de enfermedades debido a la contaminación del mismo. Todos los habitantes dispondrán de este recurso de manera fácil y rápida.

Según el informe de los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas (PNUD), uno de sus propósitos es garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y saneamiento, debido a que son muchas las personas sin acceso a suministros de agua e instalaciones de saneamiento gestionados de manera segura.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable (M.A.B.E.) en las comunidades El Carrizo y El Coyolito, municipio de Estelí, departamento de Estelí.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Realizar el estudio de población y consumo para el abastecimiento de las comunidades El Carrizo y El Coyolito, basado en la norma rural NTON RURAL.
2. Determinar las características socioeconómicas de las comunidades El Carrizo y El Coyolito, mediante encuestas tipo FISE.
3. Evaluar la información disponible por la alcaldía en relación a pruebas de bombeo, calidad del agua y levantamiento topográfico.
4. Analizar el comportamiento hidráulico del sistema mediante el uso de EPANET.
5. Realizar el diseño de los componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento.
6. Formular presupuesto, para que sea tomado en cuenta en la gestión del proyecto.
7. Evaluar el impacto ambiental producido por el proyecto.
8. Elaborar planos y detalles técnicos.

Capítulo II: Marco teórico

El marco teórico es la parte fundamental de toda investigación, en el marco teórico se identifican las fuentes sobre las cuales se fundamenta la investigación y el desarrollo del estudio, permite tener una clara visión de los planteamientos teóricos sobre los cuales se basará el problema y posteriormente desarrollar de forma clara y coherente el diseño metodológico de la propia investigación.

2.1 Estudio socioeconómico

Es un diagnóstico de la dinámica poblacional en estudio, la estructura demográfica, las condiciones de salud humana, los recursos de la infraestructura, actividades económicas como: La agricultura, ganadería, comercio entre otras fuentes de ingreso para las familias que serán beneficiadas de manera directa por el proyecto.

2.2 Estudio topográfico

Para (Cruz, 2008), la topografía estudia el conjunto de procedimientos para determinar la posición de un punto sobre la superficie terrestre, por medio de medidas según los tres elementos del espacio: Dos distancias y una elevación o una distancia, una elevación y una dirección. La teoría de la topografía se basa esencialmente en la geometría plana del espacio.

Según (NTON 09 002-99), para el análisis y diseño de la red de distribución se requiere del conocimiento de la topografía del terreno de la ciudad, la ubicación de la fuente de agua (Pozo perforado) y del sitio del tanque a utilizarse, identificándose en consecuencia, los puntos de entrada de agua a la red de distribución.

2.2.1 Fuente (Pozo Perforado)

Normalmente este tipo de fuente se caracteriza por bombear el agua de los pozos perforados profundos, en los cuales normalmente se usan equipos como bombas de turbina de eje vertical o de motor sumergible.

El (NTON 09 002-99) establece los siguientes criterios para:

El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.

El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.

El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio (QDP).

Disposición de la comunidad para operar y mantener el sistema.

2.3 Estudio de la demanda

El estudio de la demanda es el cálculo de la dotación necesaria para cubrir las necesidades básicas de cada una de las personas de esta comunidad, que se expresa en Litros/Habitantes/días.

Conociendo la dotación es necesario estimar el consumo promedio diario anual, el consumo máximo diario y el consumo máximo horario, el consumo promedio diario anual servirá para el cálculo del volumen del reservorio de almacenamiento y para estimar el consumo máximo diario y horario.

El valor del consumo máximo diario es utilizado para el cálculo hidráulico de la línea de conducción y el consumo máximo horario es utilizado para el cálculo hidráulico de la línea de aducción y red de distribución.

A continuación, se detallarán los métodos para el cálculo de estimación de la población futura según (NTON 09 002-99).

2.3.1 Cálculo de población

Para el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método 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.

La tasa de crecimiento en cualquier localidad no puede ser mayor al 4% ni menor al 2.5%.

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

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

2.3.2 Dotación

Según (NTON 09 002-99), la dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de 4 factores: Nivel de servicio adoptado, factores geográficos, factores culturales y uso del agua.

2.4 Estudios de agua

Se conoce como agua potable a toda la que sea apta para el consumo humano, ya sea para consumir o para preparar alimentos, existen valores máximos de PH, minerales, sales, sólidos disueltos, etc. que restringen el agua potable de la no potable, esto significa que hay poca agua apta para el consumo en comparación a las grandes masas de agua no potable.

2.4.1 Calidad del agua

El objetivo de realizar los respectivos análisis de calidad del agua es para proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua, que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua, para lo cual se deberán seguir las siguientes instrucciones según la (NTON 09 002-99):

- 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 como tal.
- b) Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: Coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno 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 el INAA y MINSA.

2.4.2 Control de calidad del agua

Se le llama control de calidad del agua a la actividad sistemática y continua de supervisión de las diferentes fases de la producción y distribución del agua, según programas específicos, que deben ejecutar las organizaciones encargadas de suministrar el servicio de agua.

2.4.3 Control de procesos

El control de procesos es el conjunto de operaciones 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 los cambios que sufre la calidad del agua, durante los procesos de tratamiento (CAPRE, 1994).

2.4.4 Preservación de la calidad del agua

Uno de los parámetros más importantes en proyectos de esta índole es mantener siempre la calidad del agua para esto se deben prever todas las condiciones presentes y futuras que puedan afectar la calidad del agua ya sean contaminantes del tipo: Domestico, agrícola, industrial o de cualquier otra índole. En el caso de que existan afectaciones de este tipo se deberán presentar las recomendaciones en base a las disposiciones legales existentes emitidas por las instituciones correspondientes como INAA, MARENA, INETER, etc.

2.4.5 Rendimiento de la fuente

Un pozo es apto para su uso tomando en cuenta su rendimiento, este se realiza mediante una prueba de bombeo, en la cual se determinará el caudal máximo que este posee y de esta manera garantizar la durabilidad de la fuente y del sistema.

El INAA establece, que esta prueba deberá realizarse en el periodo seco, de no contarse con información del caudal en periodo seco, no se deberá considerar como alternativa para el proyecto y se tendrá que esperar hasta el periodo seco para su aforo.

2.5 Diseño hidráulico

Teniendo en cuenta los factores que inciden en este proyecto la alternativa de mayor viabilidad económica y social es la implementación de un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), este está compuesto por fuente de abastecimiento, estación de bombeo, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución.

2.5.1 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. (NTON 09 002-99). Se deben tener en cuenta ciertas medidas de precaución, se recomienda utilizar materiales contra incendios y a prueba de humedad, se debe tener el control de entrada a personas no autorizadas.

2.5.2 Selección del equipo de bombeo

Para realizar la selección adecuada del equipo de bombeo debemos tomar en cuenta dos términos que son: La altura a vencer y el caudal que se debe suministrar. Se selecciona de entre los equipos de bombes ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente características que trabajen lo más parecido posible a los valores calculados de altura y caudal respectivamente. De la ficha técnica del equipo seleccionado se obtienen las especificaciones de este: Velocidad de giro, potencia y eficiencia.

2.5.2.1 Altura manométrica total

En un sistema de bombeo o de impulsión no es más que dotar al agua de una energía, que la eleva virtualmente de manera que le permite llegar de un punto a otro. Y la altura a la que hay que elevar el agua es conocida como altura manométrica. Así pues, el diseño de una impulsión no es más que el cálculo de la energía que se necesita para hacer llegar el agua de un punto a otro. Normalmente estas instalaciones de impulsión se precisan para hacer llegar el agua desde un punto de cota baja hacia otro situado en una cota mucho más elevada. (Oliveras, 2014).

2.5.2.2 Pérdidas en columna

Según (NTON 09 002-99), establece que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo no deberán ser mayor al 5% de la longitud de la misma.

2.5.3 Equipo eléctrico

Para la elaboración de un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Estudiar cuidadosamente las alternativas para determinar la fuente de energía más económica y eficiente para el funcionamiento de las bombas.
- Que sea posible suficiente energía para operar las bombas a su máxima capacidad en caso de emergencia (excepto la bomba de reversa).
- Cuando el caso lo requiera se proveerá una fuente eléctrica de emergencia.

2.5.4 Tanques de almacenamiento

En proyectos de abastecimiento de agua potable es necesario diseñar tanques de almacenamiento con la capacidad necesaria para compensar las máximas demandas que se puedan presentar en su vida útil y a la vez que sea capaz de almacenar reservas necesarias en cualquier situación de emergencia que se presente.

2.5.4.1 Capacidad del tanque

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá satisfacer las condiciones que se estipulan en (NTON 09 002-99), el volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario, el volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario, de tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

2.5.4.2 Localización

Los tanques de almacenamiento deberán situarse lo más cerca posible a la red de distribución, teniendo en cuenta la topografía del lugar, de tal manera que este pueda generar las presiones de servicio requeridas en los puntos de distribución.

.2.5.4.3 Altura mínima

La altura del fondo del tanque debe estar situada a una elevación tal que, teniendo las pérdidas del sistema y conociendo el punto más desfavorable de la red, proporcione una presión residual mínima establecida sin presentar ningún tipo de falla subsecuente.

2.5.5 Clases de tanque

2.5.5.1 Hormigón armado

En la construcción de tanque con este material se debe de considerar la permeabilidad del terreno y no deberá tener alturas mayores de 3.0 metros.

2.5.6 Tipos de tanque

2.5.6.1 Tanque sobre el suelo

Cuando la topografía del terreno lo permita y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera.

2.5.7 Línea de conducción por bombeo

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo.

Para su dimensionamiento deberá considerarse los siguientes aspectos:

- Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (CMD=1.5 CPD, más las pérdidas).
- La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

2.5.7.1 Diámetro más económico

Para el cálculo del diámetro más económico se utilizará la fórmula que se plantea en la (NTON 09 002-99), tomando en cuenta la elaboración del análisis económico correspondiente, para encontrar la alternativa que presente el menor costo.

2.5.7.2 Golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno hidráulico producido por cambio en la velocidad del fluido, este fenómeno consiste en la propagación de ondas de presión a lo largo de las tuberías. Las causas más frecuentes de los golpes de ariete se deben a 3 factores: Apertura y cierre rápido de válvulas, encendido y apagado de una bomba y acumulación y movimiento de bolsas de aire en las tuberías. Las principales consecuencias de los transitorios hidráulicos son: Altas presiones, presiones negativas, separación de la columna de agua llegando inclusive a valores de cavitación, riesgo sanitario asociado a la intrusión de contaminantes como consecuencia de las presiones negativas, y como consecuencia de lo anterior rotura de la tubería o fatiga de la misma a lo largo del tiempo.

2.5.7.3 Trazado

Según (NTON 09 003-99) se tienen que tomar en cuenta los siguientes factores a la hora de seleccionar el trazado de la línea de conducción:

- Que la conducción sea por gravedad siempre que sea posible.
- Que sea cerrada y a presión.
- Que el trazado de la línea sea lo más directo posible desde la fuente a la red de distribución.
- Evitar que la línea atraviese por terrenos extremadamente difíciles o inaccesibles.
- Que esté siempre por debajo de la línea piezométrica un mínimo de 5 metros, y a la vez que se eviten presiones mayores de los 50 metros.
- Evitar que la línea pase por zonas de probables deslizamientos o inundaciones.

- Para proteger la tubería en el caso de paso obligado bajo carreteras, ríos, etc., efectuar obras de protección de la tubería.

2.5.8 Tratamiento y desinfección

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.

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 hipoclorador de carga constante.

2.5.9 Red de distribución

Es un sistema de conductos cerrados, cuya función permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos.

Para este diseño (NTON 09 002-99) recomienda considerar los siguientes aspectos:

Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario ($CHM=2.5CPD$, más las pérdidas).

El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.

La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

2.5.9.1 Tipo de red

2.5.9.1.1 Red abierta

Son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. La principal desventaja de este sistema son los puntos muertos, donde se requiere instalar válvulas de limpieza.

2.5.9.1.2 Análisis nodal

El análisis nodal es una técnica de análisis en la cual, se determinan componentes de un sistema de distribución de agua potable, definidos como nodos, se le aplican métodos de balance para evaluar su desempeño y optimizar el funcionamiento del sistema en su totalidad.

2.5.9.1.3 Conexiones domiciliarias

Son tomas de agua que se aplican en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población, y número de usuarios del servicio. (NTON 09 002-99).

2.5.10 Parámetros de diseño

2.5.10.1 Periodos de diseño

En los diseños de proyectos de abastecimiento de agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de:

Determinar qué períodos de estos componentes del sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.

Qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas. Cuáles serán las provisiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema.

A continuación, se muestran los periodos de diseño de los elementos que componen un sistema de abastecimiento de agua potable según (NTON 09 002-99).

Tabla 1. Periodos de diseño

Tipos de componentes	Periodo de diseño
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro lento	20 años
Líneas de conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillados (NTON 09 002-99)

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

2.5.10.2 Velocidades permisibles

Según (NTON 09 002-99), se permitirán velocidades de flujo de 0.4 m/s a 2.00 m/s.

2.5.10.3 Presiones máximas y mínimas

Según (NTON 09 002-99), para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda que éstas se cumplan dentro de un rango permisible, en los valores siguientes:

Presión mínima: 5.0 metros

Presión máxima: 50.0 metros

Se permitirán en puntos aislados, presiones estáticas hasta de 70 metros, cuando el área de servicio sea de topografía muy irregular.

2.5.10.4 Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución será de 2 pulgadas (50mm), siempre y cuando se demuestre que la capacidad de esta satisface la demanda máxima.

2.5.10.5 Cobertura de tubería

Para cruces de carreteras y caminos con mayor influencia de tráfico vehicular la norma técnica (NTON 09 002-99), recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona del tubo y en caminos con menor tráfico vehicular una cobertura de 1 metro sobre la corona del tubo.

2.5.10.6 Resistencia de la tubería y su material

Las tuberías deberán resistir las presiones internas estáticas, dinámicas, de golpe de ariete, y las presiones externas de rellenos y cargas vivas debido al tráfico.

Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua él (NTON 09 003-99) recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

El diseño se hará para las condiciones más desfavorables en la red, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para el período de diseño.

Deberá de tratarse de servir directamente al mayor porcentaje de la población dentro de las viviendas, en forma continua, de calidad aceptable y cantidad suficiente.

La distribución de los gastos debe hacerse mediante hipótesis que esté acorde con el consumo real de la localidad durante el período de diseño.

Las redes de distribución deberán dotarse de los accesorios y obras de artes necesarias, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento, dentro de las normas establecidas y para facilitar su mantenimiento.

El sistema principal de distribución de agua puede ser de red abierta, de malla cerrada, o una combinación de ambas y se distribuirán las tuberías en la planimetría de la localidad, tratando de abarcar el mayor número de viviendas mediante conexiones domiciliarias.

2.5.11 Accesorios

En todo diseño es necesario conocer el funcionamiento de cada uno de los accesorios. Según (EcuRed, 2019) los accesorios más utilizados para sistemas de red de abastecimiento son los siguientes: Válvula de compuerta, válvula de globo, válvula de admisión y expulsión de aire, válvula de retención o check, válvula de alivio contra golpe de ariete, válvula de pase, válvula de limpieza, cámara de válvula de aire, válvula de purga.

2.5.11.1 Válvula de compuerta

Diseñada para permitir el flujo de gas o líquido en línea recta con una caída de presión. Se usan donde el disco de la válvula se mantiene totalmente abierta o cerrada. No son adecuadas para estrangulación dejando las válvulas parcialmente abiertas, causa erosión y daña el disco. Al inicio y al final de la línea de conducción, deberán instalarse válvulas de compuerta para regular o cortar el flujo cuando sea necesario.

2.5.11.2 Válvula de globo

El uso principal de las válvulas de globo consiste en regular o estrangular un fluido, desde el goteo hasta el sello completo y opera eficientemente en cualquier posición intermedia del vástago.

2.5.11.3 Válvulas de admisión y expulsión de aire

Se utiliza para expulsar el aire que pueda haber entrado en la tubería de impulsión mezclado con el agua o que esté presente en esta antes de comenzar su funcionamiento. Igualmente, para admitir aire en la tubería y romper así el vacío que

pueda producirse dentro de esta e impedir la falla por aplastamiento al producirse el cierre de las válvulas de compuerta.

2.5.11.4 Válvulas de retención o de check

Su disposición tiene como objetivo en la línea de impulsión impedir que la inversión de la corriente de agua ocasione la rotación inversa del conjunto para preservar el motor de la bomba e impedir el vaciado de la línea de impulsión y posibles inundaciones de la casa de bombas. En la sarta de bombeo se debe de colocar después del equipo de bombeo y antes de la válvula de cierre y en posición horizontal.

2.5.11.5 Válvulas de alivio contra el golpe de ariete

En las sargas de bombeo, éstas se colocan después de la válvula de retención para disipar la sobrepresión que se pueda producir y así proteger el equipo de bombeo y accesorios del golpe de ariete.

2.5.11.6 Válvulas de pase

Deberán espaciarse de tal manera que permitan aislar tramos máximos de 400 metros de tuberías, cerrando no más de cuatro válvulas.

Serán instaladas siempre en las tuberías de menor diámetro y estarán protegidas mediante cajas metálicas subterráneas u otras estructuras accesibles especiales.

2.5.11.7 Válvulas de limpieza

Estos dispositivos que permitirán las descargas de los sedimentos acumulados en las redes deberán instalarse en los puntos extremos y más bajos de ellas.

2.5.11.8 Cámara de válvula de aire

El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área del flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire automáticas (ventosas) o manuales.

2.5.11.9 Anclajes

Es obligado el uso de los anclajes de concretos siempre en cada uno de los accesorios de la red. El diseño de los mismos será realizado para soportar las fuerzas internas producidas por la presión del agua dentro de la red.

2.6 Formulación del presupuesto

2.6.1 Presupuesto

Se conoce como presupuesto a la cantidad monetaria, bienes corporativos o personales con los que se cuenta al momento de elaborar ya sea un trabajo, una obra o proyecto público (Sinnaps, 2019).

En un diseño de red de abastecimiento de agua potable se cuenta con una planeación muy detallada de lo que son los gastos de todo lo que implica la red (Pozo, tanque, red y todos sus componentes). Inicialmente se tendrá que conocer estos parámetros para así llegar a concluir la obra en tiempo y forma ya que el presupuesto también es un plan de operaciones de una empresa, que se formula para lograr en un tiempo determinado los objetivos propuestos por dicha empresa, y se califica con términos monetarios.

2.6.2 Planeación del presupuesto

Es la etapa inicial de la administración, en todo tipo de trabajo a desempeñar, incluyendo las obras civiles, este procedimiento consiste en la formulación del estado deseado para una organización, y con base a esto plantear cursos alternativos de acción.

Al momento de planear un presupuesto se debe considerar el tiempo en el que se quiere desarrollar la obra, tomando en cuenta todos y cada uno de los recursos, o bienes adquiridos y la cantidad que se tendrá que gastar para ejecutar dichos planes, para ello se debe visualizar a futuro los gastos y beneficios del proyecto.

2.7 Evaluación de impacto ambiental

En todo proyecto es indispensable la evaluación de impacto ambiental que proporcione antecedentes fundados para la predicción e identificación del impacto ambiental que este conlleva, y brindar información de la o las acciones que se ejecutaran para minimizar los efectos adversos al medio ambiente.

Una evaluación del impacto ambiental se describe como una evaluación del impacto de las actividades planificadas en el medio ambiente, incluyendo los impactos en la biodiversidad, vegetación y ecología, agua y aire. Se puede considerar como un proceso de identificación, predicción y evaluación de los posibles impactos ambientales, socioeconómicos, culturales y de otra índole de un proyecto o desarrollo propuesto para definir acciones, de mitigación, no solo para reducir los impactos negativos, sino también aportar contribuciones positivas al medio ambiente natural y bienestar.

La evaluación de impacto ambiental, permiten determinar si el proyecto o actividad se hace cargo de los efectos ambientales que genera, mediante la aplicación de medidas de mitigación, reparación y/o compensación.

Capítulo III: Diseño metodológico

3.1 Diagnostico socioeconómico

El diagnostico socioeconómico se basará en la realización de encuestas al número total de familias que habitan en las comunidades que fueron beneficiadas, para así determinar los criterios de interés económico y social a evaluar. Los resultados de las encuestas obtenidas se procesarán en una hoja de cálculo en el software Excel obteniendo los principales datos estadísticos descriptivos de la población y la demanda por servicio.

3.2 Levantamiento topográfico

Se analizará el levantamiento topográfico realizado por los ingenieros encargados de la alcaldía municipal de Estelí para determinar las condiciones del terreno, donde se localizará la estación de bombeo, la línea de conducción, el tanque de almacenamiento y red de distribución, con el objetivo de ubicar los puntos de mayor y menor elevación que permitirá analizar los sitios más convenientes para ubicar los componentes del MABE, donde se realizará el diseño adecuando las restricciones que posee el área evitando el mal funcionamiento del sistema una vez que se instale. Además, se realizarán los planos correspondientes mediante el software AutoCAD.

3.3 Estudio de la demanda

3.3.1 Cálculo de crecimiento poblacional

Para el cálculo del crecimiento de la población se utilizará el método geométrico haciendo uso de la siguiente fórmula tomada de (NTON 09 003-99):

$$P_n = P_o * (1 + r)^n \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

P_n: Población del año “n”

Po: Población al inicio del período de diseño

R: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal.

N: Número de años que comprende el período de diseño.

$$r = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{(t_2-t_1)}} - 1 \quad \text{Ec.2}$$

r: Tasa de crecimiento

P₂: Población actual

P₁: Población anterior

t₂: Año actual

t₁: Año anterior

3.3.2 Dotación

Tabla 2. Dotaciones de agua en la zona rural

Uso	Dotación (Lppd)
Puestos públicos.	30 – 40
Sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio	50 – 60
Para pozos excavados y pozos perforados.	20 – 30

Fuente: (NTON 09 003-99)

3.4 Estudio de calidad del agua

3.4.1 Pruebas de bombeo

La alcaldía de Estelí realizará la prueba de bombeo donde se adjuntan los datos suministrados de dicha prueba para determinar la capacidad de la fuente de abastecimiento.

3.4.2 Calidad del agua de la fuente

Para llevar a cabo las pruebas de calidad de agua, se tomarán muestras representativas de la fuente seleccionada. Los procedimientos de muestreo, empaque y protección de muestras fueron los recomendados por (PIENSA), de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Se realizarán análisis físicos-químicos completos y microbiológicos. Conforme a los resultados que se obtendrán del laboratorio, se decidirá si la fuente es apta o no para el consumo humano.

3.5 Diseño hidráulico

3.5.1 Aforo de la fuente de abastecimiento de agua potable

La alcaldía de Estelí y ENACAL realizarán el aforo de la fuente de abastecimiento de agua potable donde se adjuntarán los datos suministrados de dicho aforo para determinar la capacidad de la fuente de abastecimiento.

3.5.2 Línea de conducción

3.5.2.1 Diámetro más económico

Posteriormente de haber obtenido el resultado del caudal de la fuente de abastecimiento se precede a determinar el diámetro económico de la tubería con el uso de la fórmula de Bresse, la cual es la siguiente:

$$D = K * Q^n \quad \text{Ec.3}$$

$$D = 0.9 * Q^{0.45}$$

K=0.9

D: Diámetro

Q: Caudal (m^3/s)

n= 0.45

3.5.2.2 Velocidad

La velocidad en la línea de conducción será calculada a partir de la fórmula de continuidad, que se expresa a continuación:

$$V = \frac{4Q}{\pi\phi^2} \quad \text{Ec.4}$$

$$0.4 \frac{m}{s} < V < 2 \frac{m}{s}$$

3.5.2.3 Cálculo de pérdidas por fricción

Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen-William:

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.549Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} \quad \text{Ec.5}$$

Donde:

H: Pérdida de carga en metros

L: Longitud en metros

S: Pérdida de carga en mt/mt

Q: Caudal en (m^3/s)

D: Diámetro en metros

C: Coeficiente de Hazen-Williams, cuyo valor depende del tipo de tubería utilizada.

Tabla 3. Coeficiente de capacidad hidráulica (C) de Hazen-Williams

Material del conducto	Coeficiente	
	Nuevos (C)	Inciertos (C)
Cloruro de polivinilo (PVC)	150	130
Hierro "dúctil"	130	100

Fuente: INAA (NTON 09 003-99).

3.5.2.4 Pérdidas locales

$$h_l = K \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad \text{Ec.6}$$

Donde:

h_l: Pérdidas locales

K: Coeficiente para cada tipo de accesorios.

V: Velocidad de flujo

g: Gravedad (9.81 m/s²)

3.5.2.5 Altura manométrica total

$$H_b = H_c + H_i \quad \text{Ec.7}$$

Donde:

H_b: Altura dinámica o altura de bombeo (mts)

H_c: Altura de la columna de bombeo (mts)

H_i: Carga de impulsión (mts)

3.5.2.6 Cálculo de pérdidas en la columna

$$L_c = NB + \text{Sumergencia} \quad \text{Ec.8}$$

$$H_f \text{ columna} \leq 5\% L_c$$

Donde:

L_c: Longitud de la columna

3.5.2.7 Pérdidas en la descarga

$$H_f \text{ des} = \frac{10.549Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} * \text{long real} \quad \text{Ec.9}$$

$$L_{\text{real}} = L_{\text{tubería}} + L_e$$

Donde:

Q: Caudal en $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$

D: Diámetro en metros

C: Coeficiente de Hazen-Williams, cuyo valor depende del tipo de tubería utilizada.

L_e: Longitud equivalente que depende de los elementos contenido en la sarta (m)

L_{tubería}: Longitud del pozo al punto final (m)

Además, se deberá usar la siguiente tabla para el cálculo de L_e, debido al uso de accesorios.

Tabla 4. Pérdidas de accesorios de la longitud equivalente en tubería recta

Elemento	mm	13	19	25	32	38	50	63	76	100	125	150
	plg	½	¾	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
Codo 90°												
Radio largo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4

Elemento	mm	13	19	25	32	38	50	63	76	100	125	150
	plg	½	¾	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
Radio medio		0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.8	3.7	4.3
Radio corto		0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	2	2.5	3.4	4.5	4.9
Codo 45°		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3
Curva 90												
R/D 1 1/2		0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.3	1.6	1.9
R/D 1		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1	1.3	1.6	2.1	2.5
Curva 45		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1
Entrada												
Normal		0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6	2	2.5
De borda		0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.5	1.9	2.2	3.2	4	5
Válvula												
Compuerta		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1
Globo		4.9	6.7	8.2	11.3	13.4	17.4	21	26	34	45.3	51
Angulo		2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	8.5	10	13	17	21	26
De pie		3.6	5.6	7.3	10	11.6	14	17	20	23	31	39
Retención												
T. liviano		1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	6.4	10.4	12.5
T. pesado		1.6	2.4	3.2	4	4.8	6.4	8.1	9.7	12.9	16.1	19.3
T. de paso												
Directo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4
Lateral		1	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10
T. salida												
bilateral		1	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10
Salida de tubería		0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.5	1.9	2.2	3.2	4	5

Fuente: (RotorPump)

3.5.2.8 Golpe de ariete

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{K}{E}\right) (SDR - 2)}} \quad \text{Ec.10}$$

Donde:

a: Velocidad de la onda m/s

K: Módulo de compresión del agua = $2,06 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$

E: Módulo de elasticidad de la tubería = $2,81 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ para PVC

SDR: Razón dimensional estándar

Para el cálculo del golpe de ariete se utilizará la ecuación 9, tomada de la tesis (Diseño de red de abastecimiento de agua potable en la comunidad La Rinconada, municipio de La Concordia, departamento de Jinotega., 2019).

3.5.2.8.1 Calculo del ciclo de la onda.

$$t = \frac{2 * \text{Long tubería}}{a} \quad \text{Ec.11}$$

Donde:

t: Tiempo de cierre

a: Velocidad de la onda (golpe de ariete)

3.5.2.8.2 Calculo del tiempo de cierre.

$$T = C + \frac{K * L * V}{g * \text{CTD}} \quad \text{Ec.12}$$

Donde:

T: Tiempo de cierre

C: Coeficiente empírico depende de la pendiente hidráulica

$\text{CTD}/L < 0,2 \rightarrow C=1$

$\text{CTD}/L \geq 0,4 \rightarrow C=0$

$\text{CTD}/L \approx 0,2 \rightarrow C=0,6$

K: Coeficiente empírico depende de la longitud de línea de conducción

$L < 500 \rightarrow k=2$

$L \approx 500 \rightarrow k=1,75$

$500 < L < 1500 \rightarrow k=1,5$

$L \approx 1500 \rightarrow k=1,25$

$L > 1500 \rightarrow k=1$

L: Longitud de la línea de conducción

V: Velocidad en la línea de conducción

g: Gravedad (9.81 m/s^2)

CTD: Carga total dinámica

Condición que determinará si será cierre rápido o cierre lento.

$T > t \therefore$ cierre lento

$t > T \therefore$ cierre rápido

3.5.2.8.3 Sobrepresión

Para este cálculo es necesario conocer el resultado del golpe de ariete y así conocer la sobrepresión en la tubería, se realizará utilizando la siguiente formula de Allievi:

$$P = \frac{a * V}{g} \quad \text{Ec.13}$$

a: Velocidad de la onda

v: Velocidad del flujo, m/s

g= gravedad (9.81 m/s^2)

P: Sobrepresión

$$P_{\text{Total}} = \text{CED} + P \quad \text{Ec.14}$$

Donde:

CED: Carga estática en la descarga

CED: Elevación del tanque – elevación fuente

3.5.3 Equipo de bombeo

Por medio del análisis de los cálculos hidráulicos se propone usar una bomba de eje vertical sumergible.

3.5.3.1 Carga total dinámica

Es la carga total contra la cual debe operar una bomba. La energía por unidad de peso de líquido que debe suministrarle la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que pretende.

$$CTD = NB + CED + hf \text{ columna} + hf \text{ descarga} \quad \text{Ec.15}$$

Donde:

NB: Nivel más bajo del agua durante el bombeo (m)

CED: Carga estática de la descarga (m)

Hf columna: Pérdidas de la columna dentro del pozo (m)

Hf descarga: Pérdidas en la descarga (m)

NB= NEA + Variación estacional+ Abatimiento (m)

CED: Nivel del agua en la descarga – Nivel más bajo en la superficie

3.5.3.2 Potencia hidráulica de la bomba

$$Phb(HP) = \frac{Q \text{ (Gpm)} * CTD \text{ (Ft)}}{3960 * e} \quad \text{Ec.16}$$

Donde

Q: Caudal en gpm (galones por minutos)

CTD: Carga total dinámica.

e: Eficiencia de la bomba.

3.5.3.3 Potencia analítica del equipó bombeo

$$PAB = \frac{Phb}{e_m} \quad Ec.17$$

Donde:

Phb: Potencia hidráulica de la bomba

e_m : Eficiencia del motor

3.5.4 Red de distribución

3.5.4.1 Cálculos de consumos

Para el diseño de la red de distribución es necesaria la realización de los siguientes cálculos:

- Consumo doméstico (CD):

$$CD = P_f(\text{Dotación}) \quad Ec.18$$

Donde:

P_f : Población futura

Dotación: Según norma se asignará una dotación de 60 lppd

- Caudal institucional o público (CP): En cumplimiento de la norma (NTON 09 003-99), se aplica el 7% al resultado del cálculo del consumo doméstico para incluir en el consumo doméstico el CP.

$$CP = CD \left(\frac{7}{100} \right) \quad Ec.19$$

- Consumo promedio diario (CPD):

$$CPD = CD + CP \quad Ec.20$$

- Pérdidas en el sistema: Según norma NTON-09-003-99 es el 20% del consumo promedio diario (CPD).

$$Q_{\text{pérdidas}} = \text{CPD} \left(\frac{20}{100} \right) \quad \text{Ec.21}$$

- Consumo máximo diario y horario: Para la estimación del caudal de diseño se considerarán las variaciones de consumo las cuales corresponden a 1.5 para el consumo máximo diario (CMD) para línea de conducción y de 2.5 para el consumo máximo horario (CMH) para la red de distribución.

$$\text{CMD} = 1.5\text{CPD} + Q_{\text{pérdidas}} \quad \text{Ec.22}$$

$$\text{CMH} = 2.5\text{CPD} + Q_{\text{pérdidas}} \quad \text{Ec.23}$$

3.5.4.2 Demanda de los nodos

Los caudales nodales se determinarán por el método de número de familias el cual calcula un caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre el número total de familias de la población, obteniendo así el caudal en cada nodo que será el número de familias en su área de influencia, multiplicado por el caudal unitario.

$$Q_i = Q_f * F_i \quad \text{Ec.24}$$

$$Q_f = \frac{Q_{mh}}{F_t} \quad \text{Ec.25}$$

Donde:

Q_i : Caudal en el nodo "i" (l/s)

Q_f : Caudal unitario por familia (l/s/fam)

Q_{mh} : Caudal máximo horario del proyecto (l/s)

F_i : Número de familias en el área de influencia del nodo "i"

F_t : Número de familias total de la red

3.5.4.3 Diseño de red de distribución

Para realizar el diseño de la red de distribución y los cálculos pertinentes se utilizará el software EPANET.

3.5.4.4 Diseño de tanque de almacenamiento

La capacidad del tanque de almacenamiento satisface las condiciones siguientes:

- a) Volumen compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.
- b) Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario.

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

3.5.4.5 Tratamiento y desinfección

El agua será desinfectada con hipoclorito de calcio (cloro en estado sólido), ya que en acueductos rurales el cloro en un estado compuesto es indispensable debido a su facilidad de manejo y aplicación.

Según (NTON 09 003-99), el valor del cloro residual en la red de distribución debe estar entre 0.2-0.5 mg/L.

Para desinfectar el agua se estima la concentración del cloro que se utilizará para preparar adecuadamente la dosificación de la mezcla.

La determinación del volumen dosificador se basa en la cantidad de cloro que se agrega al agua, la producción de la fuente y el grado de concentración dosificante que se quiere establecer.

Según (Cualla, 1995) establece la siguiente ecuación:

$$A = \frac{B * Q}{C * 10} \quad \text{Ec.26}$$

Donde:

A: Cantidad de solución diluida a agregar, en ml/min

B: Dotación de Cloro igual a 1.5 mg/l

Q: Consumo máximo diario para cada año comprendido entre el período de diseño (CMD) en litros/segundos

C: Concentración de la solución (1 %)

3.4.5.6 Conexiones domiciliarias

Según (NTON 09 003-99) para conexiones domiciliarias se deberán satisfacer las siguientes condiciones:

- Se deberá realizar un estudio de factibilidad en el sistema particularmente de la capacidad de la fuente, debido a que la dotación se incrementa comparado con los puestos públicos.
- La comunidad deberá aportar parte de la tubería a utilizarse en las tomas domiciliarias. La conexión domiciliar llegará hasta el lindero de la propiedad, a partir de ahí la conexión correrá por cuenta del propietario.
- El diámetro de las conexiones y de los grifos será de ½" (12 mm).

3.6 Elaboración de presupuesto

La elaboración del presupuesto se realizará en base a los catálogos de etapas y sub etapas del FISE, con el cual se determinará el costo total que tendrá el proyecto y sus alcances.

3.7 Evaluación de impacto ambiental

Según (Canter, 1998), el procedimiento para la realización de la evaluación de impacto ambiental consta de 6 pasos:

1. Proceso de tamizado

Determinar si los impactos ambientales y sociales de un proyecto de desarrollo propuesto serían suficientemente graves para desarrollarse.

2. Proceso de selección

Establecer los límites de evaluación de impacto, identificar la base de los análisis que se llevarán a cabo en cada etapa, describir las alternativas del proyecto y consultar al público afectado.

3. Evaluación de impacto y mitigación

Evaluar los impactos socioeconómicos y ambientales del proyecto planificado y sus alternativas, y luego identificar las medidas de mitigación para reducir esos impactos.

4. Manejo de impactos

Preparar los planes necesarios para las medidas de mitigación y otros riesgos del proyecto, tales como fallas tecnológicas y las catástrofes naturales.

5. Informe de EIA

Reunir toda la investigación y el trabajo realizados durante las etapas anteriores en un documento amplio, estructurado, asegurando que el informe de evaluación contiene todos los componentes clave.

6. Monitoreo

Se debe asegurar las medidas de mitigación, las prioridades enumeradas y los planes de contingencia se apliquen correctamente y resuelven de manera eficaz los impactos del proyecto.

Capítulo IV: Análisis y presentación de resultado

4.1 Descripción de la situación socioeconómica de las comunidades El Carrizo y Coyolito.

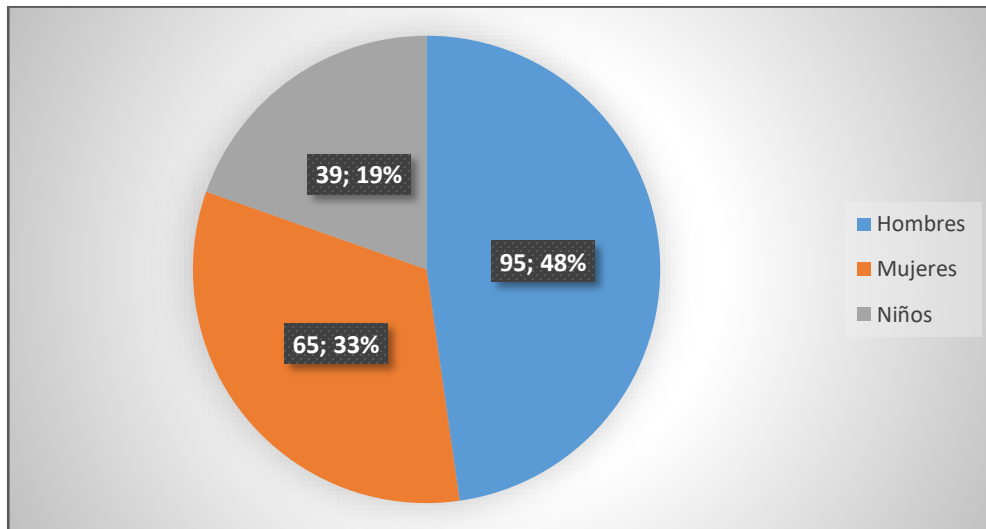
4.1.1 Estudio socioeconómico

Se ha realizado este estudio por medio de encuestas tipo FISE, dichas encuestas fueron adaptadas a la situación actual que presentan las comunidades. El resultado de las encuestas que fueron realizadas vivienda por vivienda con cada uno de los jefes de familia refleja que existe una población actual de 199 habitantes por lo cual están distribuidos en 55 viviendas que están dispersas en las comunidades. En la actualidad existe un centro escolar importante donde brinda nivel de educación primario y secundario, se tiene un centro de salud de atención inmediata y una iglesia donde visita la mayoría de la población.

- **Población**

Del total de los 199 habitantes, el sexo predominante es el masculino, el cual conforma el 48% de la población actual, seguido del sexo femenino con el 33% y por último con el porcentaje menor del 19% que le pertenece a niños y niñas como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 1 Población

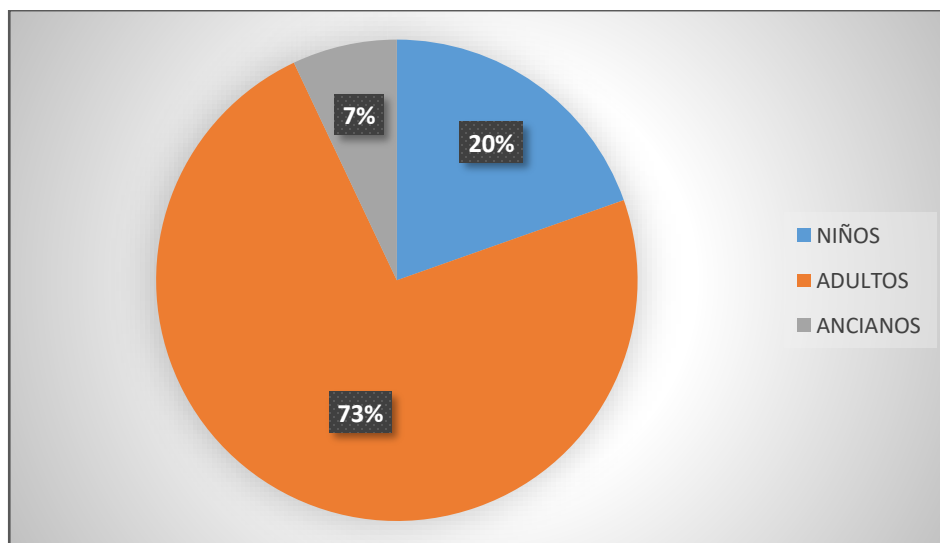


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Habitantes**

Actualmente las personas que en su mayoría habitan en las viviendas son adultos correspondiéndoles el 73% del total de la población, posteriormente los niños con un 20% y con el porcentaje más bajo están los adultos mayores con 7% como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 2. Habitantes

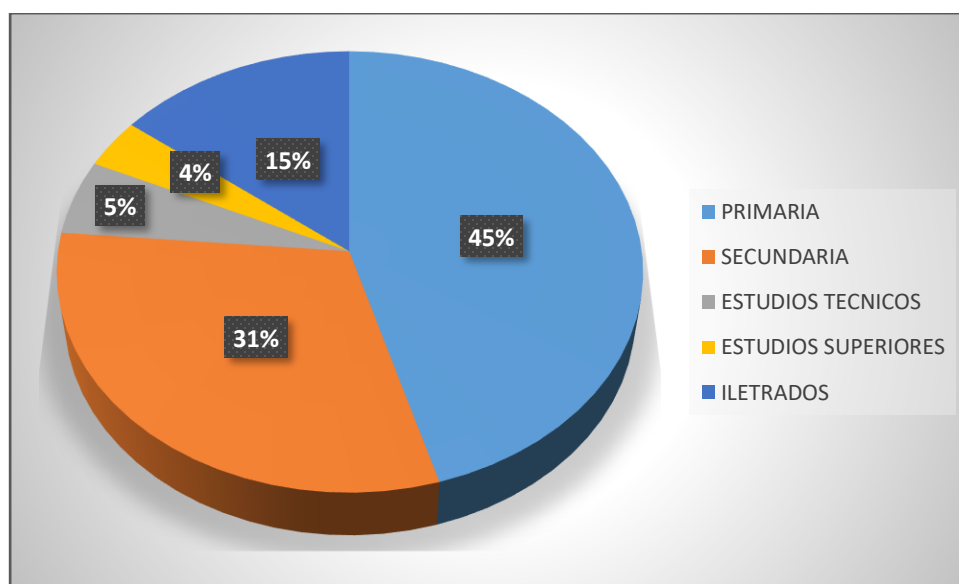


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Nivel de escolaridad de la población**

En las comunidades el nivel de escolaridad más predominantes es la educación de nivel primario que está conformado por el 45%, seguido con los estudios de secundaria correspondiente a un 31%, posteriormente el siguiente porcentaje es de personas iletradas con un 15%, con un porcentaje del 5% esta los que cuentan con estudios técnicos, y el porcentaje más bajo del 4 % les pertenece a las personas con estudios superiores como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 3. Nivel de escolaridad

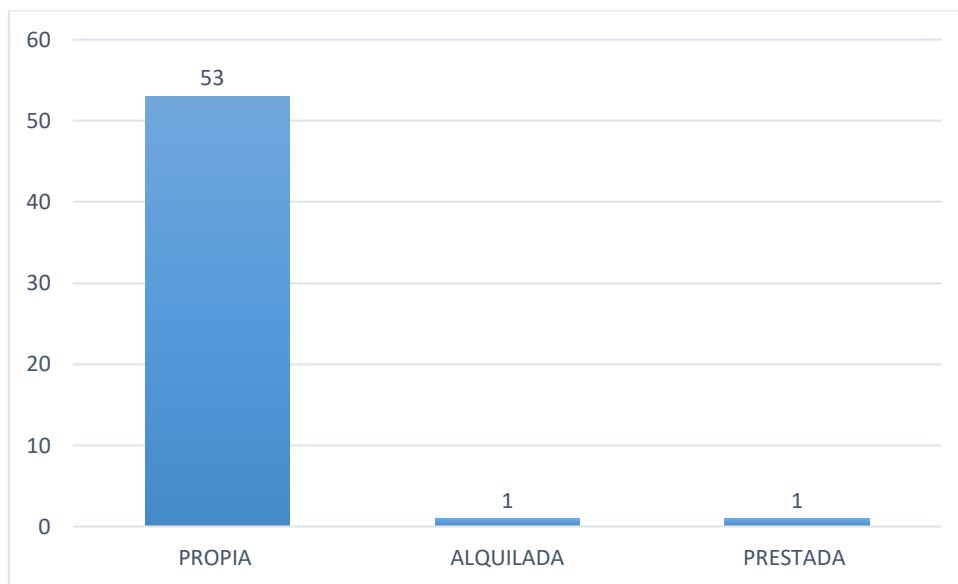


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Tenencia de la vivienda**

En lo que corresponde a la tenencia de vivienda se muestra que 53 familias cuentan con casa propia que corresponde al 96%, una familia le pertenece una vivienda alquilada con un 2%, una familia tiene una vivienda prestada por lo que le corresponde el otro 2 % como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 4. Tenencia de la vivienda



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

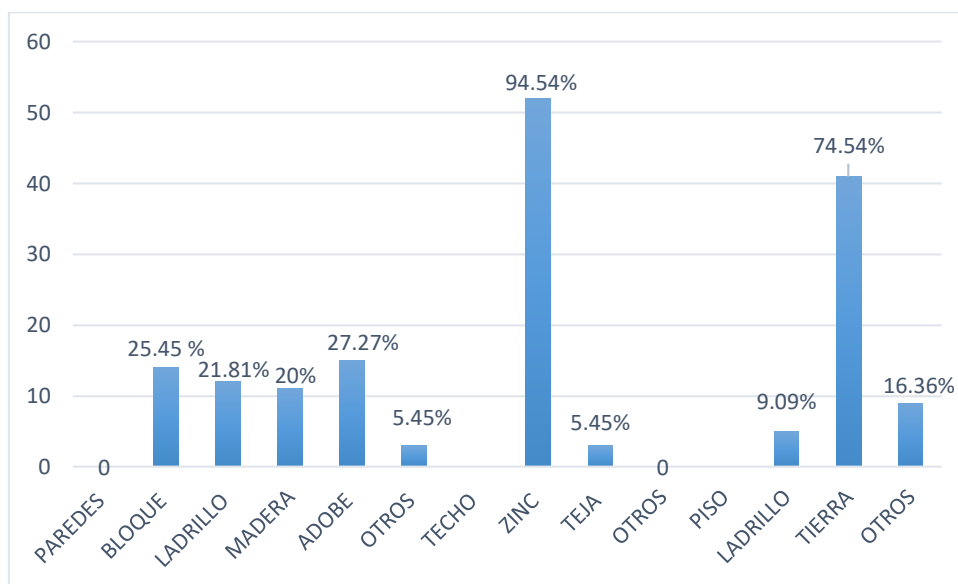
- **Materiales de las viviendas**

El material que mayormente se utilizó para la construcción de las paredes de las viviendas es adobe ocupando un 27.27 %, posteriormente el bloque ocupa el 25.45 % el ladrillo tiene el 21.81 % de utilización y por ultimo las paredes de madera tienen un 20%.

Comúnmente el techo de las viviendas es de zinc con un 94.54 % y el 5.45 % restante le pertenece al techo de teja.

El 74.54 % de las viviendas cuentan con pisos de tierra, el 16.36 % de ellas tienen otros tipos de piso como cascote y cerámica, por último, el 9.09 % los pisos son de ladrillo como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 5. Materiales de las viviendas

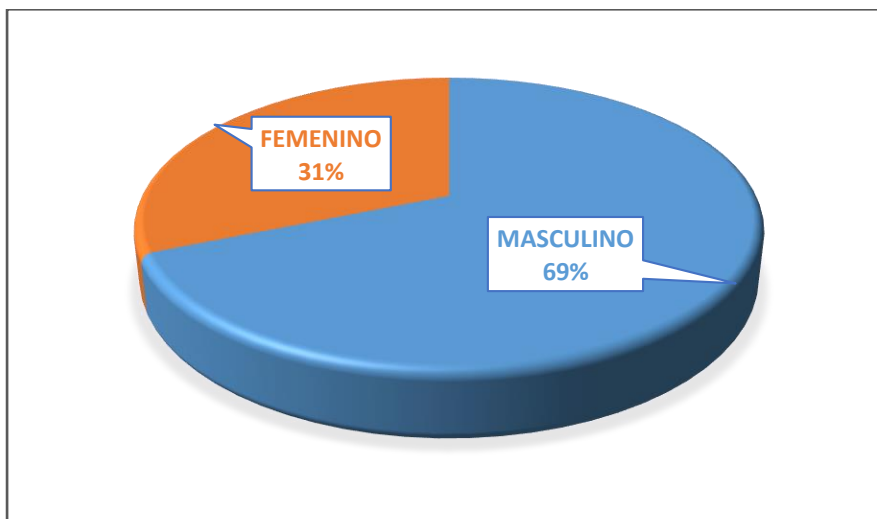


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Población activa laboralmente**

El gráfico nos muestra que el 69% de la población que actualmente trabajan pertenece al género masculino y el 31% restante le pertenece al género femenino como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 6. Población activa laboralmente

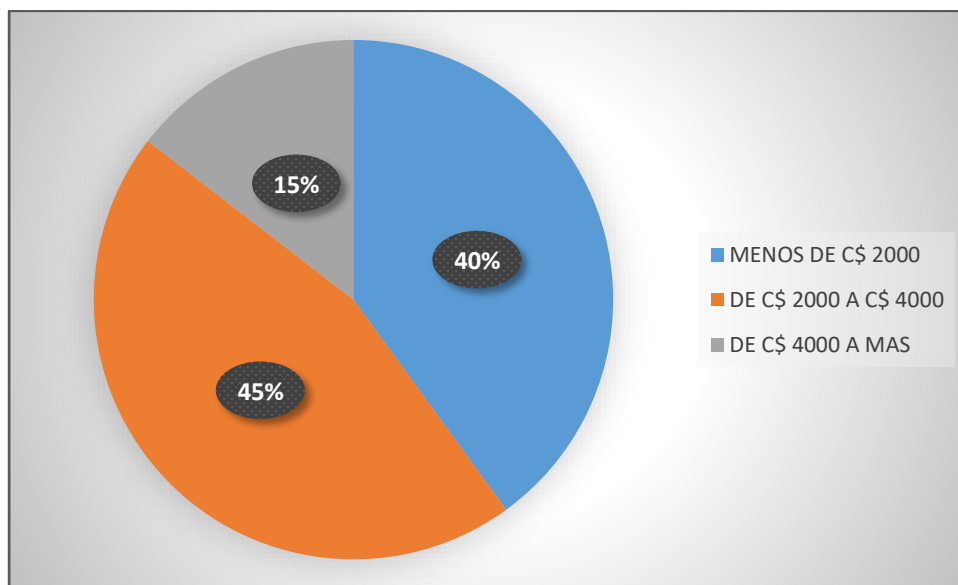


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Ingresos económicos mensualmente**

El 45 % de la población cuenta con ingresos mensuales entre los 2,000 y los 4,000 córdobas, el 40% menos de 2,000 córdobas y el 15% restante tiene ingresos mensuales mayores a los 4,000 córdobas como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 7. Ingresos económicos

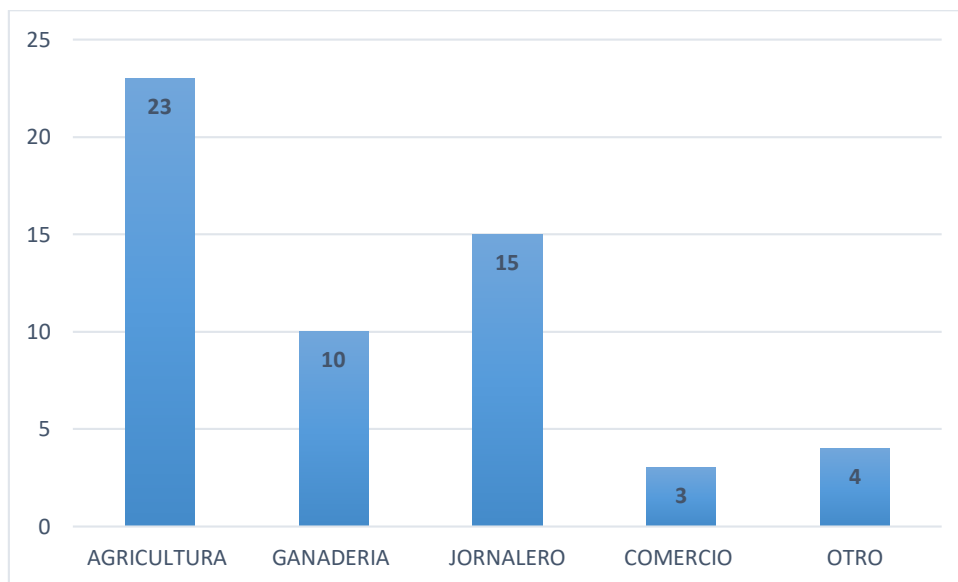


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Ocupación de personas en el hogar**

La actividad económica con mayor auge en las comunidades es la agricultura, la cual la desempeñan en 23 de las 55 familias, seguido de los jornaleros con 15 familias que viven de ello y luego está la ganadería con 10 familias y otros como comercio y trabajadores del estado (maestros), como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 8. Ocupación de personas en el hogar

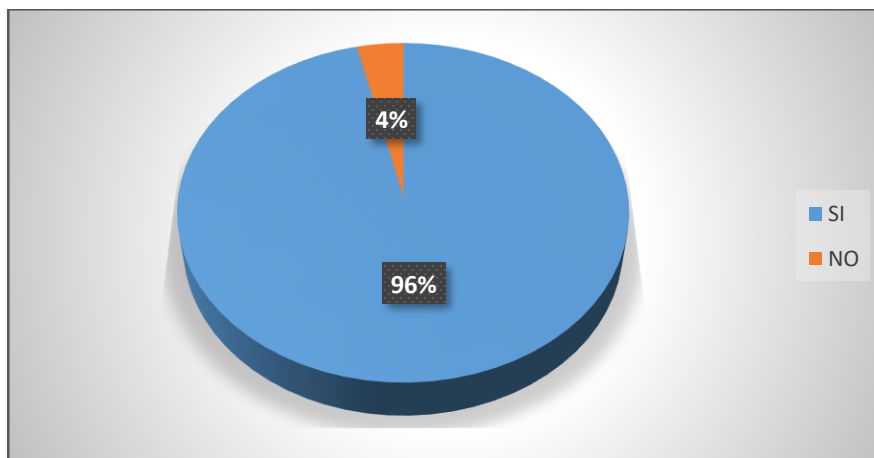


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Acceso a energía eléctrica**

El 96% de las viviendas cuentan con el servicio de electricidad y el 4% equivalente a dos viviendas no cuentan con este servicio como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 9. Acceso a energía eléctrica

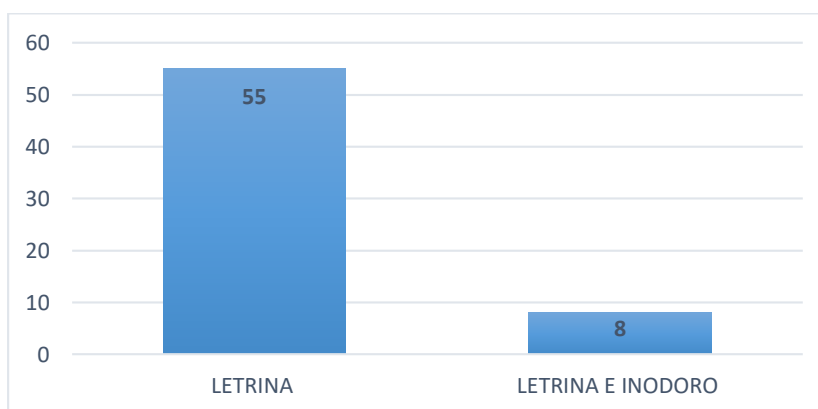


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Servicios higiénicos**

Todas las viviendas cuentan con servicios higiénicos como lo son las letrinas y 8 de estas también cuentan con inodoros como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 10. Servicios higiénicos

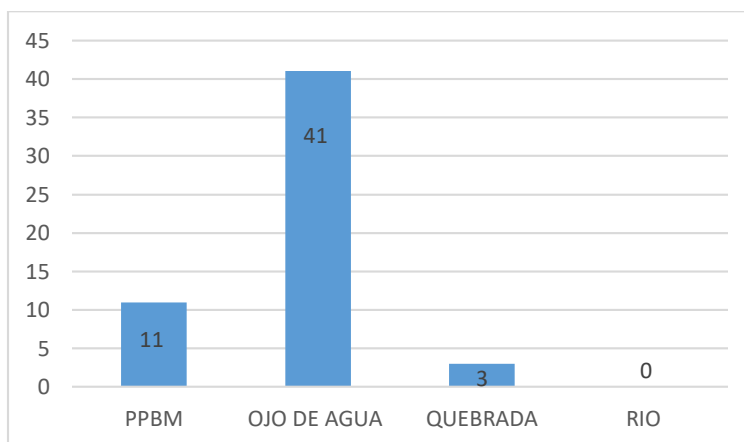


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Fuente de abastecimiento**

El 74.54% de las familias que habitan en las comunidades se abastecen de ojos de agua, el 20% se abastecen de lo que es un pozo perforado con bomba manual y el 5.45 % restante se abastecen de quebradas como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 11. Fuente de abastecimiento

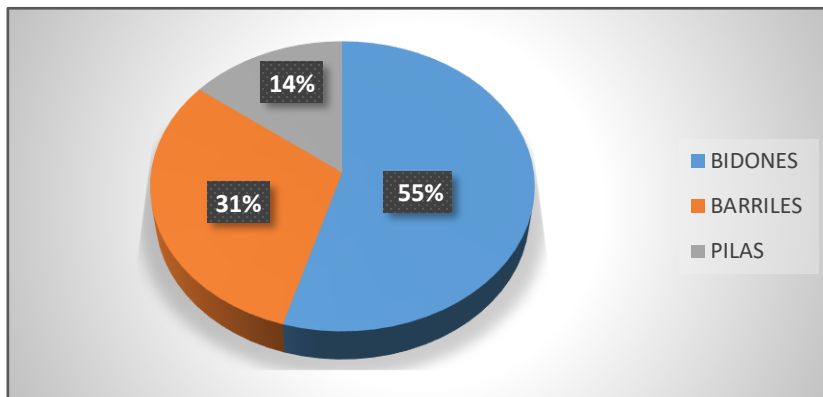


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Almacenamiento**

El 55% de las familias almacena el agua en bidones, posteriormente el 31% la almacena en barriles y el 14% restante su almacenamiento lo hacen en pilas como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 12. Almacenamiento

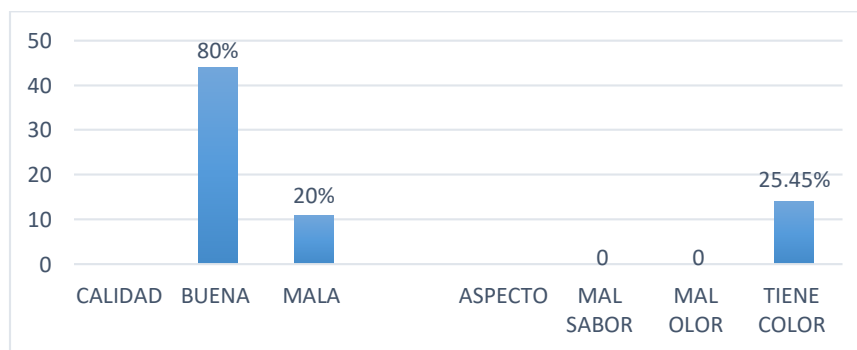


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Calidad y aspecto del agua consumida**

Con respecto a la calidad del agua un 80% de la población encuestada expresó que el agua es de buena calidad y un 20% expresaron que no cuenta la calidad necesaria o que no es apta para el consumo, el 25.45% de los encuestados reflejaron que el agua presenta un color oscuro en la temporada de invierno como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 13. Calidad y aspecto del agua

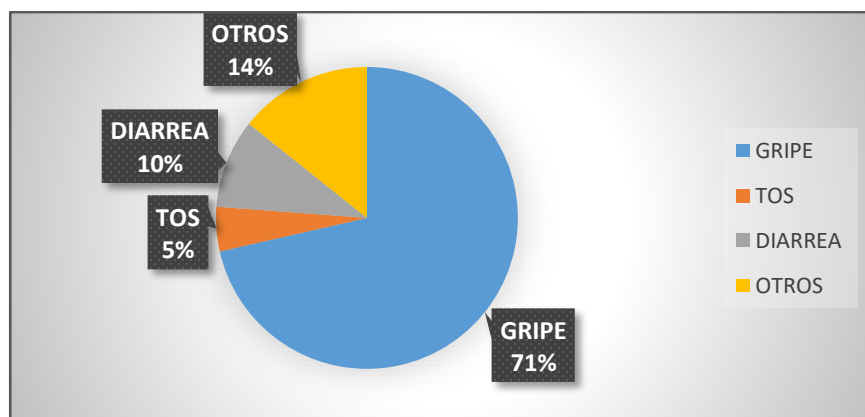


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Enfermedades relevantes**

En la población se refleja un alto porcentaje de enfermedades, siendo la gripe la de mayor relevancia con un 71%, la diarrea con un 10%, la tos con apenas un 5% y 14% otras enfermedades como presión, diabetes, triglicéridos como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 14. Enfermedades relevantes

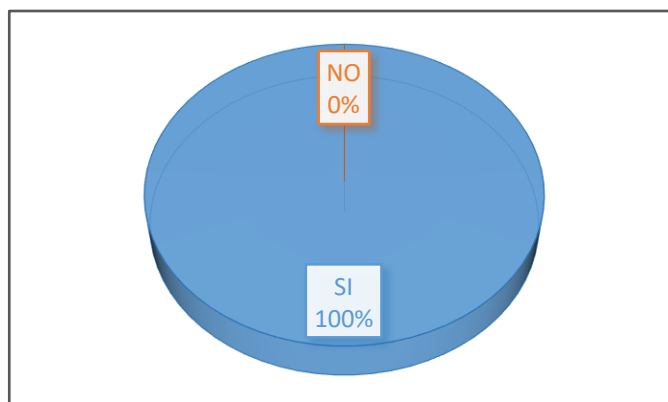


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Escuela cercana**

Toda la población encuestada expreso que cuentan con un centro escolar cercano como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 15. Escuela cercana

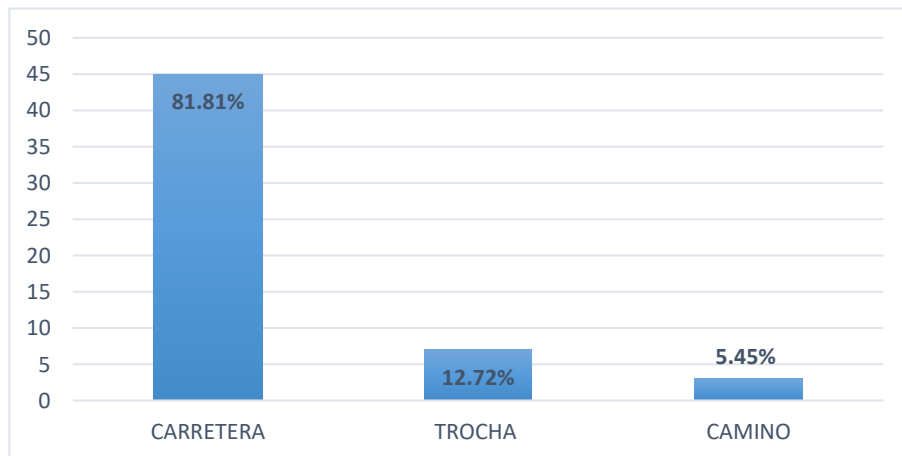


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Acceso de las viviendas**

El 100% de la población tiene fácil acceso a su vivienda ya que las comunidades poseen carreteras, trochas y caminos los cuales son circulables por vehículos como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 16. Acceso de las viviendas

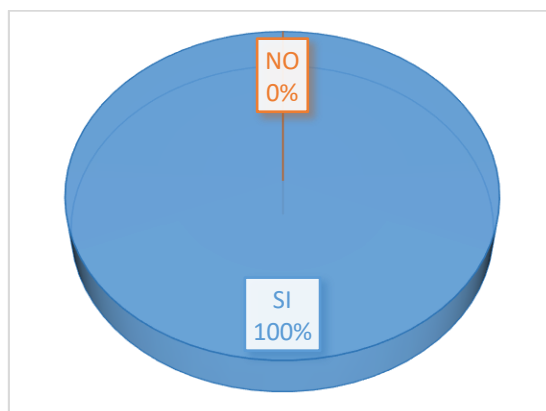


Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

- **Aceptación del sistema MABE**

La implementación del sistema de agua potable fue aceptada en su totalidad por el 100% de las familias debido a la problemática que está presente desde hace mucho tiempo en dichas comunidades como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 17. Aceptación del sistema MABE



Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de encuestas

4.2 Levantamiento topográfico

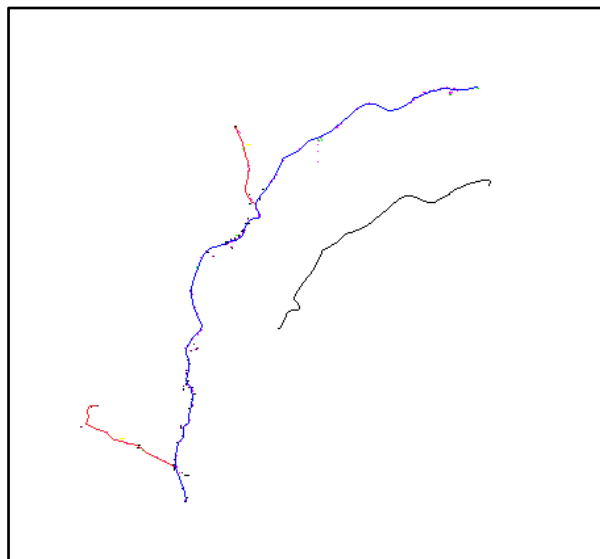
Para el diseño de una red de distribución de agua potable se requiere una serie de procesos, empezando por la topografía del terreno para proseguir con los cálculos de diseño.

Esta es la primera fase del estudio técnico y descriptivo de un terreno. Se trata de examinar la superficie teniendo en cuenta las características físicas y geográficas del terreno, ya que es esencial en la elaboración de planos de un proyecto a ejecutar.

Con el levantamiento topográfico realizado en las comunidades El Carrizo y El Coyolito, se determinó que es una red de distribución abierta debido a que el terreno tiene dos ramificaciones que salen de la línea principal.

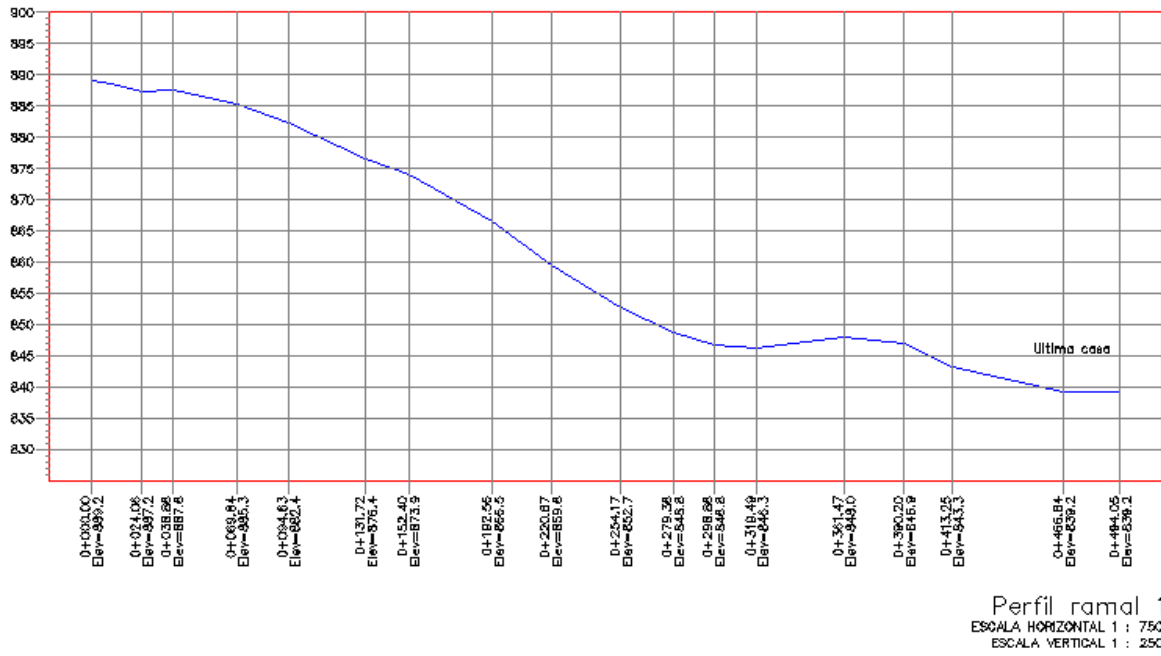
Además, el estudio topográfico permite determinar las elevaciones, pendientes y longitudes del terreno con el uso de las curvas de nivel.

Ilustración 1. Levantamiento topográfico



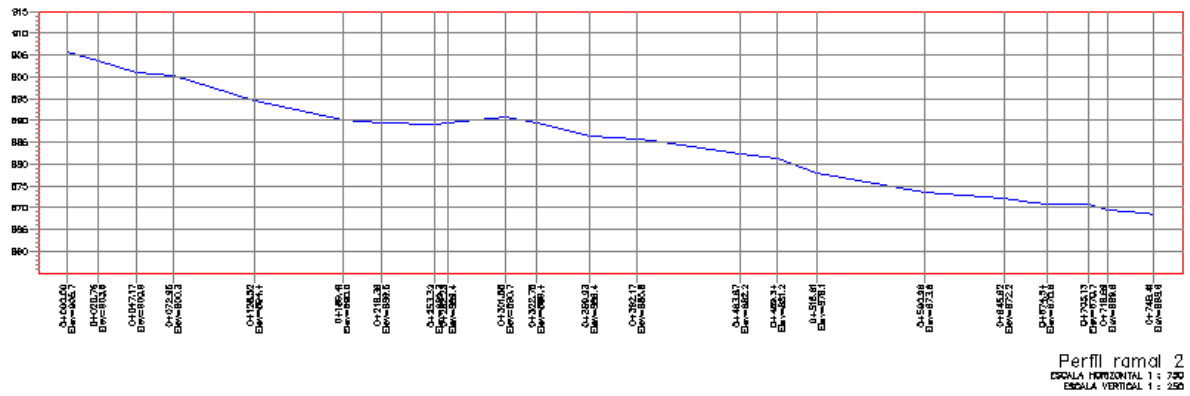
Fuente: Alcaldía de Estelí

Ilustración 2. Perfil del terreno ramal 1



Fuente: Alcaldía de Estelí

Ilustración 3. Perfil del terreno ramal 2



Fuente: Alcaldía de Estelí

4.3 Estudio de la demanda

4.3.1 Cálculo de crecimiento poblacional de las comunidades El Carrizo y El Coyolito a través del método geométrico.

Para un buen diseño de abastecimiento de agua potable fue necesario realizar un análisis del crecimiento poblacional de las comunidades El Carrizo y El Coyolito, con el fin de calcular las dotaciones necesarias para las poblaciones futuras.

Para este estudio investigativo se tiene una población actual de 199 habitantes en las comunidades, datos obtenidos a través de la realización de un censo poblacional elaborado por los integrantes de esta investigación a inicios del año 2021.

- **Tasa de crecimiento**

$$r = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{(t_2-t_1)}} - 1 = \left(\frac{P_{2021}}{P_{2018}}\right)^{\frac{1}{(t_{2021}-t_{2018})}} - 1 = \left(\frac{199}{182}\right)^{\frac{1}{(2021-2018)}} - 1 = 3\%$$

La tasa resultante está en el rango establecido por la norma, la cual sugiere usar una tasa mínima del 2.5 % y una máxima del 4%.

Tabla 5. Crecimiento poblacional

Año	Población	Año	Población
2021	199	2032	275
2022	205	2033	284
2023	211	2034	292
2024	217	2035	301
2025	224	2036	310
2026	231	2037	319
2027	238	2038	329
2028	245	2039	339
2029	252	2040	349
2030	260	2041	359
2031	267		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Excel

Al obtener los datos de población futura se prosiguió a hacer el cálculo del consumo doméstico (CD), por el cual se utilizaron los datos de población futura por año y el

criterio de dotación que estipula el (NTON 09 002-99), que para este tipo de proyecto está en el rango de 50-60 lppd.

Tabla 6. Consumo doméstico

Año	Población	Dotación	CD	
		LPPD	Lpd	Lps
2021	199	60	11940	0.14
2022	205	60	12298	0.14
2023	211	60	12667	0.15
2024	217	60	13047	0.15
2025	224	60	13439	0.16
2026	231	60	13842	0.16
2027	238	60	14257	0.17
2028	245	60	14685	0.17
2029	252	60	15125	0.18
2030	260	60	15579	0.18
2031	267	60	16046	0.19
2032	275	60	16528	0.19
2033	284	60	17024	0.20
2034	292	60	17534	0.20
2035	301	60	18060	0.21
2036	310	60	18602	0.22
2037	319	60	19160	0.22
2038	329	60	19735	0.23
2039	339	60	20327	0.24
2040	349	60	20937	0.24
2041	359	60	21565	0.25

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Excel

El INAA establece que es necesario calcular el consumo público o institucional que equivale al 7% del consumo doméstico, al obtener los resultados del consumo doméstico y consumo público se procede a calcular el consumo promedio diario (CPD), que es la suma de CD y CP, estos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7. Consumo público y consumo promedio diario

Año	Población	CP		CPD	
		Lpd	Lps	Lpd	Lps
2021	199	836	0.01	12776	0.15
2022	205	861	0.01	13159	0.15
2023	211	887	0.01	13554	0.16
2024	217	913	0.01	13960	0.16
2025	224	941	0.01	14379	0.17
2026	231	969	0.01	14811	0.17
2027	238	998	0.01	15255	0.18
2028	245	1028	0.01	15713	0.18
2029	252	1059	0.01	16184	0.19
2030	260	1091	0.01	16670	0.19
2031	267	1123	0.01	17170	0.20
2032	275	1157	0.01	17685	0.20
2033	284	1192	0.01	18215	0.21
2034	292	1227	0.01	18762	0.22
2035	301	1264	0.01	19325	0.22
2036	310	1302	0.02	19904	0.23
2037	319	1341	0.02	20501	0.24
2038	329	1381	0.02	21116	0.24
2039	339	1423	0.02	21750	0.25
2040	349	1466	0.02	22402	0.26
2041	359	1510	0.02	23075	0.27

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Excel

Obteniendo el CPD se realiza el cálculo de pérdidas en el sistema como establece la norma (NTON 09 002-99), aplicando un porcentaje del 20% del CPD, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8. Pérdidas en el sistema

Año	Población	Pérdidas en el sistema 20% CPD	
		Lpd	Lps
2021	199	2555	0.03
2022	205	2632	0.03
2023	211	2711	0.03
2024	217	2792	0.03
2025	224	2876	0.03
2026	231	2962	0.03
2027	238	3051	0.04

Año	Población	Pérdidas en el sistema 20% CPD	
		Lpd	Lps
2028	245	3143	0.04
2029	252	3237	0.04
2030	260	3334	0.04
2031	267	3434	0.04
2032	275	3537	0.04
2033	284	3643	0.04
2034	292	3752	0.04
2035	301	3865	0.04
2036	310	3981	0.05
2037	319	4100	0.05
2038	329	4223	0.05
2039	339	4350	0.05
2040	349	4480	0.05
2041	359	4615	0.05

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Excel

Para el cálculo de consumos máximo diario y horario según norma técnica se calculan de la siguiente manera: $2.5\text{CPD} + Q$ pérdidas para consumo máximo horario y $1.5\text{CPD} + Q$ pérdidas para el consumo máximo diario. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 9. Consumo máximo diario y horario

Población	Consumo máximo diario			Consumo máximo horario		
	CMD=1.5CPD+Qpérdidas			CMH=2.5CPD+Qpérdidas		
	Lpd	Lps	m ³ /s	Lpd	Lps	m ³ /s
199	21719	0.25	0.00025	34495	0.40	0.00040
205	22370	0.26	0.00026	35529	0.41	0.00041
211	23042	0.27	0.00027	36595	0.42	0.00042
217	23733	0.27	0.00027	37693	0.44	0.00044
224	24445	0.28	0.00028	38824	0.45	0.00045
231	25178	0.29	0.00029	39989	0.46	0.00046
238	25933	0.30	0.00030	41188	0.48	0.00048
245	26711	0.31	0.00031	42424	0.49	0.00049
252	27513	0.32	0.00032	43697	0.51	0.00051
260	28338	0.33	0.00033	45008	0.52	0.00052
267	29188	0.34	0.00034	46358	0.54	0.00054
275	30064	0.35	0.00035	47749	0.55	0.00055
284	30966	0.36	0.00036	49181	0.57	0.00057

Población	Consumo máximo diario			Consumo máximo horario		
	CMD=1.5CPD+Qpérdidas			CMH=2.5CPD+Qpérdidas		
	Lpd	Lps		Lpd	Lps	
292	31895	0.37	0.00037	50657	0.59	0.00059
301	32852	0.38	0.00038	52176	0.60	0.00060
310	33837	0.39	0.00039	53742	0.62	0.00062
319	34852	0.40	0.00040	55354	0.64	0.00064
329	35898	0.42	0.00042	57014	0.66	0.00066
339	36975	0.43	0.00043	58725	0.68	0.00068
349	38084	0.44	0.00044	60487	0.70	0.00070
359	39227	0.45	0.00045	62301	0.72	0.00072

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en Excel

4.4 Estudios de calidad de agua

4.4.1 Pruebas de bombeo

Según (Peralta & Videa Martínez), el día martes 11 de diciembre 2019, se realizó prueba de bombeo de pozo perforado en la Comunidad El Carrizo Estelí.

El pozo tiene las siguientes características:

Pozo tipo perforado Encamisado con tubo PVC

Diámetro de pozo 4 pulg.

Profundidad total 158 pie

Nivel estático inicial 52 pie

Para realizar la prueba se utilizó un equipo de bombeo de 3 HP/ 230 Voltios/ 1 fase, Bomba sumergible modelo 40 gpm a 200 pie de CTD, Generador eléctrico de combustión de 8500 watts, Sonda para medir niveles y se instalaron 140 pie de tubería de columna de 1 ½”.

La prueba se inició con un caudal de 51 GPM (con el equipo de bombeo a descarga libre) y se pudo observar un rebajamiento total de 44 pie en los primeros 20 minutos de bombeo; posteriormente se observó una disminución en la velocidad de descenso sin llegar a

estabilizar con un promedio de 0.25 pie/minuto de descenso hasta completar una hora, es decir después de una hora de bombeo el descenso total fue de 54 pie. En los siguientes 60 minutos se observó un rebajamiento en el pozo de 4 pie; llegando a un nivel dinámico de 110 pie después de dos horas de bombeo continuo a razón de 51 GPM.

En este momento se disminuyó el caudal de bombeo a 40 GPM observándose que el nivel se mantuvo en 110pie durante unos 30 minutos; luego experimentó un pequeño descenso de 1pie en la siguiente hora y un pie más en las próximas 2 horas para llegar a un nivel dinámico de bombeo de 113 pie.

Con el caudal a 40 GPM el pozo tuvo un descenso de 3 pie en tres horas de bombeo. Se pudo observar que el pozo no estabilizó por completo ya que experimentó un pequeño descenso con un promedio de 1 pie/hr.

El descenso total fue de 61 pie durante las 5 horas de bombeo continuo; que se realizó en dos escalones, con caudales de 51 GPM durante las primeras 2 horas y 40 GPM durante las siguientes 3 horas.

Durante toda la prueba el agua salió completamente cristalina desde el inicio; no se observó arrastre de sedimentos ni arena.

Después de realizada la prueba, la recuperación del pozo fue muy lenta obteniéndose 2 pie de recuperación en el primer minuto y luego 1 pie más en la siguiente media hora. Una hora después el pozo había recuperado únicamente otros 2.5 pie en total.

Conclusión

Con los resultados obtenidos puedo concluir que este pozo puede ser explotado a razón de 30 GPM como caudal máximo y en períodos de 3 ó 4 horas máximas de bombeo continuo, luego parar el bombeo en

un período de recuperación de 4 horas y volver a bombear otro período de 3 a 4 horas.

Lo anterior porque el pozo experimentó un rebajamiento muy lento después de dos horas de bombeo, pero no logró estabilizar el nivel del agua por completo y la recuperación del pozo es muy lenta.

4.4.2 Calidad de agua de la fuente

Se realizaron pruebas de calidad del agua a la fuente disponible, ubicada en las coordenadas UTM Coordenadas N1461281.70, E 572854.45; elevación 895.63 msnm.

Las pruebas de calidad del agua realizadas corresponden a bacteriológico, físico químico y metales pesados, según muestra tomada el 09 de junio del 2021. En términos generales, si se analizan los resultados de los análisis bacteriológicos físico químicos y metales pesado de las muestras tomadas del pozo perforado para el proyecto MABE, los resultados indican que las concentraciones para todos los parámetros se encuentran por debajo de los límites de las normas (CAPRE, 1994), por tanto, desde el punto de vista del análisis de calidad del agua, son aguas aptas para consumo humano.

Algunas recomendaciones en base a los ensayos realizados son:

- Como barrera de protección se recomienda cloración.
- Implementar un plan de protección de cuenca que abarque: Campaña en contra del despale, vertidos de desecho a subsuelo como puede ser químicos, subproductos de fábricas y desechos orgánicos e inorgánicos de fábricas avícolas y otras de la zona.

En anexos IV pueden verse los informes completos de las pruebas de calidad del agua realizadas en “Laboratorios PIENSA, UNI”.

4.5 Diseño hidráulico

Para las comunidades El Carrizo y El Coyolito se utilizó la dotación de agua para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio correspondiente a 60 lppd.

4.5.1 Aforo de la fuente de abastecimiento

Tabla 10. Aforo de la fuente

Caudal (gpm)	Hora	Descenso (pie)
51	1 (primera)	54
51	2 (segunda)	58
40	1 (primera)	59
40	2 (segunda)	60
40	3 (tercera)	60

Fuente: Elaboración propia a partir de información brindada de Alcaldía de Estelí

Los datos de la tabla muestran que en la primera hora con un caudal de 51 gpm se tuvo un descenso de 54 pies, en la segunda hora con el mismo caudal tuvo un descenso de 4 pies llegando a 58 pies de descenso en las primeras 2 horas de bombeo.

Los siguientes períodos de bombeo se realizaron con un caudal constante de 40 gpm en la primera hora de bombeo se tuvo un descenso de 1 pie más en relación al rebajamiento anterior, la segunda y la tercera hora se tuvo un descenso de 1 pie, llegando a un descenso total del pozo de 60 pies en 5 horas de bombeo en dos caudales diferentes.

4.5.2 Línea de conducción por bombeo eléctrico

La línea de conducción es un conjunto de tuberías y accesorios distribuidos alrededor del terreno según su levantamiento topográfico, estas tuberías están divididas en tramos, estos tramos se midieron en dependencia de las distancias que el terreno permitía.

4.5.2.1 Cálculo del diámetro más económico

Aplicando la fórmula de Bresse se calculó el diámetro más económico de la tubería usando el caudal de 0.000908 m³/s y los factores de “K” y “n” que equivalen a 0.9 y 0.45 respectivamente, se obtuvo como resultado que el diámetro más económico es de 38.49 mm por lo cual se propone utilizar tubería PVC SDR-13.5 de 2 pulgadas.

$$D = 0.9 * (0.000908 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$
$$D = 0.03849 \text{ mts} \approx 38.49 \text{ mm} \approx 2 \text{ pulgadas}$$

4.5.2.2 Velocidad

Se calculó la velocidad de flujo donde se tuvo en cuenta la constante, el caudal y el diámetro más económico de la tubería, dando como resultado 1.85 m/s, estando en el rango establecido de 0.4 m/s a 2 m/s por la norma (NTON 09 002-99).

$$V = \left(\frac{4 * 0.000908 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0.050\text{m})^2} \right) = 1.85 \text{ m/s}$$

4.5.2.3 Cálculo de pérdidas por fricción

Se calculó la pérdida por fricción en la sarta utilizando el caudal de diseño, el coeficiente de capacidad hidráulica (C) en dependencia del material a utilizar ya sea PVC o HG y el diámetro interno de la tubería, donde dio como resultado una pérdida por fricción de 0.0397 m en un tramo de 6 metros de sarta.

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.549 * 0.000908 \text{ m}^3/\text{s}^{1.85}}{130^{1.85} * (0.050\text{m})^{4.87}} = 0.0397 \text{ mts}$$

4.5.2.4 Pérdidas locales

Tabla 11. Pérdidas locales por accesorios

NOMBRE	CANTIDAD	K	ΣK
Válvula de compuerta abierta	1	0.40	0.40
Válvula de seguridad	1	2.50	2.50

NOMBRE	CANTIDAD	K	ΣK
Válvula check	1	1.50	1.50
Medidor Venturi	1	2.50	2.50
Manómetro	1	1.75	1.75
Reductor concéntrico	1	0.15	0.15
Tee (válvula de derivación)	1	0.34	0.34
Tee (columna de bombeo y sarta)	1	1.02	1.02
Unión Dresser	1	0.30	0.30
Codos de 45°	2	0.80	1.60
		sumatoria K	12.06
Total de pérdidas locales			2.10

Fuente: Elaboración propia a partir de datos en Excel

$$hl = 12.06 * \frac{\left(1.85 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s}} = 2.10 m$$

$$Pérdidas totales = 0.0397 m + 2.10 m = 2.14 mts$$

4.5.2.5 Altura manométrica total

Hc: 42.67 (metros)

Hi: 98.93 (metros)

$$H_b = 42.67 m + 98.93 m = 141.6 mts$$

4.5.2.6 Cálculo de pérdidas en la columna

$$hf_{colb} = 10.549 * \frac{(0.000908 m^3/s)^{1.85}}{150^{1.85} * (0.050 m)^{4.87}} * 42.672 m = 0.22 m$$

Longitud de la columna de bombeo

$$L_{cb} = 42.67 m$$

$$h_{f_{\text{columna}}} \leq 5\% * 42.67 \text{ m} = 2.13 \text{ m}$$

Es necesario comparar las pérdidas de la columna ya que deben ser menor o igual al 5% de L_c , obteniendo como resultado pérdidas en la columna de 0.22 m y el 5% de $L_c = 2.13$, criterio que cumple con lo antes señalado.

$$0.22 \text{ m} \leq 5\% * 42.67 \text{ m} = 2.13 \text{ m}$$

4.5.2.7 Pérdidas en la descarga

Para realizar este cálculo primeramente se debe conocer la longitud real de la línea de conducción la cual es la longitud de la tubería desde el pozo al tanque más la longitud equivalente de la sarta.

$$L_{\text{real}} = 1776.51 \text{ m} + 6 \text{ m} = 1782.51 \text{ mts}$$

Posteriormente se realizó el cálculo de las pérdidas, para conocer el valor del coeficiente C en tabla número 3, el cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$H_{f_{\text{desc}}} = 10.549 * \frac{(0.000908 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{150^{1.85} * (0.050 \text{ m})^{4.87}} * 1782.51 \text{ m} = 9.06 \text{ mts}$$

$$H_{f_{L.\text{de conducción}}} = 7 * \frac{(1.85 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 1.22 \text{ mts}$$

$$\text{Pérdidas en la descarga} = 9.14 \text{ m} + 1.22 \text{ m} = 10.28 \text{ m}$$

4.5.2.8 Golpe de ariete

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{2.06E4}{2.81E4}\right) (\text{SDR } 13.5 - 2)}} = 462.4 \text{ m/s}$$

4.5.2.8.1 Tiempo del ciclo de la onda

$$t = \frac{2 * 1776.51 \text{ m}}{462.4 \text{ m/s}} = 7.68 \text{ s}$$

4.5.2.8.2 Tiempo de cierre

$$T = 1 + \frac{1 * 1776.51 \text{ m} * 1.85 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2 * 154 \text{ m}} = 3.17 \text{ s}$$

$$t > T \therefore \text{cierre rápido}$$

Teniendo el resultado de cierre rápido, usar formula de Allievi para el cálculo de sobrepresión.

4.5.2.8.3 Sobrepresión

$$P = \frac{462.4 \text{ m/s} * 1.85 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 87.19 \text{ m}$$

$$P_{\text{Total}} = 98.93 \text{ m} + 87.19 \text{ m} = 186.12 \text{ m}$$

La presión total en la tubería da 186.12 m (264.29 PSI) valor que cumple en referencia al valor máximo permisible de la tubería PVC SDR-13.5 que es de 315 PSI.

4.5.2.9 Resultados de línea de conducción mediante la simulación del software EPANET

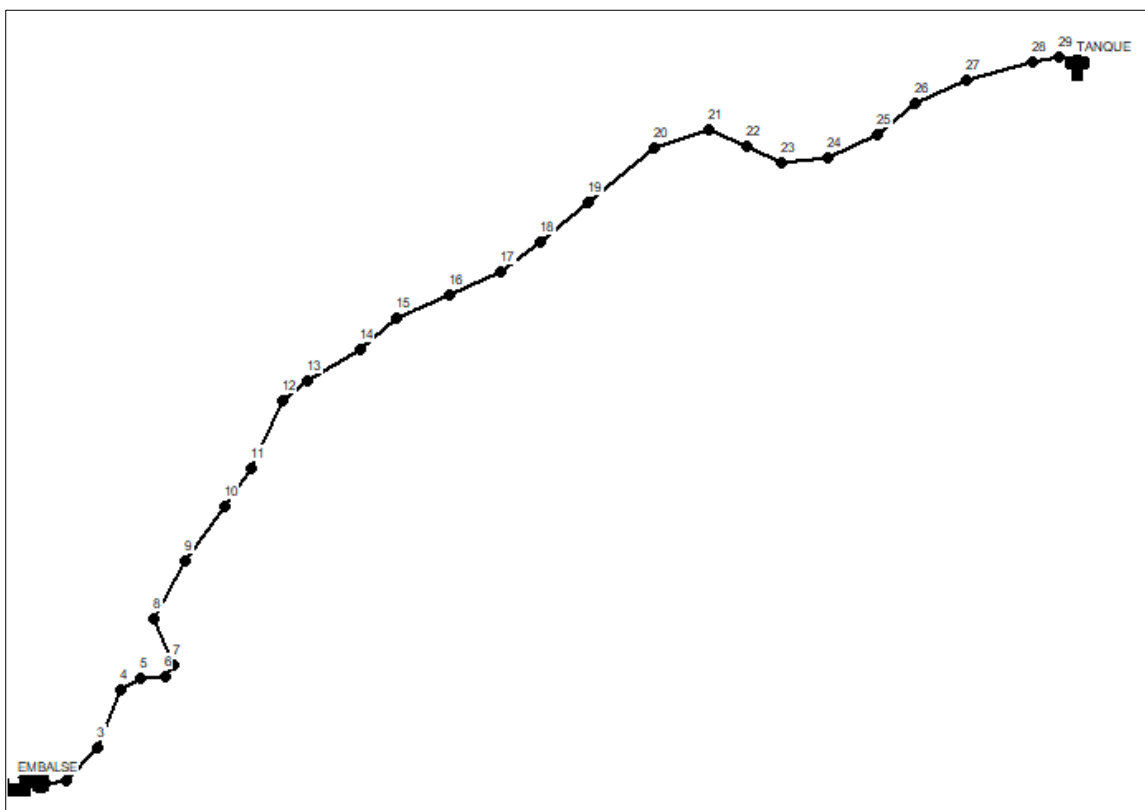
En las siguientes tablas se muestran las longitudes de las tuberías ubicadas en los tramos usados en el diseño de la línea de conducción:

Tabla 12. Tramos de línea de conducción

Tramo		Longitud m	C	Diámetro mm
Ni	Nf			
Embalse	2	59.62	150	50
2	3	56.04	150	50
3	4	75.84	150	50
4	5	28.44	150	50
5	6	32.08	150	50
6	7	18.08	150	50
7	8	60.61	150	50
8	9	82.11	150	50
9	10	82.27	150	50
10	11	56.58	150	50
11	12	93.11	150	50
12	13	37.67	150	50
13	14	76.02	150	50
14	15	60.67	150	50
15	16	69.38	150	50
16	17	69.74	150	50
17	18	62.15	150	50
18	19	75.15	150	50
19	20	105.86	150	50
20	21	70.79	150	50
21	22	50.45	150	50
22	23	48.37	150	50
23	24	57.92	150	50
24	25	66.79	150	50
25	26	60.18	150	50
26	27	70.35	150	50
27	28	83.45	150	50
28	29	33.93	150	50
29	30	21.46	150	50
30	Tanque	11.40	150	50

Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 4. Línea de conducción



Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

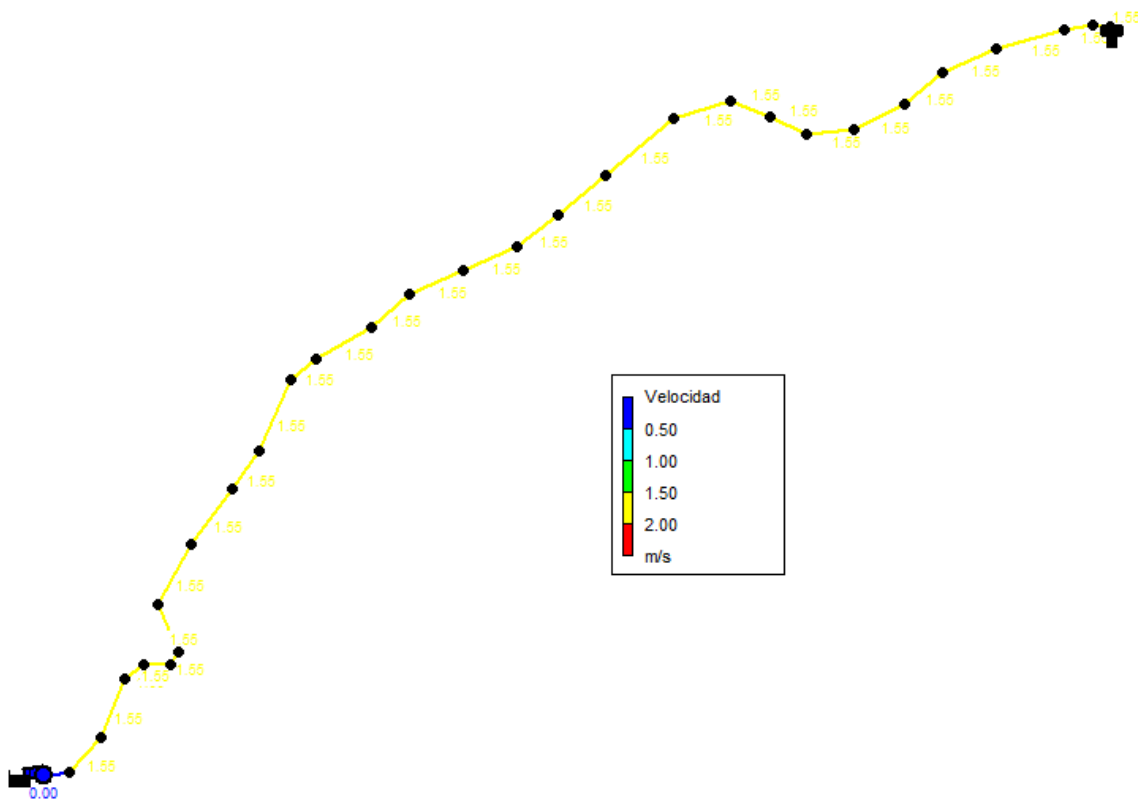
Tabla 13. Línea de conducción, caudal y velocidad

Tubería	Caudal(lps)	Longitud (m)	Velocidad(m/s)
T-1	3.04	59.62	1.55
T-2	3.04	56.04	1.55
T-3	3.04	75.84	1.55
T-4	3.04	28.44	1.55
T-5	3.04	32.08	1.55
T-6	3.04	18.08	1.55
T-7	3.04	60.61	1.55
T-8	3.04	82.11	1.55
T-9	3.04	82.27	1.55
T-10	3.04	56.58	1.55
T-11	3.04	93.11	1.55
T-12	3.04	37.67	1.55
T-13	3.04	76.02	1.55
T-14	3.04	60.67	1.55

Tubería	Caudal(lps)	Longitud (m)	Velocidad(m/s)
T-15	3.04	69.38	1.55
T-16	3.04	69.74	1.55
T-17	3.04	62.15	1.55
T-18	3.04	75.15	1.55
T-19	3.04	105.86	1.55
T-20	3.04	70.79	1.55
T-21	3.04	50.45	1.55
T-22	3.04	48.37	1.55
T-23	3.04	57.92	1.55
T-24	3.04	66.79	1.55
T-25	3.04	60.18	1.55
T-26	3.04	70.35	1.55
T-27	3.04	83.45	1.55
T-28	3.04	33.93	1.55
T-29	3.04	21.46	1.55
T-30	3.04	11.40	1.55

Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 5. Velocidad en línea de conducción



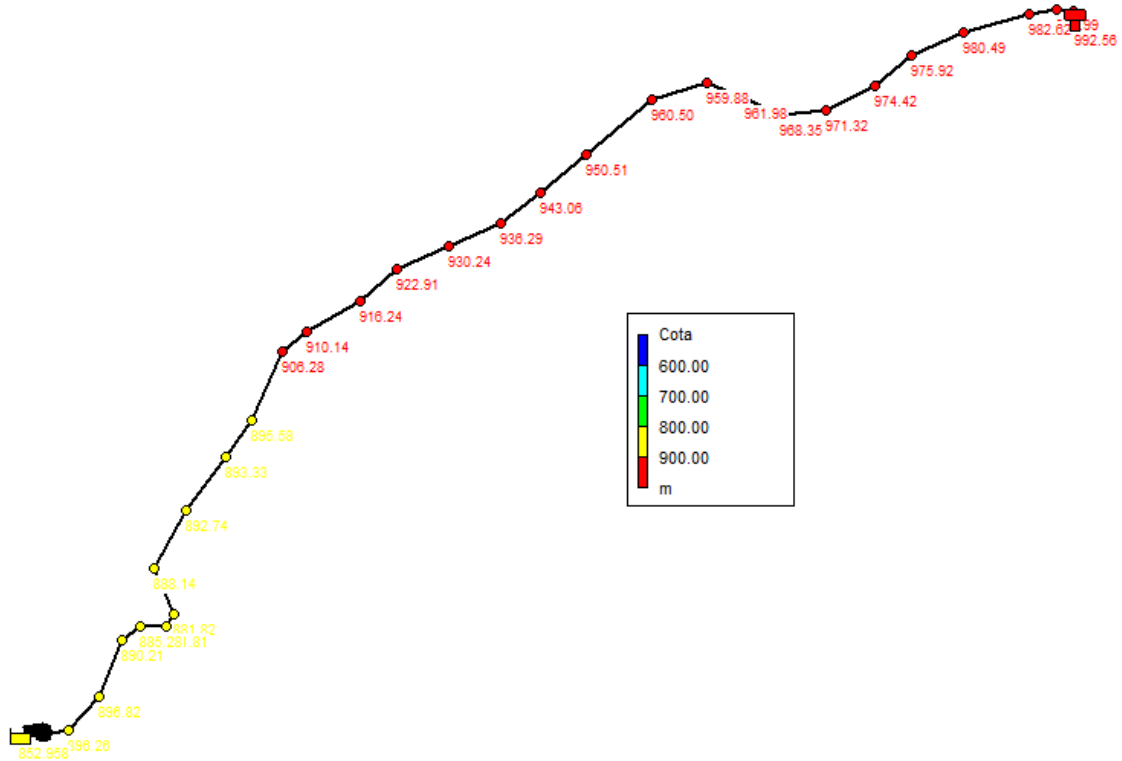
Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Tabla 14. Línea de conducción, cotas y presiones

Nodo	Caudal(lps)	Cota(m)	Presión
Embalse	3.04	861.19	0
2	3.04	896.26	15.52
3	3.04	896.82	17.60
4	3.04	890.21	27.79
5	3.04	885.28	34.06
6	3.04	881.81	39.04
7	3.04	881.82	39.88
8	3.04	888.14	36.42
9	3.04	892.74	35.70
10	3.04	893.33	38.99
11	3.04	895.58	39.40
12	3.04	906.28	33.10
13	3.04	910.14	31.01
14	3.04	916.24	28.50
15	3.04	922.91	24.69
16	3.04	930.24	20.63
17	3.04	936.29	17.87
18	3.04	943.06	14.04
19	3.04	950.51	10.13
20	3.04	960.5	5.13
21	3.04	959.88	9.09
22	3.04	961.98	9.37
23	3.04	968.35	5.28
24	3.04	971.32	5.05
25	3.04	974.42	5.10
26	3.04	975.92	6.44
27	3.04	980.49	5.18
28	3.04	982.62	6.99
29	3.04	984.99	6.22
30	3.04	987	5.22
Tanque	3.04	992.76	0.20

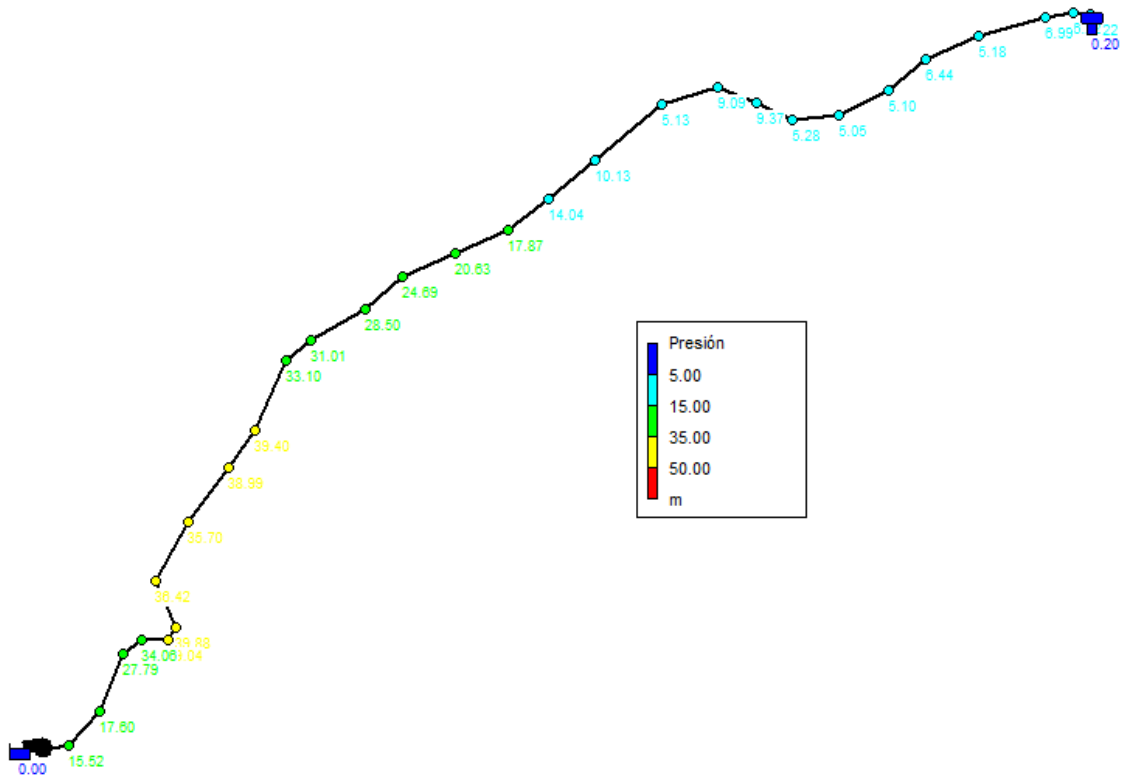
Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 6. Cotas en línea de conducción



Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 7. Presiones en línea de conducción



Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

El análisis hidráulico de la línea de conducción se realizó en el software de análisis y simulación hidráulica EPANET, donde se propone utilizar tubería PVC SDR-13.5 de 2 pulgadas.

4.5.3 Equipo de bombeo

4.5.3.1 Carga total dinámica

$$CTD = 141.60 \text{ m} + 2.14 \text{ m} + 0.22 \text{ m} + 10.28 \text{ m} + = 154 \text{ m} \approx 505.25 \text{ ft}$$

4.5.3.2 Potencia hidráulica de la bomba

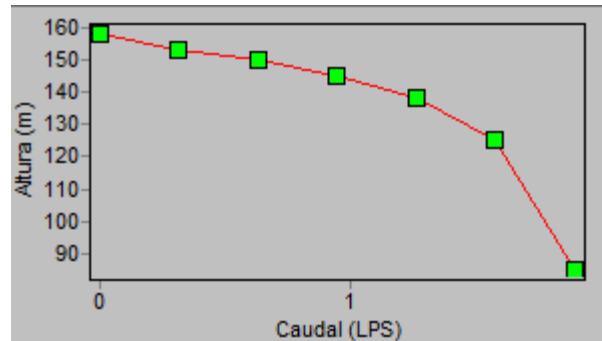
$$PB = \frac{14.39 \text{ gpm} * 505.25 \text{ ft}}{3960 * 0.6} = 3.07 \text{ HP}$$

4.5.3.3 Potencia analítica del equipó bombeo

$$PEB = \frac{3.07 \text{ Hp}}{0.6} = 5.11 \text{ HP}$$

Por tal razón se propone una bomba de 3 HP, Franklin Electric FPS 4400.

Ilustración 8. Curva característica de la bomba



Fuente: Elaboración propia con el uso aplicado del software EPANET

4.5.4 Red de distribución

Se diseña con el consumo máximo horario (CMH) al final del período de diseño el cual dio como resultado 0.72 lps.

4.5.4.1 Demanda de los nodos

Con el uso del total de familias y el factor del consumo máximo total a 20 años se obtuvo un coeficiente de diseño para el cálculo de las demandas por el número de familias en el área de influencia del nodo.

Demanda de los nodos con el consumo máximo horario.

$$\frac{Q_{\text{dotacion2041}}}{\sum \text{Familias}} = \frac{0.72 \text{ lps}}{70 \text{ fam}} = 0.01 \text{ lps}$$

4.5.4.2 Diseño de red de distribución

a) Comprobar cobertura proyectada

La comprobación de la cobertura proyectada se basa en el resumen del censo ejecutado y en el cálculo de la proyección de población para el año 2,041 con el cual se estiman 359 personas. El censo realizado refleja que existen 55 casas habitadas, 5 deshabitadas, 7 predios vacíos (solares), 1 escuela, 1 iglesia y 1 centro de salud público. Por lo tanto, las viviendas actuales son 60, las viviendas proyectadas 67 (habitadas + deshabitadas + predios vacíos), para un total de 70 puestos dentro de los cuales están los puestos públicos. La población actual es 199 habitantes, la población proyectada 359 habitantes, para una densidad proyectada de 5.358 hab/vivienda.

b) Forma de la red

Ilustración 9. Nodos de la red de distribución



Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

La red de distribución, estará conformada por tubería P.V.C SDR-26 y con una longitud de 4284.91 metros con un diámetro de 38 mm, más la longitud de 498.72 metros con un diámetro de 25 mm. Teniendo una longitud total de 4783.63 metros.

Debido a las características topográficas que presenta el terreno, el sistema global de la red, se dividió en 61 tramos.

Tabla 15. Tramos en red de distribución

Tramo		Longitud m	C	Diámetro mm
Ni	Nf			
Tanque	Nodo 31	11.40	150	38
31	32	75.65	150	25
32	33	66.69	150	25
31	34	70.43	150	38
34	35	55.67	150	38
35	36	71.19	150	38
36	37	46.75	150	38
37	38	73.99	150	38
38	39	61.44	150	38
39	40	49.17	150	38
40	41	61.21	150	38
41	42	51.69	150	38
42	43	101.22	150	38
43	44	90.88	150	38
44	45	91.87	150	38
45	46	69.74	150	38
46	47	69.38	150	38
47	48	60.67	150	38
48	49	76.02	150	38
49	50	78.77	150	25
50	51	50.08	150	38
51	52	56.58	150	38
52	53	60.72	150	38
53	54	93.45	150	38
54	55	69.30	150	38
55	56	90.09	150	38
56	57	85.10	150	38
57	58	86.86	150	38
58	59	112.46	150	38

Tramo		Longitud m	C	Diámetro mm
Ni	Nf			
59	60	131.90	150	38
60	61	130.06	150	38
61	62	114.18	150	38
62	63	131.60	150	25
63	64	146.01	150	25
64	65	107.25	150	38
65	66	77.06	150	38
66	67	73.46	150	38
67	68	78.79	150	38
68	69	73.92	150	38
69	70	38.94	150	38
70	71	46.34	150	38
71	72	73.65	150	38
72	73	90.08	150	38
73	74	65.68	150	38
74	75	132.52	150	38
54	76	92.25	150	38
76	77	57.07	150	38
77	78	78.33	150	38
78	79	67.77	150	38
79	80	114.11	150	38
80	81	80.18	150	38
74	82	85.74	150	38
82	83	102.90	150	38
83	84	72.77	150	38
84	85	97.62	150	38
85	86	100.76	150	38
86	87	127.04	150	38
87	88	53.63	150	38
88	89	29.72	150	38
89	90	28.59	150	38
90	91	45.24	150	38

Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

c) Presiones máximas y mínimas

El análisis hidráulico de la red de distribución se realizó en el software de análisis y simulación hidráulica EPANET, bajo las condiciones de consumo máximo horario (CMH) en la red, para verificar que las presiones y las velocidades se mantengan dentro del rango permitido y, obteniendo los siguientes resultados.

d) Análisis con Consumo Máximo Horario en la red

El nodo con la menor presión calculada en la red es el nodo 75 el cual tiene una cota topográfica de 913.7 y la presión es de 5.08 m según el análisis realizado. El nodo con la mayor presión calculada en la red es el nodo 69 con una cota topográfica de 869.02 y la presión es de 49.9 m. Dicho valores quedan dentro de las normas establecidas nacionales. Con el análisis del consumo de máxima hora en la red de distribución se pudo observar que todos los nodos cumplen presiones. Debido a los resultados obtenidos en la simulación de la red en EPANET se encontraron presiones que están por encima de los rangos establecidos en la norma (NTON 09 002-99), por tal motivo se optó colocar una cámara rompe presión en el tramo correspondiente del nodo 43 al nodo 44, así como también la instalación de 2 válvulas reductoras de presión en los ramales, en el ramal 1 corresponde al tramo del nodo 54 al nodo 76, en el ramal 2 corresponde al tramo del nodo 85 al nodo 86. Logrando con esto reducir las presiones al rango establecido por la norma rural nacional.

e) Resultado del análisis en red de distribución

Tabla 16. Red de distribución, demanda, cota y presión

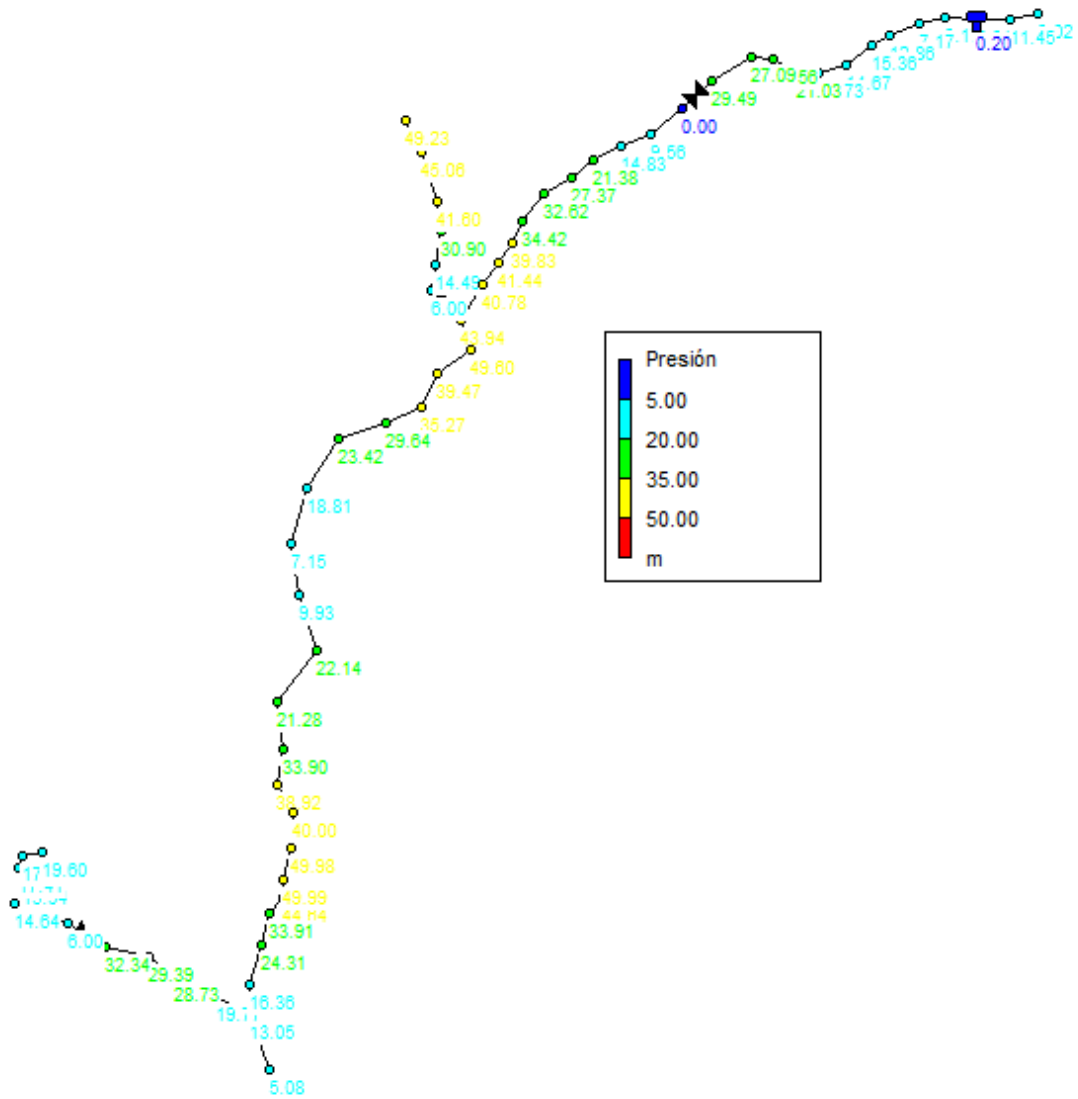
Nodo	Demanda (lps)	Cota(m)	Presión
Tanque	0.7	992.56	0.20
31	0.01	987.32	5.31
32	0	981.17	11.45
33	0.01	983.60	9.02
34	0	982.67	9.17
35	0	984.04	7.17
36	0	977.55	12.86

Nodo	Demanda (lps)	Cota(m)	Presión
37	0	974.53	15.36
38	0	974.39	14.67
39	0	970.64	17.73
40	0	966.79	21.03
41	0	960.58	26.56
42	0	959.46	27.09
43	0	955.93	29.49
44	0	946.88	0
45	0	936.29	9.56
46	0	930.24	14.83
47	0	922.91	21.38
48	0	916.24	27.37
49	0	910.14	32.62
50	0	901.55	34.42
51	0	895.58	39.83
52	0	893.33	41.44
53	0.02	893.31	40.78
54	0	889.16	43.94
55	0	882.51	49.60
56	0.03	892.26	39.47
57	0.06	895.79	35.27
58	0.07	900.87	29.64
59	0.02	906.55	23.42
60	0	910.58	18.81
61	0.02	921.67	7.15
62	0	918.43	9.93
63	0	902.18	22.14
64	0.07	898.54	21.28
65	0	885.63	33.90
66	0.09	880.39	38.92
67	0	879.2	40.00
68	0.05	869.1	49.98
69	0	869.02	49.99
70	0	874.34	44.64
71	0.02	885.02	33.91
72	0.02	894.56	24.31
73	0.01	902.46	16.36
74	0.03	905.73	13.05
75	0.03	913.7	5.08
76	0.05	882.41	6.00

Nodo	Demanda (lps)	Cota(m)	Presión
77	0	873.93	14.49
78	0	857.5	30.90
79	0	846.81	41.60
80	0	843.34	45.06
81	0.02	839.17	49.23
82	0.02	899.01	19.77
83	0	890.03	28.73
84	0.02	889.36	29.39
85	0	886.41	32.34
86	0	882.23	6.00
87	0.01	873.59	14.64
88	0	872.28	15.94
89	0	870.81	17.41
90	0	870.68	17.54
91	0.02	868.62	19.60

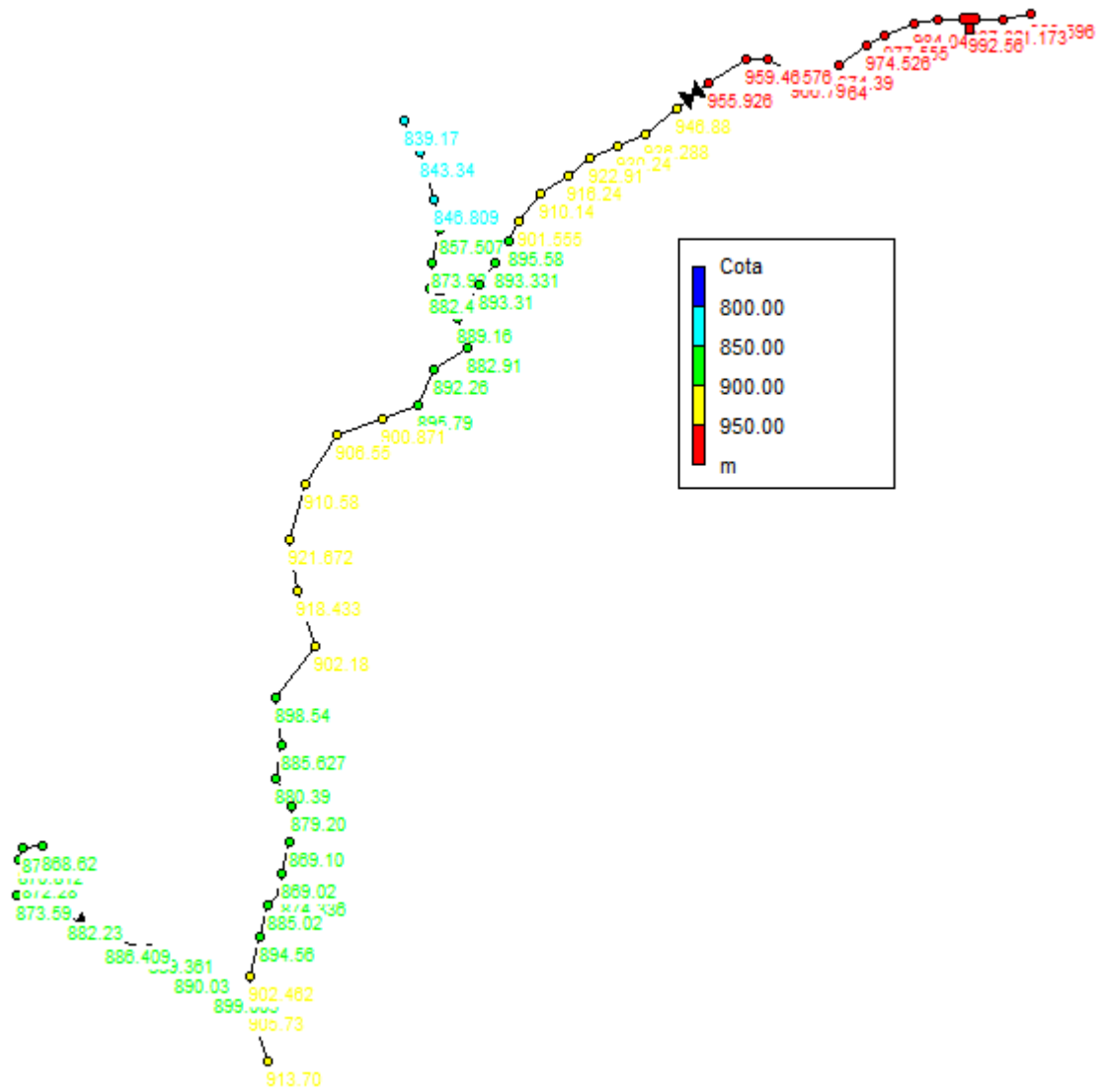
Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 10. Presiones en red de distribución



Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 11. Cotas en los nodos, red de distribución



Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

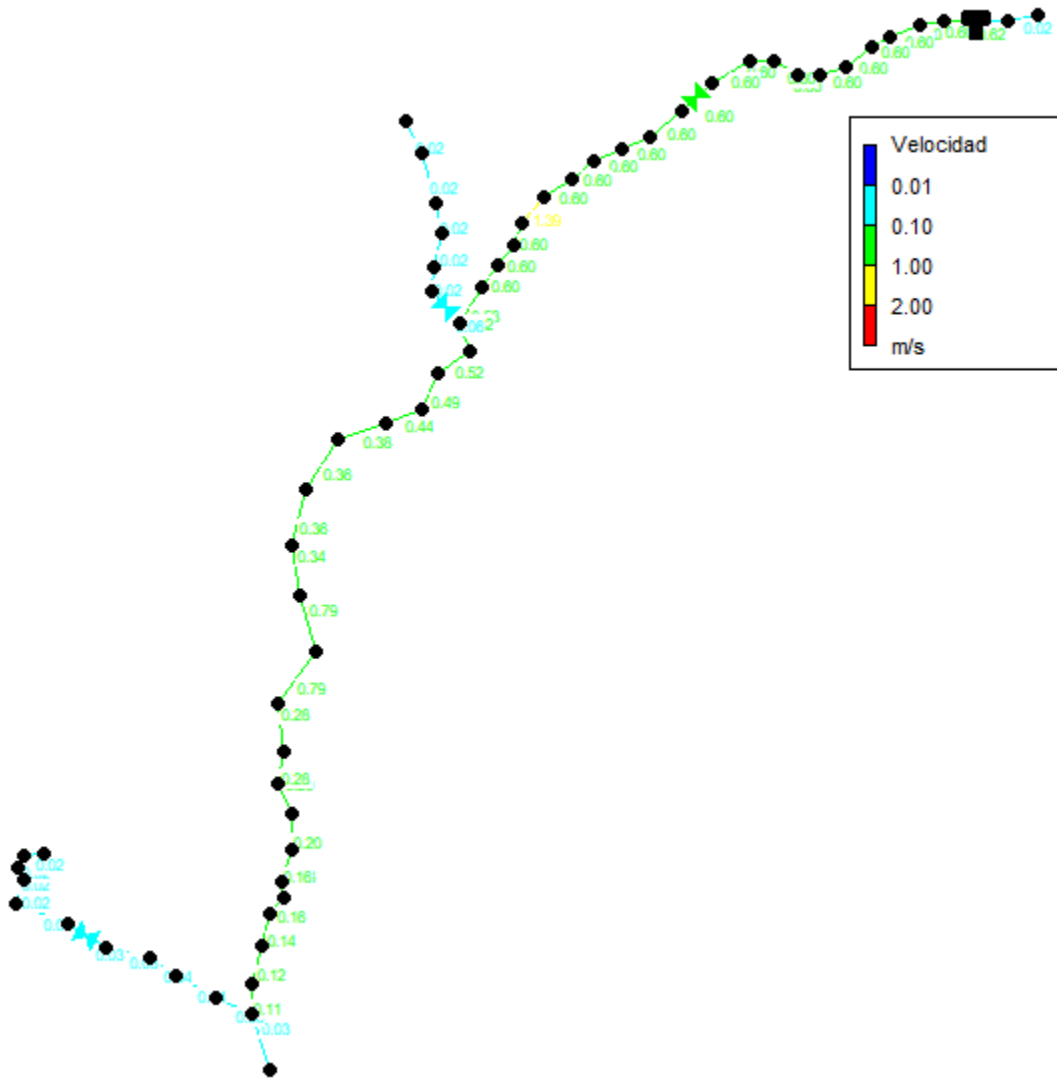
Tabla 17. Red de distribución, longitud tubería, caudal y velocidades

Tubería	Caudal (lps)	Longitud (m)	Velocidad(m/s)
T-31	0.70	11.40	0.62
T-32	0.01	75.65	0.02
T-33	0.01	66.69	0.02
T-34	0.68	70.43	0.60
T-35	0.68	55.67	0.60
T-36	0.68	71.19	0.60
T-37	0.68	46.75	0.60
T-38	0.68	73.99	0.60
T-39	0.68	61.44	0.60
T-40	0.68	49.17	0.60
T-41	0.68	61.21	0.60
T-42	0.68	51.69	0.60
T-43	0.68	101.22	0.60
Válvula-1	0.68	90.88	0.60
T-45	0.68	91.87	0.60
T-46	0.68	69.74	0.60
T-47	0.68	69.38	0.60
T-48	0.68	60.67	0.60
T-49	0.68	76.02	0.60
T-50	0.68	78.77	1.39
T-51	0.68	50.08	0.60
T-52	0.68	56.58	0.60
T-53	0.68	60.72	0.60
T-54	0.66	93.45	0.58
T-55	0.59	69.30	0.52
T-56	0.59	90.09	0.52
T-57	0.56	85.10	0.49
T-58	0.50	86.86	0.44
T-59	0.43	112.46	0.38
T-60	0.41	131.9	0.36
T-61	0.41	130.06	0.36
T-62	0.39	114.18	0.34
T-63	0.39	131.6	0.79
T-64	0.39	146.01	0.79
T-65	0.32	107.25	0.28
T-66	0.32	77.06	0.28
T-67	0.23	73.46	0.20
T-68	0.23	78.79	0.20
T-69	0.18	73.92	0.16

Tubería	Caudal (lps)	Longitud (m)	Velocidad(m/s)
T-70	0.18	38.94	0.16
T-71	0.18	46.34	0.16
T-72	0.16	73.65	0.14
T-73	0.14	90.08	0.12
T-74	0.13	65.68	0.11
T-75	0.03	132.52	0.03
Válvula-2	0.07	92.25	0.06
T-77	0.02	57.07	0.02
T-78	0.02	78.33	0.02
T-79	0.02	67.77	0.02
T-80	0.02	114.11	0.02
T-81	0.02	80.18	0.02
T-82	0.07	85.74	0.06
T-83	0.05	102.90	0.04
T-84	0.05	72.77	0.04
T-85	0.03	97.62	0.03
Válvula-3	0.03	100.76	0.03
T-87	0.03	127.04	0.03
T-88	0.02	53.63	0.02
T-89	0.02	29.72	0.02
T-90	0.02	28.59	0.02
T-91	0.02	45.24	0.02

Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 12. Velocidades en red de distribución



Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

En red de distribución según (NTON 09 003-99) el diámetro mínimo permitido es de 1 ½ pulgada, debido al análisis de este diseño se optó por utilizar tuberías de diámetros menores al establecido en la norma; ya que las velocidades en gran parte de la red utilizando el diámetro mínimo según norma, son demasiado bajas llegando a valores de 0.01 m/s, y al utilizar diámetros menores a lo establecido se logra aumentar esta velocidad a 0.02 m/s resultado que no cumple con el valor mínimo establecido en (NTON 09 002-99), sin embargo se logra mejorar significativamente

dichas velocidades en ciertos tramos. Por tal razón se instalarán válvulas de limpieza donde las velocidades no cumplen con lo estipulado en la norma rural nacional.

f) Accesorios

Para un funcionamiento óptimo en la red de distribución es necesario la anexión y distribución de una variedad de accesorios los cuales se describen a continuación. Se colocarán accesorios tales como Tee 90° y 45° en los cambios bruscos de dirección y válvulas de purga / admisión de aire, válvulas de limpieza de sedimento para garantizar el buen funcionamiento del sistema de conducción, los accesorios en la red se distribuyeron de la siguiente manera como lo indica la siguiente tabla.

Tabla 18. Accesorios en la red

Accesorios	Cantidad
Válvula de limpieza	8
Válvula reductora de presión	3
Válvula de aire	3
Válvula de compuerta 1 ½"	2
Pila rompe presión	1
Tee 90°	2
Codo liso 90°	8
Codo liso 45°	10
Yee	3
Unión 1" a 1 ½"	4
Tapón hembra 1"	2
Tapón hembra 1 ½"	2

Fuente: Elaboración propia

4.5.4.3 Diseño del tanque de almacenamiento

El diseño del tanque de almacenamiento puede ser realizado según lo establecido en la (NTON 09 002-99), donde el volumen de regularización es 15%CPD y el volumen de reserva 20%CPD.

$$Vol. tanque = \left(\frac{0.35 * 0.267 \text{ lps} * 86400 \text{ s/dia}}{1000} \right) = 8 \text{ m}^3$$

Tabla 19. Datos del tanque de almacenamiento de agua potable

Tanque de almacenamiento de agua potable	
Cota	992.56 msnm
Nivel Inicial	0.2 mca
Nivel Máximo	2 mca
Caudal neto entrante	3.04 lps
Elevación	994.76 msnm
Presión	0.2 m

Fuente: Elaboración propia con el uso del software EPANET

4.5.4.4 Tratamiento y desinfección.

El tratamiento y desinfección con hipoclorito se calculó mediante la (Ec.24) proveniente de la sección (3.5.4.5), de donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 20. Dosificación de cloro

DOSIS PROMEDIO		
d= 1.5 mg/lit		
Año	CMD	Vol. Cloro
	Lps	ml/min
2021	0.25	3.77
2022	0.26	3.88
2023	0.27	4.00
2024	0.27	4.12
2025	0.28	4.24
2026	0.29	4.37
2027	0.30	4.50
2028	0.31	4.64
2029	0.32	4.78
2030	0.33	4.92
2031	0.34	5.07
2032	0.35	5.22
2033	0.36	5.38
2034	0.37	5.54
2035	0.38	5.70
2036	0.39	5.87
2037	0.40	6.05

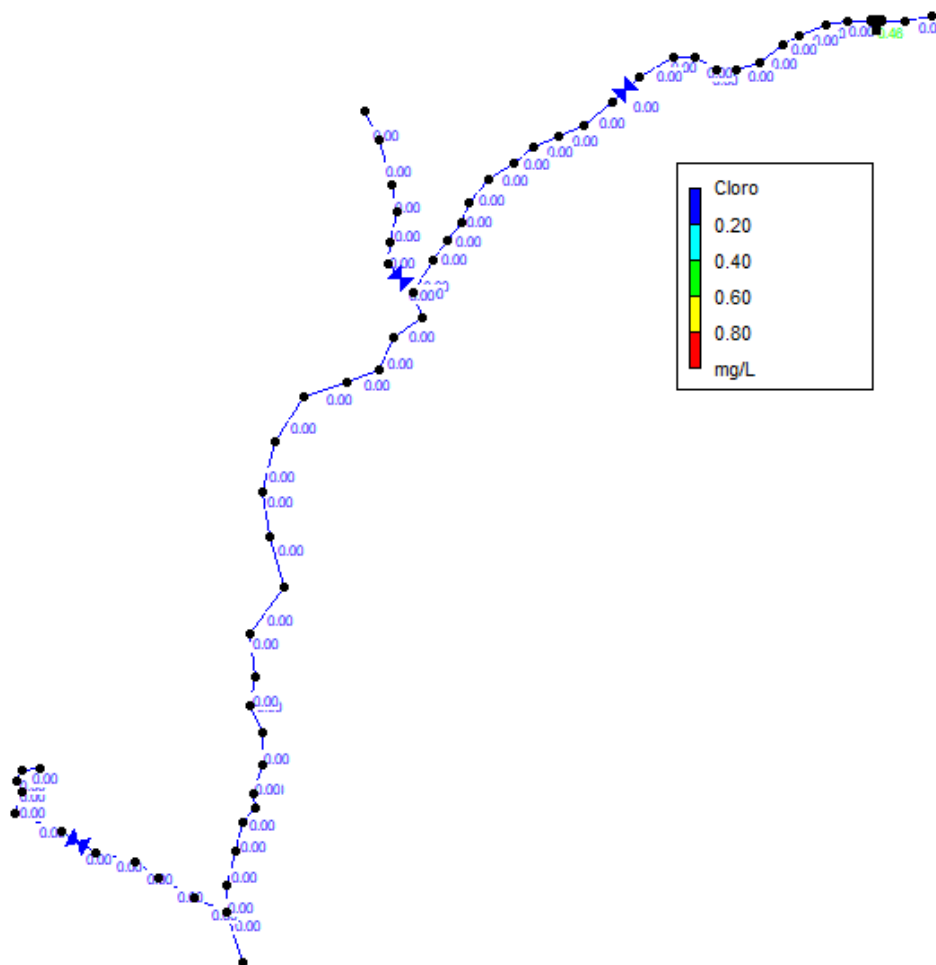
Año	CMD	Vol. Cloro
	Lps	ml/min
2038	0.42	6.23
2039	0.43	6.42
2040	0.44	6.61
2041	0.45	6.81

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra un aumento de hipoclorito por cada año, en donde se observa que en el año 2021 tendrá una dosis de 3.77 ml/min y en el año 2041 la dosis será de 6.81 ml/min.

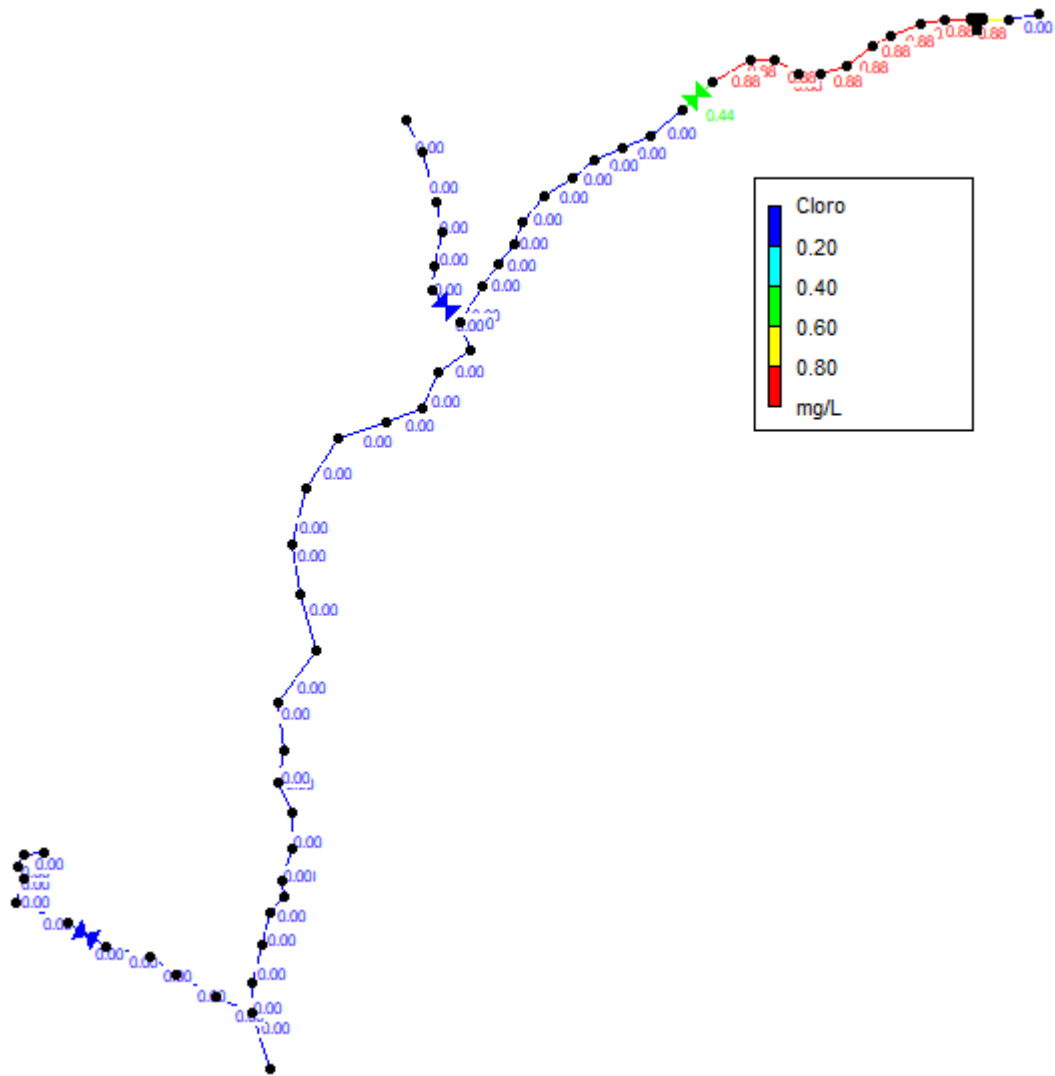
a) Cloro residual en red de distribución mediante simulación en EPANET

Ilustración 13. Cloro residual a las 0 horas



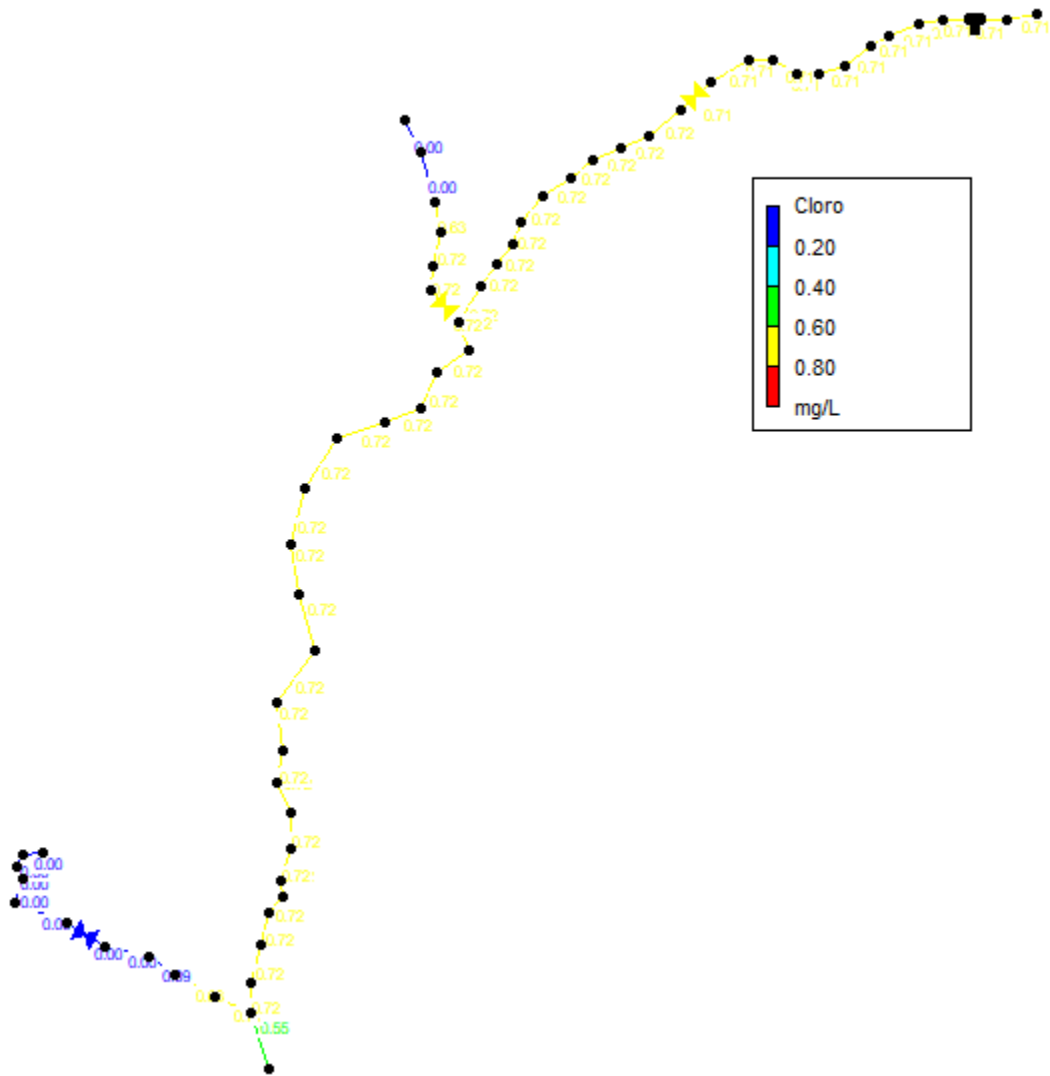
Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 14. Cloro residual a la primera hora



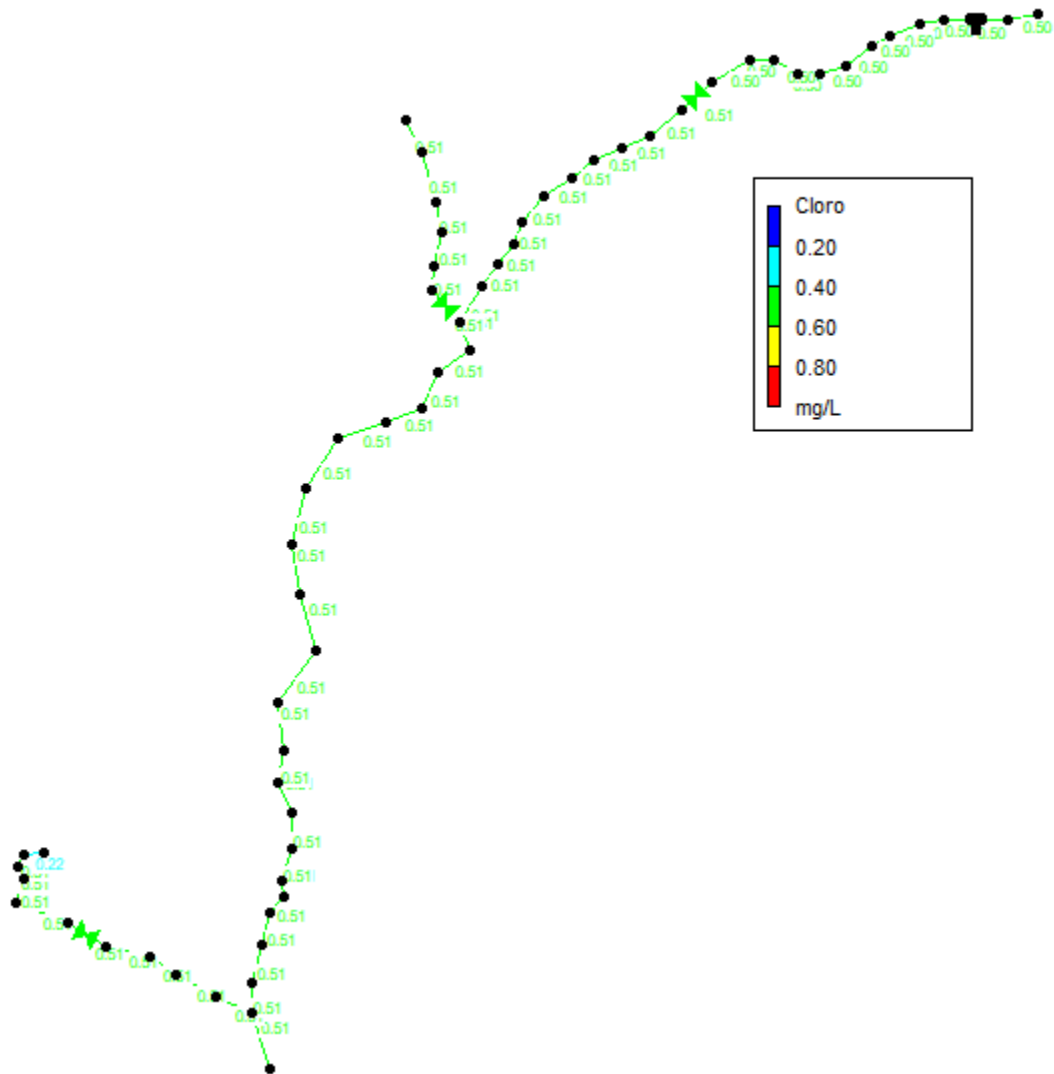
Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 15. Cloro residual a las 5 horas



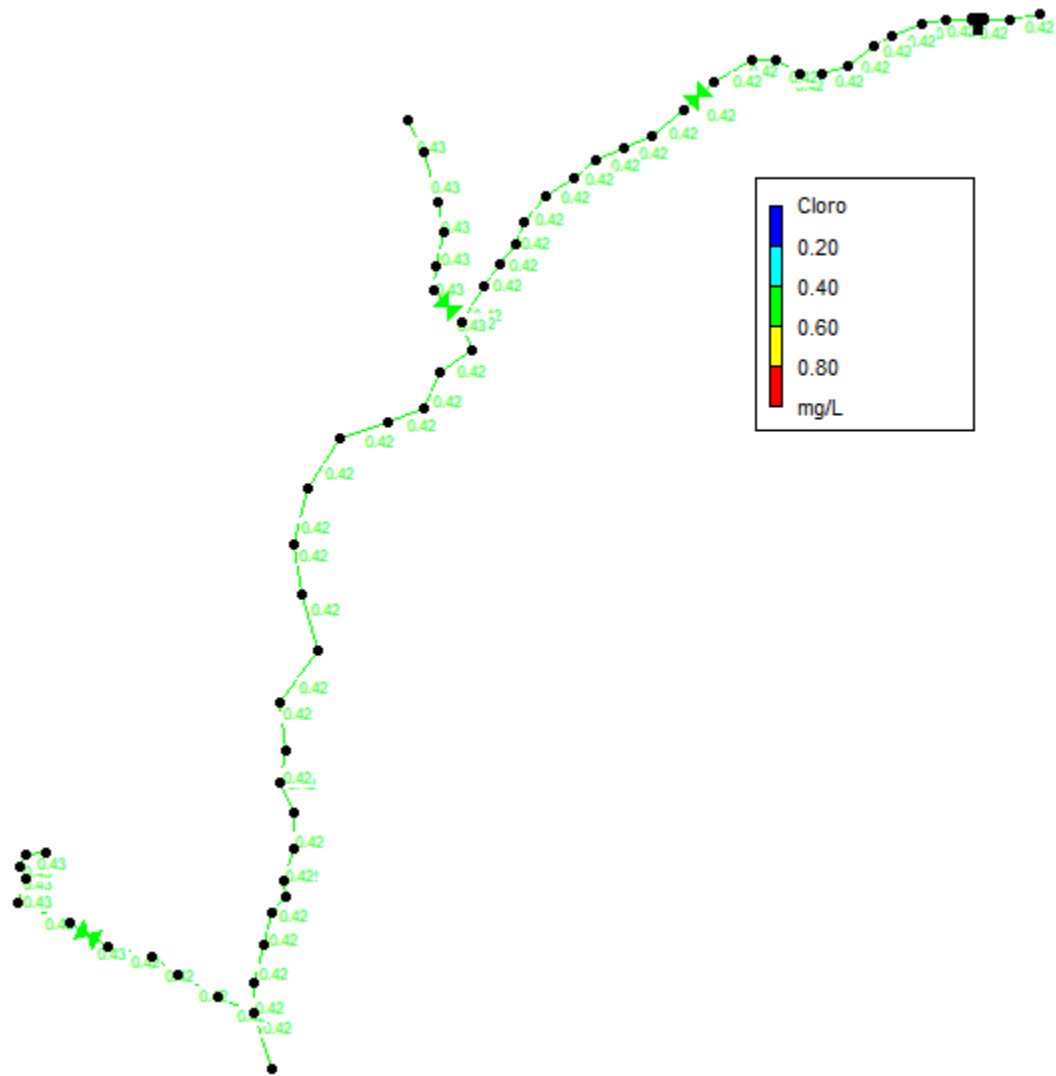
Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 16. Cloro residual a las 10 horas



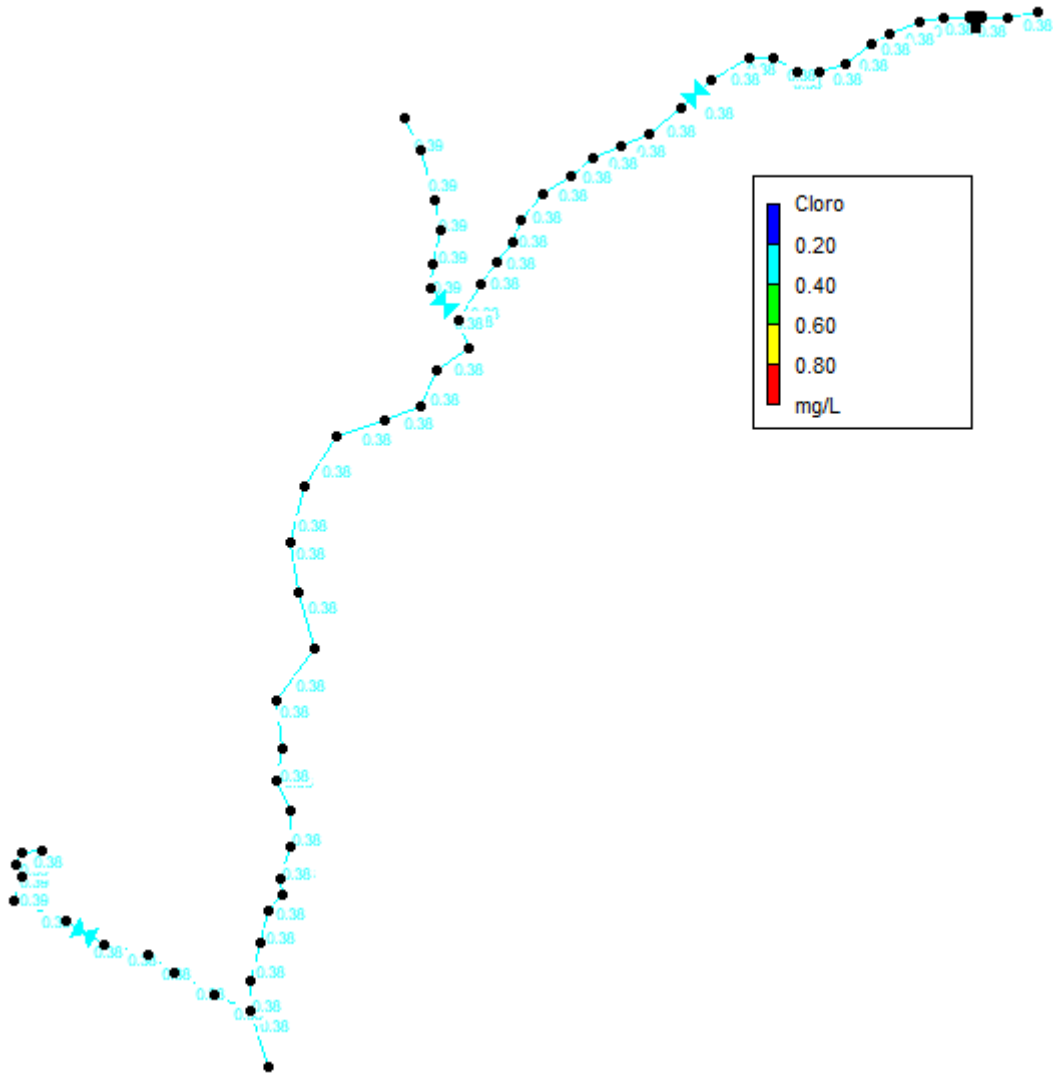
Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 17. Cloro residual a las 12 horas



Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Ilustración 18. Cloro residual a las 13 horas



Fuente: Elaboración propia mediante el software de EPANET

Se realizaron simulaciones en la red de distribución correspondiente con el cloro residual en diferentes horas para determinar la cantidad de cloro que tendrá la red con respecto al flujo en la tubería, obteniendo valores de 0.51 mg/litros correspondientes a la décima hora, logrando una disminución de cloro residual en la dúo decima hora de 0.38 mg/litros de funcionamiento en la red, cumpliendo con los parámetros establecidos en la normativa.

4.6 Costos y presupuesto

En la siguiente tabla se detallan los costos y presupuestos de actividades necesarias para la propuesta del diseño de sistema de red de abastecimiento de agua potable.

Tabla 21. Costos y presupuestos de la red de distribución de agua potable de las comunidades El Carrizo y El Coyolito

EDT	Descripción	Ud	Cantidad	Costos Unitarios (C\$)		Costo Total (C\$)		Total
				Materiales	Mano de obra	Materiales	Mano de obra	
1	PRELIMINARES							C\$72,257
1.1	Limpieza inicial							
	Limpieza manual del predio de captación	m ²	90.00	C\$0.00	C\$10.00	C\$0.00	C\$900.00	C\$900.00
	Limpieza manual de la línea de conducción y red de distribución	m ²	4862	C\$0.00	C\$10.00	C\$0.00	C\$48,620.00	C\$48,620.00
1.2	Trazo y nivelación							
	Trazo de eje de tubería de agua potable	ml	4862	C\$0.00	C\$3.00	C\$0.00	C\$14,586.00	C\$14,586.00
	Trazo de ejes de caseta	ml	14.00	C\$0.00	C\$15.00	C\$0.00	C\$210.00	C\$210.00
	Hacer niveletas sencillas de 1.50m.l	c/u	98.00	C\$0.00	C\$15.00	C\$0.00	C\$1,470.00	C\$1,470.00
	Pieza de pino de 2" x 2" -5vrs	Pieza	28.00	C\$120.00	C\$0.00	C\$3,360.00	C\$0.00	C\$3,360.00
	Pieza de pino de 1" x 3" -5vrs	Pieza	2.00	C\$100.00	C\$0.00	C\$200.00	C\$0.00	C\$200.00
	Clavos corrientes 2"	lb	2.00	C\$38.00	C\$0.00	C\$76.00	C\$0.00	C\$76.00
	Lienza	Rollo	6.00	C\$105.00	C\$0.00	C\$630.00	C\$0.00	C\$630.00
	Colocar y quitar niveletas	c/u	147.00	C\$0.00	C\$15.00	C\$0.00	C\$2,205.00	C\$2,205.00
2	FUENTE Y OBRA DE TOMA							C\$261,703
2.1	Estudio de calidad de agua							

	Bacteriológico (coliforme fecal y total), fisicoquímico (aspecto, turbiedad, pH, temperatura, conductividad eléctrica, color verdadero, std, calcio, magnesio, sodio, cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos, dureza total, hierro total, fluoruros, balance iónico, amonio, potasio, sulfuro de hidrogeno, flúor), metales pesado (arsénico) en pozo perforado	Gbl	1.00	C\$0.00	C\$4,800.00	C\$0.00	C\$4,800.00	C\$4,800.00
2.2	Estación de bombeo							
	Bomba sumergible de 3 hp Franklin E FPS	Gbl	4.00	C\$29,750.00	C\$6,000.00	C\$119,000.00	C\$24,000.00	C\$143,000.00
2.3	Sarta de hierro galvanizado							
	Instalación de sarta	Gbl	1.00	C\$0.00	C\$5,500.00	C\$0.00	C\$5,500.00	C\$5,500.00
	Medidor maestro extremos bridados	c/u	1.00	C\$3,500.00	C\$0.00	C\$3,500.00	C\$0.00	C\$3,500.00
	Válvula de check H.F. Extremos bridados	c/u	1.00	C\$1,800.00	C\$0.00	C\$1,800.00	C\$0.00	C\$1,800.00
	Válvula de pase de HF. extremos roscados	c/u	1.00	C\$2,100.00	C\$0.00	C\$2,100.00	C\$0.00	C\$2,100.00
	Manómetro de carga de 160 PSI	c/u	1.00	C\$580.00	C\$0.00	C\$580.00	C\$0.00	C\$580.00
	Reductor bushing de 1 1/2" de H.G	c/u	1.00	C\$950.00	C\$0.00	C\$950.00	C\$0.00	C\$950.00
	Unión universal de 1/2" de H.G	c/u	1.00	C\$970.00	C\$0.00	C\$970.00	C\$0.00	C\$970.00
	Tee de 1/2"x1/2"x1/2" H.G.extremos roscados	c/u	1.00	C\$90.00	C\$0.00	C\$90.00	C\$0.00	C\$90.00
	Llave de chorro de bronce de 1/2"	c/u	1.00	C\$205.00	C\$0.00	C\$205.00	C\$0.00	C\$205.00
	Válvula de Pase de 1/2" de bronce con rosca hembra	c/u	1.00	C\$350.00	C\$0.00	C\$350.00	C\$0.00	C\$350.00
	Tubería de Sarta de 2" H.G.	c/u	1.00	C\$3,400.00	C\$0.00	C\$3,400.00	C\$0.00	C\$3,400.00
	Metro de Tubo 1/2" H.G. rosca estándar	c/u	1.00	C\$53.00	C\$0.00	C\$53.00	C\$0.00	C\$53.00
	Codos de 45° HG. extremos roscados	c/u	2.00	C\$150.00	C\$0.00	C\$300.00	C\$0.00	C\$300.00
	Unión dresser para tubo PVC	c/u	1.00	C\$15.00	C\$0.00	C\$15.00	C\$0.00	C\$15.00
	Bloque de reacción (incluye instalación)	c/u	5.00	C\$1,250.00	C\$0.00	C\$6,250.00	C\$0.00	C\$6,250.00
	Base de concreto de 0,80m x 0,80m x 0.9m	Gbl	1.00	C\$1,800.00	C\$250.00	C\$1,800.00	C\$250.00	C\$2,050.00

2.4	Caseta de control							
	Fundaciones (corte y relleno)	m³	12.60	C\$0.00	C\$300.00	C\$0.00	C\$3,780.00	C\$3,780.00
	Material selecto	m³	12.60	C\$350.00	C\$0.00	C\$4,410.00	C\$0.00	C\$4,410.00
	Formaleta (tabla 6vrs x 12")	c/u	8.00	C\$290.00	C\$10.00	C\$2,320.00	C\$80.00	C\$2,400.00
	Concreto de 3,000 psi para fundaciones (mezclado a mano)	m³	0.80	C\$0.00	C\$180.00	C\$0.00	C\$144.00	C\$144.00
	Grava	m³	0.83	C\$900.00	C\$0.00	C\$747.00	C\$0.00	C\$747.00
	Arena	m³	0.55	C\$630.00	C\$0.00	C\$346.50	C\$0.00	C\$346.50
	Cemento	c/u	7.00	C\$340.00	C\$0.00	C\$2,380.00	C\$0.00	C\$2,380.00
	Acero, varilla #3	qq	2.10	C\$2,120.00	C\$0.00	C\$4,452.00	C\$0.00	C\$4,452.00
	Acero, varilla #2	qq	4.30	C\$1,850.00	C\$0.00	C\$7,955.00	C\$0.00	C\$7,955.00
	Alambre de amarre	lb	14.00	C\$44.00	C\$0.00	C\$616.00	C\$0.00	C\$616.00
	Concreto de 3,000 psi para estructura (mezclado a mano)	m³	1.15	C\$0.00	C\$180.00	C\$0.00	C\$207.00	C\$207.00
	Grava	m³	1.10	C\$900.00	C\$0.00	C\$990.00	C\$0.00	C\$990.00
	Arena	m³	0.55	C\$630.00	C\$0.00	C\$346.50	C\$0.00	C\$346.50
	Cemento	c/u	11.00	C\$340.00	C\$0.00	C\$3,740.00	C\$0.00	C\$3,740.00
	Acero, varilla #3	qq	2.30	C\$2,120.00	C\$180.00	C\$4,876.00	C\$414.00	C\$5,290.00
	Acero, varilla #2	qq	0.80	C\$1,850.00	C\$120.00	C\$1,480.00	C\$96.00	C\$1,576.00
	Alambre de amarre	lb	12.00	C\$44.00	C\$0.00	C\$528.00	C\$0.00	C\$528.00
	Paredes bloque	m²	31.00	C\$280.00	C\$33.97	C\$8,680.00	C\$1,053.07	C\$9,733.07
	Arena	m³	1.80	C\$630.00	C\$0.00	C\$1,134.00	C\$0.00	C\$1,134.00
	cemento	c/u	10.00	C\$340.00	C\$0.00	C\$3,400.00	C\$0.00	C\$3,400.00
	Instalación de techo	Gbl	1.00	C\$0.00	C\$1,000.00	C\$0.00	C\$1,000.00	C\$1,000.00
	Vigas de madera para techo	c/u	7.00	C\$300.00	C\$20.00	C\$2,100.00	C\$140.00	C\$2,240.00
	Cubierta zinc calibre 26	c/u	4.00	C\$610.00	C\$0.00	C\$2,440.00	C\$0.00	C\$2,440.00
	Flashing de Zinc liso 4x8	c/u	1.00	C\$500.00	C\$0.00	C\$500.00	C\$0.00	C\$500.00
	Clavos para techo	lbs	5.00	C\$55.00	C\$0.00	C\$275.00	C\$0.00	C\$275.00

	Pisos concreto 3000 psi	m³	1.00	C\$0.00	C\$1,100.00	C\$0.00	C\$1,100.00	C\$1,100.00
	Grava	m³	0.72	C\$900.00	C\$0.00	C\$648.00	C\$0.00	C\$648.00
	Arena	m³	0.48	C\$630.00	C\$0.00	C\$302.40	C\$0.00	C\$302.40
	Cemento	c/u	9.00	C\$340.00	C\$0.00	C\$3,060.00	C\$0.00	C\$3,060.00
	Puerta de madera	c/u	1.00	C\$7,000.00	C\$1,800.00	C\$7,000.00	C\$1,800.00	C\$8,800.00
	Ventana	Gbl	1.00	C\$2,900.00	C\$900.00	C\$2,900.00	C\$900.00	C\$3,800.00
	Clorinador y accesorios	Gbl	1.00	C\$7,200.00	C\$0.00	C\$7,200.00	C\$0.00	C\$7,200.00
	Limpieza y entrega	m²	25.00	C\$0.00	C\$10.00	C\$0.00	C\$250.00	C\$250.00
3	LÍNEA DE CONDUCCIÓN							C\$287,800
3.1	Excavación para tubería							
	Excavación manual de zanja en terreno natural, ancho de 0.50 m y 1m de profundidad	m³	858.00	C\$0.00	C\$120.00	C\$0.00	C\$102,960.00	C\$102,960.00
3.2	Tubería							
	instalación de tubería de 2" PVC SDR-13.5 y accesorios	c/u	300.00	C\$450.00	C\$30.00	C\$135,000.00	C\$9,000.00	C\$144,000.00
3.3	Válvula y accesorios							
	Medidor	c/u	1.00	C\$1,800.00	C\$500.00	C\$1,800.00	C\$500.00	C\$2,300.00
	Válvula de compuerta, VC liviano	c/u	1.00	C\$4,500.00	C\$300.00	C\$4,500.00	C\$300.00	C\$4,800.00
	Válvula de retención, VR liviano	c/u	1.00	C\$3,700.00	C\$300.00	C\$3,700.00	C\$300.00	C\$4,000.00
	Válvula de pie	c/u	1.00	C\$1,500.00	C\$200.00	C\$1,500.00	C\$200.00	C\$1,700.00
	Válvula de aire	c/u	1.00	C\$2,810.00	C\$450.00	C\$2,810.00	C\$450.00	C\$3,260.00
	C-90° de radio mediano PVC	c/u	6.00	C\$77.00	C\$0.00	C\$462.00	C\$0.00	C\$462.00
	C-90° de radio corto PVC	c/u	5.00	C\$33.00	C\$0.00	C\$165.00	C\$0.00	C\$165.00
	C-45° PVC	c/u	7.00	C\$29.00	C\$0.00	C\$203.00	C\$0.00	C\$203.00
3.4	Prueba hidrostática							
	Prueba hidrostática (con bomba manual) en tubería diámetro hasta 2"	c/u	1.00	C\$2,500.00	C\$0.00	C\$2,500.00	C\$0.00	C\$2,500.00
3.5	Relleno y compactación	c/u						

	Relleno y compactación manual	m³	858.00	C\$0.00	C\$25.00	C\$0.00	C\$21,450.00	C\$21,450.00
4	TANQUE DE ALMACENAMIENTO							C\$68,601
4.1	Movimiento de tierra para tanque							
	Corte y relleno manual del terreno	m³	10.40	C\$0.00	C\$300.00	C\$0.00	C\$3,120.00	C\$3,120.00
	Material selecto	m³	10.40	C\$300.00	0.00	C\$3,120.00	C\$0.00	C\$3,120.00
4.2	Fundación para estructura							
	Formaleta (tabla 6vrs x 12")	c/u	8.00	C\$270.00	C\$10.00	C\$2,160.00	C\$80.00	C\$2,240.00
	Concreto de 3,000 psi (mezclado a mano)	m³	1.70	C\$0.00	C\$180.00	C\$0.00	C\$306.00	C\$306.00
	Acero, varilla #3	qq	2.20	C\$2,120.00	C\$180.00	C\$4,664.00	C\$396.00	C\$5,060.00
	Acero, varilla #2	qq	0.50	C\$1,850.00	C\$120.00	C\$925.00	C\$60.00	C\$985.00
	Grava	m³	1.22	C\$900.00	C\$0.00	C\$1,098.00	C\$0.00	C\$1,098.00
	Arena	m³	0.82	C\$630.00	C\$0.00	C\$516.60	C\$0.00	C\$516.60
	Cemento	c/u	15.00	C\$340.00	C\$0.00	C\$5,100.00	C\$0.00	C\$5,100.00
	Alambre de amarre	Lb	7.00	C\$44.00	C\$0.00	C\$308.00	C\$0.00	C\$308.00
4.3	Estructura de tanque incluye tapa y piso							
	Formaleta metálica (renta)	Gbl	C\$1.00	C\$7,000.00	C\$450.00	C\$7,000.00	C\$450.00	C\$7,450.00
	Concreto de 3,000 psi (mezclado a mano)	m³	3.70	C\$0.00	C\$180.00	C\$0.00	C\$666.00	C\$666.00
	Acero, varilla #3	qq	5.00	C\$2,120.00	C\$180.00	C\$10,600.00	C\$900.00	C\$11,500.00
	Grava	m³	2.66	C\$900.00	C\$0.00	C\$2,394.00	C\$0.00	C\$2,394.00
	Arena	m³	1.77	C\$630.00	C\$0.00	C\$1,115.10	C\$0.00	C\$1,115.10
	Cemento	m³	34.00	C\$340.00	C\$0.00	C\$11,560.00	C\$0.00	C\$11,560.00
	Alambre de amarre	lb	13.00	C\$44.00	C\$0.00	C\$572.00	C\$0.00	C\$572.00
4.4	Accesorios							
	Tubo PVC 2"	c/u	1.00	C\$450.00	C\$0.00	C\$450.00	C\$0.00	C\$450.00
	Válvulas de control BR PVC 2"	c/u	1.00	C\$270.00	C\$0.00	C\$270.00	C\$0.00	C\$270.00
	Codo PVC, 90 gr 2"	c/u	2.00	C\$40.00	C\$0.00	C\$80.00	C\$0.00	C\$80.00
	Adaptadores macho PVC	c/u	2.00	C\$70.00	C\$0.00	C\$140.00	C\$0.00	C\$140.00
	Escalera para tanque	Gbl	1.00	C\$4,500.00	C\$1,500.00	C\$4,500.00	C\$1,500.00	C\$6,000.00

	Cerca perimetral y portón	Gbl	1.00	C\$3,950.00	C\$600.00	C\$3,950.00	C\$600.00	C\$4,550.00
5	RED DE DISTRIBUCIÓN							C\$ 579,897
5.1	Excavación para tubería							
	Excavación manual de zanja en terreno natural ancho=de 0.50m a 1.00m	m³	1,543.00	C\$0.00	C\$120.00	C\$0.00	C\$185,160.00	C\$185,160.00
5.2	Tuberías							
	Tubería de PVC diám.= 1 1/2" (sdr-26)	c/u	720.00	C\$380.00	C\$25.00	C\$273,600.00	C\$18,00.00	C\$291,600.00
	Tubería de PVC diám.= 1" (sdr-26)	c/u	85.00	C\$242.00	C\$25.00	C\$20,570.00	C\$2,125.00	C\$22,695.00
5.3	Válvulas y accesorios							
	Unión diam 1 1/2"	c/u	4.00	C\$27.00	C\$0.00	C\$108.00	C\$0.00	C\$108.00
	Codo liso PVC diám.= 1 1/2" x 90°	c/u	8.00	C\$55.00	C\$0.00	C\$440.00	C\$0.00	C\$440.00
	Codo liso PVC diám.= 1 1/2" x 45°	c/u	10.00	C\$44.00	C\$0.00	C\$440.00	C\$0.00	C\$440.00
	Tee lisa de PVC diam=1 1/2"	c/u	2.00	C\$55.00	C\$0.00	C\$110.00	C\$0.00	C\$110.00
	Yee lisa de PVC diam= 1 1/2"	c/u	3.00	C\$75.00	C\$0.00	C\$225.00	C\$0.00	C\$225.00
	Tapón hembra liso de PVC diam = 1 1/2"	c/u	3.00	C\$25.00	C\$0.00	C\$75.00	C\$0.00	C\$75.00
	Tapón hembra liso de PVC diam = 1"	c/u	3.00	C\$13.00	C\$0.00	C\$39.00	C\$0.00	C\$39.00
	Válvula de compuerta de bronce diam. = 1 1/2"	c/u	1.00	C\$270.00	C\$0.00	C\$270.00	C\$0.00	C\$270.00
	Válvulas reductoras de presión	c/u	3.00	C\$1,100.00	C\$300.00	C\$3,300.00	C\$900.00	C\$4,200.00
	Pila rompe presión con accesorios	Gbl	1.00	C\$12,200.00	C\$4,500.00	C\$12,200.00	C\$4,500.00	C\$16,700.00
	Válvulas de limpieza	c/u	8.00	C\$430.00	C\$380.00	C\$3,440.00	C\$3,040.00	C\$6,480.00
	Válvula de aire	c/u	3.00	C\$2,810.00	C\$450.00	C\$8,430.00	C\$1,350.00	C\$9,780.00
5.4	Relleno y compactación							
	Relleno y compactación manual	m³	1,543.00	C\$0.00	C\$25.00	C\$0.00	C\$38,575.00	C\$38,575.00
5.5	Prueba hidrostática							
	Prueba hidrostática	c/u	1.00	C\$3,000.00	C\$0.00	C\$3,000.00	C\$0.00	C\$3,000.00
6	CONEXIONES DOMICILIARES							C\$257,436
6.1	Excavación para tubería							

	Excavación de zanja conex. domiciliar	m³	148.50	C\$0.00	C\$35.00	C\$0.00	C\$5,197.50	C\$5,197.50
6.2	Tubería PVC							
	Instalación de tubería de 1/2" y accesorios de conex. domiciliar	c/u	170.00	C\$90.00	C\$22.00	C\$15,300.00	C\$3,740.00	C\$19,040.00
	Llave de Choro de 1/2"	c/u	70.00	C\$165.00	C\$0.00	C\$11,550.00	C\$0.00	C\$11,550.00
	Abrazaderas de 1 1/2 "x1/2" de PVC/con rosca	c/u	70.00	C\$15.00	C\$0.00	C\$1,050.00	C\$0.00	C\$1,050.00
	Adaptador macho PVC 1/2"	c/u	70.00	C\$15.00	C\$0.00	C\$1,050.00	C\$0.00	C\$1,050.00
	Codo de 1/2" x 90	c/u	70.00	C\$12.00	C\$0.00	C\$840.00	C\$0.00	C\$840.00
6.3	Medidor							
	Instalación de medidor y accesorios	c/u	70.00	C\$1,300.00	C\$180.00	C\$91,000.00	C\$12,600.00	C\$103,600.00
	Válvula de pase 1/2" de Br.	c/u	70.00	C\$250.00	C\$0.00	C\$17,500.00	C\$0.00	C\$17,500.00
	Caja de medidor con tapa	c/u	70.00	C\$850.00	C\$0.00	C\$59,500.00	C\$0.00	C\$59,500.00
	Abrazaderas de 1 1/2 "x1/2" de PVC	c/u	70.00	C\$11.00	C\$0.00	C\$770.00	C\$0.00	C\$770.00
	Pegamento PVC	Gln	1.00	C\$1,600.00	C\$0.00	C\$1,600.00	C\$0.00	C\$1,600.00
	Relleno y compactación de zanja	m³	148.50	C\$0.00	C\$25.00	C\$0.00	C\$3,712.50	C\$3,712.50
	Transporte (8% de materiales)	%	1.00	C\$0.00	C\$16,012.80	C\$16,012.80	C\$16,012.80	C\$32,025.60
7	LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA							C\$48,910
7.1	Limpieza final							
	Limpieza manual final	m²	5930.00	C\$0.00	C\$7.00	C\$0.00	C\$41,510.00	C\$41,510.00
7.2	Placa conmemorativa							
	Pedestal de concreto de 3000 psi ref. para placa conmemorativa	c/u	1.00	C\$4,800.00	C\$300.00	C\$4,800.00	C\$300.00	C\$5,100.00
	Placa conmemorativa de aluminio de 0.65m x 0.42m	c/u	1.00	C\$2,300.00	C\$0.00	C\$2,300.00	C\$0.00	C\$2,300.00
	PRECIO TOTAL							C\$1,576,604
	Total de costos directos en C\$							C\$1,576,604
	Costos indirectos de operación (15% del total de costos directos en C\$)							C\$236,491

	IVA (15% del total de costos directos en C\$)							C\$236,491
	Impuestos municipales (1% del subtotal de costos directos en C\$)							C\$15,766
	Imprevistos (10% del total de costos directos en C\$)							C\$157,660
	Administración y utilidades (15% del total de costos directos en C\$)							C\$236,491
	Costo total de la obra en C\$							C\$2,459,502
	Costo total de la obra en \$							\$70,071

Los precios de los materiales se consultaron a ferreterías distribuidoras de productos AMANCO y DURMAN de la localidad como lo son ferretería EPCA, Halcón y SINSA. Y todo lo que corresponde al sistema eléctrico a Cubas Eléctrica.

Los precios de mano de obra se consultaron a contratistas y constructores de la localidad. A partir de las consultas antes mencionadas y los cálculos pertinentes se obtuvo el precio final estimado en córdobas de C\$2,459,502 con un equivalente de dólares de \$ 70,071.

4.7 Evaluación de impacto ambiental.

4.7.1 Análisis ambiental

El tema de la sostenibilidad y preservación de la unidad hidrológica de la fuente seleccionada para el sistema de agua potable de las comunidades El Carrizo y El Coyolito, parte de los resultados y condiciones ambientales existentes en la zona, así como el comportamiento histórico del clima y la variación de éste en la región.

En tal sentido se encuentran antes del proyecto condiciones de fuerte intervención en áreas naturales por actividades económicas como la ganadería y la agricultura extensiva, con inadecuadas prácticas agrícolas, teniendo como principal incidencia el despale y quemas dispersas.

De lo anterior se define que las actividades para lograr la sostenibilidad y preservación de la fuente de abastecimiento de agua frente al cambio climático, requiere acciones y actividades a largo plazo, que sobrepasan el periodo de diseño. Estas acciones están referidas a medidas ambientales planificadas y desarrolladas para la prevención, minimización y corrección de los posibles impactos ambientales negativos durante la construcción, operación y funcionamiento del sistema de agua potable de dichas comunidades.

4.7.1.1 Valoración ambiental sin proyecto

A continuación, se presenta la valoración de impactos del proyecto, la cual contiene la siguiente nomenclatura:

I: Intensidad

S: Superficie

R: Recuperación

D: Duración

A: Población afectada

P: Promedio

Con un rango de valoración de 1 a 5, el evaluador determinará el grado de valoración para cada uno de los criterios.

Tabla 22. Valoración de impacto ambiental sin proyecto

Causa	Efecto	Criterios					P
		I	S	R	D	A	
Quema	Afectación a la calidad del ambiente, la quema de basura genera humo que daña la calidad del aire al momento de hacer la quema	2	2	3	3	2	2.4
Vertido de desechos	Las esorrentías vertidas a la calle de los desechos domésticos dañan tanto la calidad del aire que se respira en las comunidades como la estética de la misma	3	2	3	3	2	2.6
Deforestación	Procesos de erosión, sedimentación, pérdida de especies de alto valor, daño al hábitat de la fauna	2	3	3	3	2	2.6
	Disminución de la capacidad de almacenamiento del arroyo	2	3	3	3	3	2.8

Causa	Efecto	I	S	R	D	A	P
Condiciones higiénico sanitarias y epidemiológicas	Las afecciones sanitarias que se producen son principalmente respiratorias, cardiovasculares, efectos sobre el rendimiento del trabajo y psicológicamente	1	2	2	1	1	1.4
Deficiente acceso a educación y otros servicios básicos	Las alteraciones sobre la salud dependen en gran medida de los niveles de inmigración que se produzcan (medios o episódicos) y de las características de la población, especialmente la estructura de edades	2	2	2	2	2	2
Vertidos directos de aguas contaminadas a fuentes superficiales. No tratamiento de aguas servidas	Contaminación de las aguas superficiales con repercusión en la salud y el ecosistema	1	2	2	1	1	1.4
Sobreexplotación de recursos hídricos	Disminución de las reservas	2	2	2	2	2	2
Valor promedio del estado actual del medio							2.2

Fuente: Elaboración propia

Los efectos de la deforestación, condiciones higiénicas, sanitarias y epidemiológicas, así como la sobreexplotación de los recursos hídricos representan una situación riesgosa para la ejecución del proyecto, que afectan puntualmente el criterio de población, por lo que se proponen las medidas de mitigación adecuada.

4.7.1.2 Valoración de impactos del proyecto

A continuación, se presenta la valoración de impactos del proyecto, la cual contiene la siguiente nomenclatura:

I: Intensidad

S: Superficie

R: Recuperación

D: Duración

A: Población afectada

P: Promedio

Con un rango de valoración de 1 a 5, el evaluador determinará el grado de valoración para cada uno de los criterios.

Tabla 23. Valoración de impactos del proyecto

Acción impactante	Efecto	Criterios					P
		I	S	R	D	A	
Zanjeo para: tubería y otros dispositivos del sistema	Destrucción de suelo vegetal	3	3	2	2	2	2.4
	Compactación del suelo	2	2	2	2	2	2
	Riesgo de inestabilidad en laderas	3	3	3	2	2	2.6
	Riesgo de erosión	3	3	3	3	2	2.8
Modificación de la Topografía, geomorfología y vegetación existentes en zonas de alto potencial paisajístico	Pérdida de la calidad paisajística	2	2	2	2	2	2

Acción impactante	Efecto	Criterios					P
		I	S	R	D	A	
Modo y forma de ocupación y el empleo de la población	Alteraciones sobre la estructura demográfica estimulando la inmigración. El fenómeno de inmigración, tiende a incrementar los porcentajes de población joven-adulta	2	2	2	2	2	2
Sobre explotación de los recursos hídricos	Disminución de las reservas	3	3	3	3	3	3
Valor promedio del estado actual del medio							2.4

Fuente: Elaboración propia

El efecto de la sobreexplotación de los recursos hídricos representa una situación riesgosa para la ejecución del proyecto, que afecta puntualmente el criterio de población, por lo que se proponen las medidas de mitigación adecuadas.

4.7.1.3 Plan de medidas ambientales

Cómo es común, la mayor cantidad de impactos negativos se generan en la etapa de construcción del proyecto, por ello, se retoman las actividades impactantes y se especifican de manera que sea mitigado, revertido y/o controlado.

En el plan de mitigación para las actividades impactantes de la etapa de construcción del proyecto, es importante mencionar que:

- El proyecto será ejecutado por una empresa contratista, la cual estará obligada a cumplir dentro de las especificaciones técnicas planteadas en el proyecto con todas las medidas ambientales del plan de mitigación.

- La empresa contratista debe cumplir y contemplar dentro de sus costos para la ejecución de las obras, todo lo detallado en las medidas ambientales para la ejecución del proyecto, por ejemplo, “que utilice equipos en buen estado y de alta eficiencia”; “Transportar el material de excavación cubierto”, entre otras especificaciones de las actividades.
- Los desechos sólidos generados en la etapa de construcción serán mínimos, considerados como desechos sólidos comunes (papeles, empaques plásticos, etc.), los que serán generados por los mismos trabajadores. Estos desechos sólidos serán recolectados en barriles metálicos o plásticos para luego ser trasladados a un sitio específico definido de previa y en coordinación con la autoridad municipal correspondiente.
- Los desechos de la construcción serán muy pocos e inertes, como por ejemplo bolsas de cemento, pedazos de tubos pvc, etc., estos serán almacenados de forma diferenciada a los residuos orgánicos y trasladados una vez por semana al sitio predefinido, con la autoridad municipal correspondiente.
- En coordinación con la alcaldía municipal, se identificará y autorizará un sitio específico para depositar el material sobrante (tierra, grava, escombros, etc.) de las distintas obras del proyecto.
- En coordinación entre autoridades de la alcaldía, contratista y policía nacional se definirá un plan de regulación vial en dependencia del avance de las obras.
- Los materiales de excavaciones de zanjas sobre calles no deberán sobrepasar el centro de la calle dejando 0.50 m de seguridad, y mantener habilidad siempre la otra mitad de la calle para el tránsito vehicular y peatonal.

Tabla 24. Plan de mitigación

Acción	Efecto	Medida	Etapas	Costo	Responsable
Zanjeo para tuberías y otros dispositivos del sistema	Riesgo de erosión	Construir los dispositivos de concreto necesarios en las zonas de riesgo para evitar socavaciones y erosión	Construcción	Indirecto de obra	Contratista
	Accidentes sobre caídas a zanjás o pozos abiertos	El material de excavación de zanjás y pozos deberá ubicarse no más allá de la mitad de la calle, dejando un margen de al menos 50 cm de seguridad más la otra mitad libre para el acceso vehicular	Construcción	Indirecto de obra	Contratista
		La limpieza general debe realizarse diariamente al finalizar la jornada de trabajo			

Acción	Efecto	Medida	Etapas	Costo	Responsable
Zanjeo para tuberías y otros dispositivos del sistema	Contaminación del suelo, afectación al paisaje	Recuperar y restaurar el espacio afectado, una vez finalizada la actividad, retirando todos los materiales y residuos generados, disponiéndolos en el lugar designado por la alcaldía en el vertedero municipal	Construcción	Indirecto de obra	Contratista
	Accidentes con peatones	Señalización preventiva temporal	Construcción	Indirecto de obra	Contratista
	Daño a la estructuras del componente de la fuente de captación	Construir cerca perimetral sobre el área de la fuente de captación	Construcción	Indirecto de obra	Contratista

Acción	Efecto	Medida	Etapas	Costo	Responsable
Deforestación	Procesos de erosión, sedimentación, pérdida de especies, daño al hábitat de la fauna. Disminución de la capacidad cuenca	Programa de reforestación y manejo de bosque. Programa de concientización y educación ambiental para evitar el avance de la frontera agrícola	Construcción y operación	C\$ 150	Comunidad
Sobre explotación de los recursos hídricos	Disminución de las reservas	Reforestar las áreas aledañas a la fuente, para generar mayor área de infiltración.	Construcción	Indirecto de obra	Contratista

Fuente: Elaboración propia

4.7.1.4 Plan de contingencia

Tomando en cuenta el análisis de riesgo físico natural en las etapas de construcción, operación y funcionamiento del proyecto, se determina que el área de influencia directa del proyecto, su nivel de riesgo es bajo, dada por la amenaza de eventos naturales extremos, siendo el mayor factor de riesgo a tomar en consideración los huracanes (aunque con niveles de intensidad bajo).

La amenaza antropogénica es un elemento el cual habrá que tomar en consideración, ya que los niveles de incidencia con actividades económicas generan despale, cambio de uso del suelo, sobre explotación del suelo y malas prácticas de cultivo presionan los sitios principalmente el punto de captación, pueden dar inicio a procesos erosivos que den paso a inestabilidad de terreno y provocar posibles deslaves.

El factor ambiental con mayor afectación en la etapa de construcción es el suelo, producto de las acciones de zanjeo y movimiento de tierra, existiendo la amenaza de accidentes, ya sea laborales como de tránsito, debido a las afectaciones en las calles rurales y la movilización de vehículos en el traslado de materiales de construcción.

Conociendo la naturaleza del proyecto en la etapa de construcción se pueden presentar como posibles riesgos los siguientes:

- En período de inviernos posible anegación, y colapso de tierra, en áreas con zanjas abiertas.
- Accidentes laborales (por zanjas o pozos abiertos, maquinarias y equipos, etc.).
- Aterramiento de personas en zanjas o pozos abierto, producto de colapso de éstos por anegación de aguas pluviales.
- Accidentes de tránsito, producto de movilización de vehículos en traslado de materiales.

Tabla 25. Plan de contingencia

Componente	Impacto	Causa	Recomendación
Fuente	Contaminación del pozo con metales pesados o cambio de apariencia o sabor. Reducción de la cantidad de agua	El incremento de lluvias, generalmente las de gran magnitud producidas por huracanes o fenómenos como El Niño, aumenta el agua que se infiltra.	Tener en cuenta los cambios ocurridos en eventos anteriores.
		No establecer mecanismos de identificación temprana de posibles llenas repentinas del arroyo El Carrizo o aumento de nivel de aguas anegadas producto de eventuales torrenciales.	Vigilar periódicamente la calidad del agua.
		Estos contaminantes, tales como metales pesados, pueden tener efectos tóxicos.	Orientar al personal sobre los procedimientos a seguir en caso de una eventual crecida del nivel del arroyo.
Captación	Contaminación del agua dentro del pozo y de todo el componente; posible propagación de enfermedades.	Las inundaciones, producto de lluvias intensas, desbordes, huracanes y otros.	La captación debe contar con tapas sanitarias herméticas para evitar el ingreso de agua de escorrentía u otros contaminantes.

Componente	Impacto	Causa	Recomendación
Captación	Daño en la estructura por el desmoronamiento de las paredes	El terreno alrededor del pozo se humedece, se satura de agua y pierde resistencia	<p>Elevar la boca del pozo por lo menos 30 centímetros sobre el nivel máximo de inundación (NMI). Este nivel debe determinarse a partir de datos históricos de la zona afectada (es recomendable adoptar el máximo nivel alcanzado por el agua, en un período de 50 años).</p>
			<p>Proteger la entrada del pozo mediante una losa de concreto y, como mínimo, incorporar una tapa sanitaria, desde la cual se realice la extracción del agua.</p>
			<p>Para evitar la erosión alrededor de la unidad, instalar una losa alrededor del pozo, la misma que facilite el drenaje de la zona circundante.</p>
Línea de conducción y red de distribución	Rotura de tubería, fugas en las uniones o accesorios existentes.	Los sismos u otras actividades o el propio bombeo pueden causar vibraciones en la estructura y los accesorios.	Reemplazar el empotramiento de manera que no exista contacto directo entre el muro y la tubería.

Componente	Impacto	Causa	Recomendación
Línea de conducción y red de distribución	Fisuras en muros de las casetas de válvulas, estaciones de bombeo, etc., donde se tienen estos accesorios empotrados. Cuando esto sucede en las juntas impermeables (como a la salida de un reservorio), filtraciones al interior de la caja de válvulas que pueden llegar a inundarlas	Asentamiento del terreno alrededor de la estructura, lo cual sucede por el humedecimiento y socavación debajo de los cimientos de la misma, por ejemplo, luego de una inundación	Cuando se requiera que la tubería atraviese el muro de manera impermeable, como a la salida de reservorios, cámara húmeda en las cajas de captación y otras estructuras complementarias.
	Restricción o interrupción del servicio debido a roturas y fugas		Tomar conciencia de los riesgos y seguir recomendaciones de Higiene y seguridad laboral
	Accidentes laborales (por zanjas o pozos abiertos, provocados por las maquinarias y equipos)		Tener al personal debidamente capacitado para prevenir y/o enfrentar accidentes laborales
			Instalación de señales de precaución y peligro
	Personal permanente de vigilancia, para prevenir que personas no autorizadas circulen por las zonas de riesgo.		

Componente	Impacto	Causa	Recomendación
Estación de bombeo	Posible daño y colapso en los paneles de control y sistemas eléctricos.	El incremento de lluvias, por fenómenos mayores como tormentas, fenómeno de El Niño, entre otros, es responsable de las inundaciones que pueden afectar las estaciones y equipos de bombeo.	Construir una plataforma para instalar los equipos de bombeo, paneles y otros, la cual debe encontrarse por lo menos 30 cm por encima del nivel máximo de inundación.
	Suspensión del servicio de equipos de bombeo, paneles de control y otros elementos del sistema por largos períodos, cuando no se cuentan con las capacidades para repararlos a nivel local.	La ubicación del equipo de bombeo, tableros de control y sistemas eléctricos, al descubierto y por debajo del nivel de inundación, hace que éstos sean afectados por el agua y el lodo.	Verificar que el ingreso de la caseta esté sobre el nivel máximo de inundación.
	Asentamiento de la unidad, daños en las válvulas y accesorios de ingreso. Fracturas y fisuras en las paredes de la unidad, que pueden causar filtraciones, humedecimiento del terreno y saturación del mismo.	El escurrimiento de agua alrededor de la estructura, agravado por la deforestación (falta de cobertura vegetal) de laderas, intensifica la erosión y reduce la capacidad del terreno.	Elevar la boca del pozo al nivel de la posición del equipo de bombeo, para evitar el ingreso de agua y lodo.

Componente	Impacto	Causa	Recomendación
Estación de bombeo		La incorrecta descarga de la tubería de rebose y/o limpieza, cerca de la unidad en cuestión	Instalar los controles eléctricos en un tablero elevado sobre el nivel máximo de inundación.
			Instalar cercos perimétricos a las unidades.
			Construir zanjas de recolección de agua de lluvia y escorrentía superficial.
			Evitar la descarga directa de la tubería de rebose y limpiar alrededor de la estructura.

Fuente: Elaboración propia

Las condiciones del sitio indican que el área del proyecto no es vulnerable, los sitios de emplazamiento de las obras propuestas no son peligrosos, que tienen muy bajo riesgo y buena calidad ambiental; pero, como medida preventiva es recomendable elaborar un plan ante riesgos.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Mediante la encuesta y el estudio socioeconómico que se realizó en las comunidades, se determinó que la población cuenta con un total 55 viviendas habitadas. Del cual se realizó un censo total y se determinó que no cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable en ninguna de las comunidades. Además, se identificó que el 85% de la población cuenta con un ingreso mensual menor o igual a los C\$ 4000 por familia, este ingreso se mantiene en el salario mínimo según lo emitido por el Ministerio del Trabajo de Nicaragua el cual establece que el salario mínimo en el sector agropecuario es de C\$ 4,414.91 al mes, por lo tanto, el nivel socioeconómico de la comunidad es bajo.

Se realizó el diagnóstico de la fuente de abastecimiento mediante un aforo de la fuente de El Carrizo (pozo) realizado por miembros de ENACAL y la Alcaldía Municipal de Estelí, se comprobó que este caudal de explotación es apto para abastecer la demanda de la población estudiada, por consiguiente, se propone el diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico y todo el sistema.

En la propuesta de diseño de sistema de abastecimiento de agua potable, se tomaron en cuenta todos los resultados obtenidos anteriormente para el cálculo de las tuberías y se proponen diámetros de 2, 1-½, 1 y ½ pulgadas. Los datos obtenidos fueron simulados en el software EPANET, obteniendo una simulación adecuada de acuerdo a los parámetros establecidos en las normas NTON 09 002-99 y NTON 09 003-99. Posteriormente se realizaron los planos constructivos para el sistema de la red de distribución de agua potable.

Se realizó el estimado del costo y presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable, incluyendo la elaboración del tanque y de la caja rompe presión, se obtuvo el costo total de la ejecución del proyecto de C\$ 2,459,502.

El estudio de Impacto Ambiental refleja que el proyecto tendría poca incidencia en el deterioro ambiental de la zona. Los impactos negativos se presentarán principalmente en las etapas de corte y relleno, por la alteración a la integridad de los suelos y la calidad del aire, aunque son susceptibles a ser controlados mediante la aplicación de medidas de mitigación y/o corrección. El principal impacto positivo será la mejora de la calidad de vida en la comunidad y por lo anterior mencionado se concluye que el proyecto de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) para las comunidades El Carrizo y El Coyolito del municipio de Estelí, es ambientalmente viable.

5.2 Recomendaciones

En la investigación se proponen las siguientes recomendaciones:

Dar un buen mantenimiento al sistema de abastecimiento de agua potable para garantizar la calidad del agua y el funcionamiento óptimo de este.

Orientar a las familias el uso adecuado del consumo y mantenimiento de agua potable para evitar enfermedades.

Capacitar a la comunidad para la formación del comité de agua potable (CAP) y en la operación y mantenimiento del sistema propuesto con el fin de que sea auto sostenible.

Promover la reforestación de la micro cuenca de la fuente de agua y su conservación para preservar el agua del sistema.

Se recomienda realizar el estudio de suelo pertinente donde estará ubicado el tanque de almacenamiento para lograr una correcta ejecución.

Bibliografía

Caballero González , C. D., Salgado Martínez, R. J., & Tercero Calderón, J. L. (Octubre de 2019). Diseño de red de abastecimiento de agua potable en la comunidad La Rinconada, municipio de La Concordia, departamento de Jinotega. Estelí, Nicaragua.

Canter, L. W. (1998). *Manual de evaluación de impacto ambiental* . Madrid : Mc Graw Hill.

CAPRE. (1994). *Comite coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento de centroamerica, panama y republica dominica*. Obtenido de http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/pdf/CAPRE_Normas_Regional.pdf

Cruz, M. (2008). *Estacion Total Aplicada*. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/83/Estacion%20total%20aplicada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cualla, R. A. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* . Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.

EcuRed. (Junio de 2019). *EcuRed catalogo de accesorios* . Obtenido de https://www.ecured.cu/EcuRed:Enciclopedia_cubana

FISE. (2017). *Sistema de Gestion Ambiental (SISGA)*.

Gestion en Recursos Naturales. (2018). *GRN*. Obtenido de <https://www.grn.cl/estudio-de-impacto-ambiental.html>

Hernández, M. (08 de Octubre de 2020). Descripción de contaminantes del agua. (K. Briones , & A. Gómez , Entrevistadores)

NTON 09 002-99. (s.f.). *Diseño de abastecimiento de agua en el medio rural*. Obtenido de <http://www.inaa.gob.ni/node/214>

NTON 09 002-99. (s.f.). *Diseño de abastecimiento de agua en el medio rural (NTON 09 002-99)*. Obtenido de <http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/seccion-1>

NTON 09 003-99. (s.f.). *Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99)*. Obtenido de <http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/seccion-1/7.Abastec.yPot.Agua.pdf/view>

Oliveras, J. (01 de Julio de 2014). *HidroJING*. Obtenido de <https://www.hidrojing.com/calcular-la-altura-manometrica-de-una-impulsion/>

Peralta, J., & Videa Martínez, J. (2019). *Informe sobre prueba de bombeo pozo El Carrizo*. ENACAL Y ALCALDIA ESTELI, Estelí.

PIENSA. (s.f.). *Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales*. Obtenido de <https://piensa.uni.edu.ni/laboratorios/fisicoquimico>

RotorPump. (s.f.). Obtenido de <http://www.rotorpump.com/pdf/tabla-perdidas-por-friccion.pdf>

SIASAR. (2017). *SIASAR WEB*. Obtenido de <http://data.globalsiasar.org/systems/list>

Sinnaps. (2019). *Sinnaps presupuesto*. Obtenido de <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/como-hacer-presupuesto-de-un-proyecto>

Anexos

I. Macro localización



Fuente: Caracterización turística Estelí

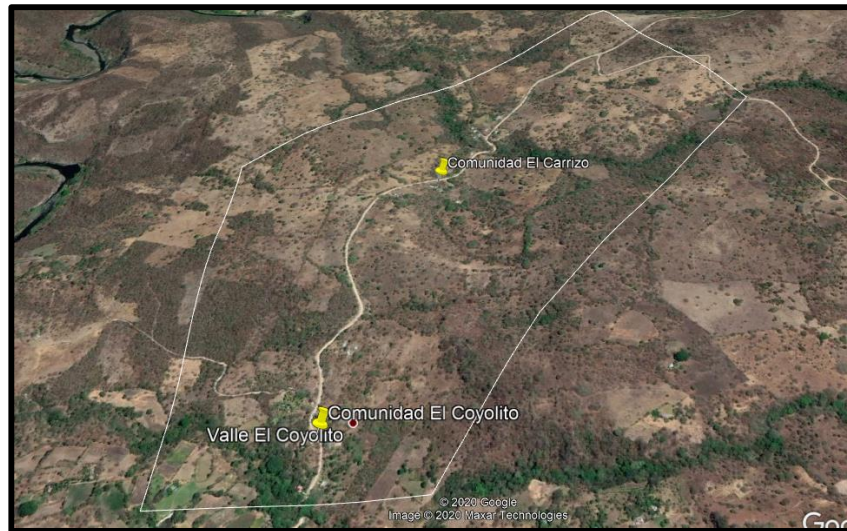
Macro localización de la zona de estudio, mapa de Nicaragua, departamento de Estelí.

II. Micro localización

Comunidades El Carrizo y El Coyolito



Fuente: Elaboración propia en google earth pro



Fuente: Elaboración propia en google earth pro

Micro localización de la zona de estudio, las comunidades El Carrizo y El Coyolito están ubicadas a 17 kilómetros del departamento de Estelí.

III. Encuesta realizada para las comunidades el Carrizo y El Coyolito

ENCUESTA				
A	Datos personales			
	1. Nombres y apellidos:			
	2. Edad			
	3. Sexo			
	4. Número de encuesta			
B	Nivel de Escolaridad			
	Preescolar	Primaria	Secundaria	
	Est. Técnico	E. Superior	Ilustrados	
C	Características de la vivienda			
	1. Nombre del jefe de familia:			
	2. Número de personas que habitan en la vivienda:			
	Niños	Adultos	Ancianos	
	3. Tenencia de la vivienda			
	Propia	Prestada	Alquilada	
	4. Materiales de las paredes			
	Bloque	Ladrillo	Madera	Adobe
	Otra			
	5. Materiales del techo			
	Zinc	Teja	Otro (especifique)	
6. Materiales del piso				
Ladrillo	Tierra	Otro (especifique)		
D	Economía			
	1. Número de personas que trabajan			
	M	F		
	2. Ingresos económicos mensual			
	Menos de C\$ 2000		C\$ 2000 - C\$ 4000	
	C\$ 4000 a más			
	3. Ocupación de personas en el hogar			
Agricultura	Ganadería	Jornalero		
Comercio	Otro			
4. Acceso de energía eléctrica				
Si	No			
E	Consumo de agua			
	1. Servicios higiénicos			
	Letrina	Inodoro	Otro (especifique)	
	2. Depósito de aguas servidas			
Riego	Fosa	Dejan Correr		
Otro				

	3. Servicio de agua			
	Si	No		
	4. Tipo de sistema			
	MAG	MABE	PPBM	
	PEMBM			
	5. Como se abastece			
	Río	Quebrada	Ojo de agua	
	Lluvia			
	6. Pagan			
	Si	No		
	7. Quien acarrea el agua			
	Hombres	Mujeres	Niños	
	8. Tiempo invertido acarreado agua			
	30 minutos	1 hora	2 horas	
	más de 2 horas			
	9. En que almacenan el agua			
	Barriles	Bidones	Pilas	
	10. Calidad del agua consumida			
	Buena	Mala		
	11. Aspecto del agua			
	Mal sabor	Mal olor	Tiene color	
F	Enfermedades			
	1. Enfermedades más comunes (mencione)			
	•	•	•	
	2. Quienes las han padecido			
	Adultos	Niños		
	Ancianos			
G	Condiciones demográficas			
	1. Escuela cercana			
	Si	No		
	2. Acceso a la vivienda			
	Carretera	Trocha	Camino	
	Otros (especifique)			
H	Aceptación			
	1. Cree apropiado la implementación de un sistema de agua potable MABE			
	Si	No		

IV. Resultados de las pruebas de calidad del agua de la fuente pozo El Carrizo



Universidad Nacional de Ingeniería
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
 Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FQAN-2106-0105
 FTP-7.A.2.1

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELEFONO
Álvaro Lissandro Gómez R.		Estelí		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Álvaro Lissandro Gómez		Tesista	ag6370904@gmail.com	8360-8123
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO	
Fecha y Hora de recolección	09/06/2021; 11:23 a.m.		Ingreso de muestra	10/06/2021
Fuente	Pozo Perforado		Inicio de análisis	10/06/2021
Tipo de muestra	Agua Subterránea		Finalización de análisis	22/06/2021
Ubicación de la fuente	Comunidad El Carrizo		Emisión del certificado	23/06/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4678
Recolectada por	Álvaro Lissandro Gómez		Código de muestra	LA-2106-0824
Supervisor en campo	Álvaro Lissandro Gómez		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA// HACH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE*
Visual	Aspecto	NE	Clara	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	6.99	6.5 - 8.5**
2550-B	Temperatura	°C	26.60	18 a 30
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	464.00	400**
2130-B	Turbiedad	UNT	0.083	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.00	15
4500-B	Nitratos	mg/L	6.97	50
4500-B	Nitritos	mg/L	0.010	0.1
4500-D	Cloruros	mg/L	17.30	250
3500-B	Hierro Total	mg/L	<0.006	0.3
4500-E	Sulfatos	mg/L	11.99	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO ₃	92.48	400**
3500-B	Calcio	mg/L	27.82	100**
3500-B	Magnesio	mg/L	5.61	50
8149	Manganeso	mg/L	<0.006	0.5
3500-X	Sodio	mg/L	52.33	200
2540-C	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	290.00	1,000
3500-C	Potasio	mg/L	8.02	10
8131	Amonio	mg/L	0.01	1
8131	Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	<0.01	0.05
4500-F	Flúor	mg/L	0.103	0.7

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 Abreviaturas y símbolos: < menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta
 Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, HACH: Metodología HACH
 EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE **Valor Recomendado

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio no se responsabiliza por la confiabilidad e imparcialidad del informe.

001228

Dirección: (505) 22781462 • Área Académica 2270-5613 y 8886-6702 (M); Atención al Cliente: 2270-1517 y 8152-7314 (M)
 Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, infopiensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MB-2106-0102
FTP-7.8.2.1

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Álvaro Lissandro Gómez		Estelí		NR	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL	
Álvaro Lissandro Gómez		Tesisista		ag6370904@gmail.com	
CELULAR		8360-6123			
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO		
Fecha y Hora de recolección	09/06/21 ; 11:23 am		Fecha de	Ingreso de muestra	10/06/2021
Fuente	Pozo Perforado			Inicio de análisis	10/06/2021
Tipo de muestra	Agua Subterránea			Finalización de análisis	12/06/2021
Ubicación de la fuente	Comunidad El Carrizo			Emisión del certificado	21/06/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4678	
Recolectada por	Álvaro Lissandro Gómez		Código de muestra	LA-2106-0824	
Supervisor en campo	Álvaro Lissandro Gómez		Muestra No.	Uno (01)	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS		Norma CAPRE*
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	Negativo		Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	Negativo		Negativo

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: s menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR= No Reporta.
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lina Gómez
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confiabilidad e imparcialidad del informe.

001229



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MP-2108-0129
 FIP-7.2.2.1

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Álvaro Lissandro Gómez R		Estelí		NR	
ATENCIÓN			CARGO	EMAIL	
Álvaro Lissandro Gómez R			Tesista	ag6370904@gmail.com	
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO		
Fecha y Hora de recolección	9/06/2021; 11:23 am		Fecha de	Ingreso de muestra	10/06/2021
Fuente	Pozo Perforado			Inicio de análisis	17/08/2021
Tipo de muestra	Agua Subterránea			Finalización de análisis	17/08/2021
Ubicación de la fuente	Comunidad El Carrizo			Emisión del certificado	21/06/2021
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	4678	
Recolectada por	Álvaro Lissandro Gómez		Código de muestra	LA-2108-0824	
Supervisor en campo	Álvaro Lissandro Gómez		Muestra No.	Uno (01)	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS		Norma CAPRE*
G.H	Arsénico	mg/L	0.005		0.01

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 Abreviaturas y símbolos: s menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR= No Reporta
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
 EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE
 G.H: Generador de Hidruros, Utilizando ARSENIATOR

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales

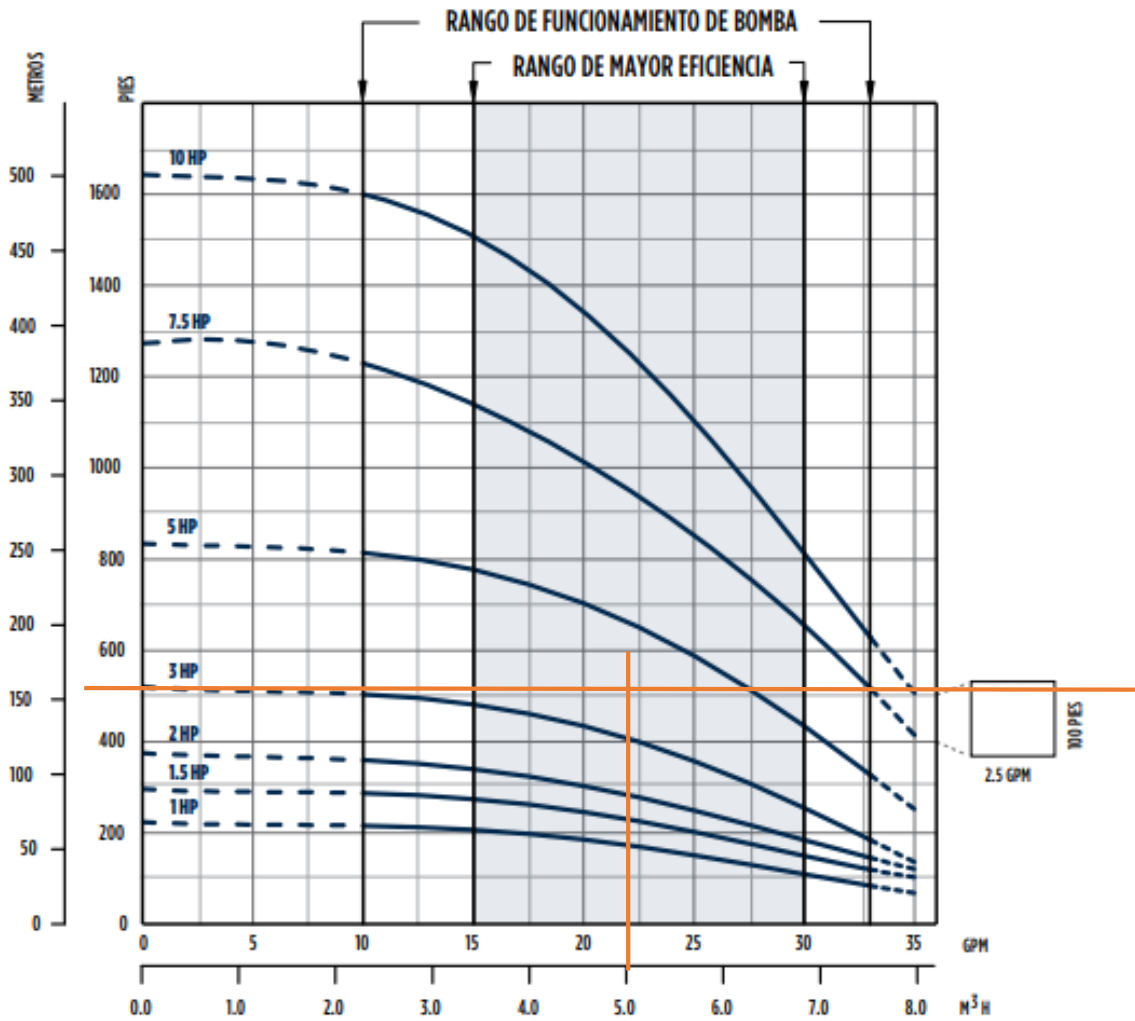
Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confiabilidad e imparcialidad del informe.

0 0 1 2 3 0

V. Curva característica de la bomba sumergible

Serie TriSeal - 25 GPM

RENDIMIENTO HIDRÁULICO



VI. Fotos tomadas en la elaboración de la investigación



Foto 1 Pozo El Carrizo

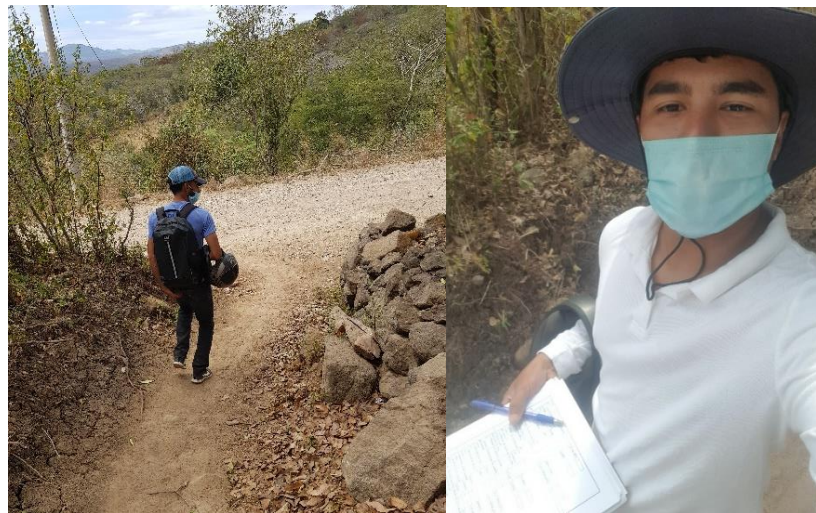


Foto 2 Elaboración de encuestas

VII. Planos del diseño de abastecimiento de agua potable.