

Facultad de Tecnología de la Construcción

**“DISEÑO DE MINI ACUEDUCTO POR
BOMBEO ELECTRICO (MABE) EN LA
COMUNIDAD EL CARBONAL ARRIBA –
TELPANECA, DEPARTAMENTO DE
MADRIZ”**

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. Humberto Antonio
Muñoz Pérez
Carnet: 2018-0085N

Br. Byron Antonio
Larios Matute
Carnet: 2018-0175N

Br. Luis Fernando
Almendarez Zelaya
Carnet: 2017-0072N

Ing. Juan Leonardo
Chow Zuniga

Managua, Nicaragua
Diciembre - 2023

DIDICATORIA

A Dios: Por darme sabiduría, salud y ayudarme a lo largo de mi vida, gracias a él pude terminar mis estudios, que la gloria sea de él y la dicha mía.

A mi madre: Maribel Pérez González, por todo su esfuerzo en concederme la oportunidad de estudiar, su constante apoyo a lo largo de mi carrera y cada día motivarme a seguir luchando.

A mi abuela: María Ofelia González, por darme ese apoyo incondicional día tras día.

A mi tía Ileana, Sara y Félix Pedro: por ayudarme a superarme en cada momento.

A mis hermanos, amigos y resto de familia: por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para poder concluir mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, damos infinitamente gracias a Dios, por habernos dado fuerza y valor para culminar esta etapa en nuestras vidas.

Agradecemos también por la confianza y el apoyo brindado por parte de nuestros padres, que sin duda alguna en el trayecto de nuestras vidas nos han demostrado su amor, corrigiendo nuestras faltas y celebrando nuestros triunfos.

A todos nuestros maestros de la universidad por habernos brindado sus conocimientos, los cuales pusimos en práctica para poder haber elaborado este documento.

Al Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga por sus conocimientos y apoyo a lo largo de este proceso de la elaboración de este documento y a la Ing. Reyna del Carmen Olivas por su gran apoyo que nos brindó.

Br. Muñoz Pérez Humberto Antonio

DIDICATORIA

A Dios: por darme sabiduría, salud y ayudarme a lo largo de mi vida, gracias a él pude terminar mis estudios, que la gloria sea para él y la dicha mía.

A mis padres: Byron Larios Matute y Mildred Margarita Matute Olivera, por todo su esfuerzo para brindarme la oportunidad de estudiar, su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y cada día motivarme a seguir luchando hasta conseguir mis metas.

A mi abuelos, tíos, hermanos y restos de familia: por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para poder concluir mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, damos infinitamente gracias a Dios, por habernos dado fuerza, voluntad y valor para culminar una etapa en nuestras vidas.

Agradecemos también por la confianza y el apoyo brindado por parte de nuestros padres, que sin duda alguna en el trayecto de nuestras vidas nos han demostrado su amor, corrigiendo nuestras faltas y celebrando nuestras victorias.

A todos nuestros maestros de la universidad por habernos brindado sus conocimientos, los cuales pusimos en práctica para poder haber elaborado este documento.

Al Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga por sus conocimientos y apoyo a lo largo de este proceso de la elaboración de este documento y a la Ing. Reyna del Carmen Olivas por el apoyo brindado.

Br. Larios Matute Byron Antonio

DIDICATORIA

Primeramente, a Dios nuestro señor, sin él nada sería posible, gracias a su ayuda puedo cumplir una meta más en mi vida.

A mis padres: Sr. Alexander Llusep Almendarez Reyes y a mi señora madre Martha Nubia Pérez Zelaya, por su total apoyo en todo momento de mi carrera, sus consejos, su sabiduría y sus oraciones.

A mi hermano, Alex David Almendarez Zelaya y a mi hermana Katy Alejandra Almendarez Zelaya, por su total apoyo en estos años.

AGRADECIMIENTOS

Infinitamente gracias a mi señor Dios, totalmente agradecido por ayudarme en cada momento de dificultad en mis estudios universitarios, por darme fuerza y sabiduría en todo momento.

Agradezco a mis padres y hermanos por la confianza y el apoyo incondicional hacia mi persona, por cada uno de sus consejos en estos buenos años de universidad.

A nuestros maestros por habernos brindado todos sus conocimientos, los cuales pusimos en práctica para poder haber elaborado este documento.

Al Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga por sus conocimientos y apoyo a lo largo de este proceso de la elaboración de este documento y a la Ing. Reyna del Carmen Olivas por el apoyo brindado.

Br. Almendarez Zelaya Luis Fernando

Resumen ejecutivo

Este trabajo describe el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad El Carbonal Arriba, Telpaneca, Departamento de Madriz, que consiste en un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE).

Para el diseño se realizó un estudio socio-económico el cual describe las características demográficas de la población, el nivel de ingreso y la demanda de servicios, también se realizó un estudio topográfico el cual describió el relieve montañoso. Así mismo se realizó un análisis de la calidad de agua y aforo, encontrándose agua de buena calidad según la CAPRE, y un caudal suficiente para el abastecimiento de agua potable de la comunidad.

Esta propuesta se realizó con el propósito de suministrar agua potable a 53 familias de la comunidad, debido a que actualmente las familias se abastecen con agua cruda que acarrean del pozo y que no cuentan con una red de distribución de agua potable.

El diseño del mini acueducto incluye estación de bombeo con capacidad de 0.82 l/s con bomba sumergible Franklin Electric de con una potencia de 1.5 hp de 10 GPM modelo 4400-Tri-Seal. La línea de conducción está conformada por una columna de bombeo, una sarta y una línea de impulsión con un total de 669.78 m.

El sistema está dotado con un tanque de almacenamiento marca Rotoplas con capacidad de 10 m^3 el cual se presupuestaron 2 teniendo en cuenta el periodo de diseño de 20 años. El agua se desinfectará con un mecanismo de hipocloración de carga constante, con el propósito de mantener un cloro residual con valores entre 0.5 y 1 mg/l.

La red de distribución tendrá una longitud 5,316.91 m, a la cual se conectará a 87 viviendas los próximos 20 años, beneficiando a 311 habitantes.

El costo total para la ejecución del mini acueducto por bombeo eléctrico se estimó en C\$ 5,112,030.19

Este documento tiene cinco capítulos obtenidos a través de estudios realizados, a continuación, se detallan.

capítulo I. Generalidades: En este capítulo se obtuvo información de la comunidad El Carbonal Arriba – Telpaneca, Madriz, al igual se presentan antecedentes, justificación y objetivos para el proyecto.

Capítulo II. Marco teórico: Este capítulo detalla conceptos adecuados para proyectos de agua potable (MABE).

Capítulo III. Diseño metodológico: En este capítulo se presenta el desarrollo metodológico que se utilizó para desarrollar cálculos y métodos utilizados para obtener resultados precisos

Capítulo IV. Resultados: Este capítulo presenta todos los resultados y cálculos realizados en cada una de las etapas del diseño. Conclusiones y Recomendaciones.

Anexos: Presenta el formato de censo aplicado, levantamiento topográfico, estudio Físico-químico y bacteriológico, resultados de análisis hidráulico, presupuesto y planos constructivos del proyecto entre otros elementos importantes del proyecto.

Índice

I.	Generalidades	
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
II.	Marco Teórico	
2.1.	Estudio socioeconómico	5
2.2.	Aforo y calidad de agua	5
2.2.1.	Tipos de fuente	5
2.2.2.	Aforo	6
2.2.3.	Calidad del agua	7
2.3.	Topografía	7
2.4.	Componentes de un acueducto	8
2.4.1.	Estaciones de bombeo	8
2.4.2.	Línea de conducción	9
2.4.3.	Red de distribución	10
2.4.4.	Golpe de ariete	11
2.4.5.	Tanque de almacenamiento	12
2.4.6.	Desinfección	13
2.4.7.	Simulación	14
2.5.	Presupuesto de obra	15

III.	Diseño metodológico.....	
3.1.	Tipo de estudio.....	17
3.2.	Macro y micro localización	17
3.3.	Estudio socioeconómico.....	19
3.4.	Aforo y calidad de agua.....	19
3.4.1.	Aforo de la fuente	19
3.4.2.	Calidad del agua.....	19
3.5.	Estudio topográfico.....	20
3.5.1.	Etapas de campo	20
3.5.2.	Etapas de gabinete	20
3.6.	Diseño del MABE	20
3.6.1.	Población y demanda	21
3.6.2.	Dimensionamiento de la línea de conducción y pérdidas de cargas 24	
3.6.3.	Golpe de ariete	29
3.6.4.	Selección de la bomba	33
3.6.5.	Tanque de almacenamiento	33
3.6.6.	Desinfección	34
3.6.7.	Simulación hidráulica.....	35
3.7.	Presupuesto	36
VII.	Resultados.....	
7.1.	Estudio socioeconómico.....	37
7.1.1.	Demografía.....	37
7.1.2.	Economía	38
7.1.3.	Educación.....	41

7.1.4. Servicios	42
7.1.5. Sanitario	46
7.2. Aforo y calidad de agua.....	48
7.3. Estudio Topográfico.....	48
7.4. Diseño del acueducto	48
7.5. Simulación hidráulica del sistema	65
7.5.1. Línea de conducción	66
7.5.2. Red de distribución	69
7.6. Simulación cloro	100
7.7. Presupuesto	102
7.8. Conclusiones y recomendaciones	103
7.8.1. Conclusiones	103
7.8.2. Recomendaciones	103
VIII. Bibliografía.....	
IX. Anexos.....	I

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación de la comunidad El Carbonal Arriba	18
Ilustración 2: Población por edad	38
Ilustración 3: Ingresos económicos (H)	39
Ilustración 4: Ingreso económico (M).....	40
Ilustración 5: Ocupaciones	41
Ilustración 6: Escolaridad	42
Ilustración 7: Servicio de tv.....	42
Ilustración 8: Servicio de internet.....	43
Ilustración 9: Servicio de teléfono.....	44
Ilustración 10: Agua potable	44
Ilustración 11: Aguas negras	45
Ilustración 12: Aguas grises.....	46
Ilustración 13: Letrina	46
Ilustración 14: Basura.....	47
Ilustración 15: Curva de rendimiento	61
Ilustración 16: Tanque de almacenamiento	63
Ilustración 17: Mapa de presiones de la red	65
Ilustración 18: Perfil longitudinal de Cota	68
Ilustración 19: Perfil longitudinal de altura	68
Ilustración 20: Perfil longitudinal de presión	69
Ilustración 21: Perfil longitudinal de cota	71
Ilustración 22: Perfil longitudinal de altura	72
Ilustración 23: Perfil longitudinal de presión	72

Ilustración 24: Perfil longitudinal de cota	74
Ilustración 25: Perfil longitudinal de altura	75
Ilustración 26: Perfil longitudinal de presión	75
Ilustración 27: Perfil longitudinal de cota	80
Ilustración 28: Perfil longitudinal de altura	80
Ilustración 29: Perfil longitudinal de presión	81
Ilustración 30: Perfil longitudinal de cota	83
Ilustración 31: Perfil longitudinal de altura	83
Ilustración 32: Perfil longitudinal de presión	84
Ilustración 33: Perfil longitudinal de cota	85
Ilustración 34: Perfil longitudinal de altura	86
Ilustración 35: Perfil longitudinal de presión	86
Ilustración 36: Perfil longitudinal de cota	88
Ilustración 37: Perfil longitudinal de altura	88
Ilustración 38: Perfil Longitudinal de presión	89
Ilustración 39: Perfil longitudinal de cota	90
Ilustración 40: Perfil longitudinal de altura	90
Ilustración 41: Perfil longitudinal de presión	91
Ilustración 42: Perfil longitudinal de cota	92
Ilustración 43: Perfil longitudinal de altura	93
Ilustración 44: Perfil longitudinal de presión	93
Ilustración 45: Perfil longitudinal de cota	94
Ilustración 46: Perfil longitudinal de altura	95
Ilustración 47: Perfil longitudinal de presión	95

Ilustración 48: Simulación de cloro a las 06:00 Hrs	100
Ilustración 49: Simulación de cloro a las 12:00 Hrs	101
Ilustración 50: Simulación de cloro a las 24:00 Hrs	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población por edad.....	37
Tabla 2: Ingresos económicos (H).....	38
Tabla 3: Ingreso económico (M).....	39
Tabla 4: Ocupaciones.....	40
Tabla 5: Escolaridad.....	41
Tabla 6: Servicio de tv	42
Tabla 7: Servicio de internet.....	43
Tabla 8:: Servicio de teléfono	43
Tabla 9: Agua potable	44
Tabla 10: Aguas negras	45
Tabla 11: Aguas grises.....	45
Tabla 12: Letrina.....	46
Tabla 13: Basura	47
Tabla 14: Valores de coeficiente de rugosidad por accesorios	54
Tabla 15: Tubería y parámetros hidráulico L C.....	66
Tabla 16: Nodos y presiones, L C	67
Tabla 17: Tabla de la red.....	69
Tabla 18: Tramo 1 Parámetros hidráulicos.....	70
Tabla 19: Tramo 1 Nodos y presiones.....	71
Tabla 20: Tramo 2 Tubería y parámetros hidráulicos	73
Tabla 21: Tramo 2 Nodos y presiones.....	73
Tabla 22: Tramo 3 Tubería y parámetros hidráulicos	76
Tabla 23: Tramo 3 Nodos y presiones.....	77

Tabla 24: Tramo 4 Tubería y parámetros hidráulicos	81
Tabla 25: Tramo 4 Nodos y presiones.....	82
Tabla 26: Tramo 5 Tubería y parámetros hidráulicos	84
Tabla 27: Tramo 5 Nodos y presiones.....	85
Tabla 28: Tramo 6 Tubería y parámetros hidráulicos	87
Tabla 29: Tramo 6 Nodos y presiones.....	87
Tabla 30: Tramo 7 Tubería y parámetros hidráulicos	89
Tabla 31: Tramo 7 Nodos y presiones.....	90
Tabla 32: Tramo 8 Tubería y parámetros hidráulicos	91
Tabla 33: Tramo 8 Nodos y presiones.....	92
Tabla 34: Tramo 9 Tuberías y parámetros hidráulicos	94
Tabla 35: Tramo 9 Nodos y presiones.....	94
Tabla 36: Simulación con demanda 0	96
Tabla 37: Presupuesto de proyecto MABE.....	102

I. **Generalidades**

1.1. Introducción

El municipio de Telpaneca se encuentra a 218 kilómetros de distancia de Managua, la capital del país, y a 43 km de Somoto, cabecera departamental de Madriz. La comunidad El Carbonal Arriba, donde se propone diseñar un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), se encuentra ubicada a 10 km del casco urbano del municipio de Telpaneca.

El problema más importante en la comunidad, El Carbonal Arriba, es la escasez de agua apta para consumo humano; actualmente se abastecen con agua cruda de un pozo perforado con bombeo manual (PPBM), el cual está en mal estado, por lo que el agua no tiene ningún tipo de tratamiento, así mismo no se han hechos estudios de la calidad de agua.

Para resolver la escasez de agua para consumo humano, los líderes de la comunidad proponen rehabilitar el pozo para que este sirva como fuente para un mini acueducto por bombeo eléctrico que brinde servicio a la población a través de conexiones domiciliarias.

Por tanto, se propone realizar el diseño de un MABE, para lo cual se realizará un estudio socioeconómico para conocer las características de la población, un estudio topográfico para caracterización del relieve, así como un estudio de la calidad de agua para comprobar las características de la misma con relación a la norma CAPRE.

Basado en los estudios previos se procederá al diseño hidráulico de los componentes del MABE, lo que incluirán línea de conducción, red de distribución, tanque de almacenamiento y conexiones domiciliarias. Además, se incluirá una propuesta para la desinfección del agua.

1.2. Antecedentes

Si bien se ha conseguido progresar de manera sustancial a la hora de ampliar el acceso a agua potable y saneamiento, existen miles de millones de personas (principalmente en áreas rurales) que aún carecen de estos servicios básicos. En todo el mundo, una de cada tres personas no tiene acceso a agua potable salubre, dos de cada cinco personas no disponen de una instalación básica destinada a lavarse las manos con agua y jabón, y más de 673 millones de personas aún defecan al aire libre (ONU, 2022).

Por otra parte, según el sistema de información de agua y saneamiento rural (SIASAR), en las áreas rurales de Nicaragua hay una cobertura de agua potable del 45.19 %, de igual manera, en el departamento de Madriz la cobertura alcanza un 52.29 %, así mismo en el municipio de Telpaneca se logra una cobertura del 80.77 %. Con relación a los acueductos tipo MABE en Nicaragua se identifican 1475 sistemas, de hecho en el departamento de Madriz se localizan 66 sistemas (FISE, 2023).

Así mismo la población de la comunidad se abastecen de un pozo perforado inaugurado en el año 2016, dotado de bomba manual construido por la alcaldía municipal de Telpaneca. por tanto, las familias acarrear el agua cruda hasta sus hogares, lo que implica un trabajo excesivo para mujeres y niños y un riesgo a la salud por el consumo de agua sin previo tratamiento.

1.3. Justificación

En la comunidad El Carbonal Arriba la población se abastece con agua cruda proveniente de un pozo excavado con bombeo manual, lo que causa la presencia de enfermedades de origen hídrico; al respecto las estadísticas del puesto de salud Julio Martínez Obando que presta servicio a la comunidad, mencionan que las enfermedades diarreicas agudas (EDAS) corresponden a un 81% de las enfermedades reportadas en el centro. También se presentan 48% de enfermedades de la piel relacionadas con la mala calidad de agua.

Además, la extracción del agua del pozo el cual tiene una profundidad de 97.50 m, dotado con bomba manual presenta dificultad y trabajo extremo a niños, niñas y mujeres que son quienes abastecen de agua a los hogares de la comunidad.

Por tal razón se propone el diseño de un MABE, teniendo como fuente el pozo existente, el cual será rehabilitado para tal fin. El acueducto abastecerá a la comunidad mediante conexiones domiciliarias, esto reducirá el trabajo infantil y proveerá agua con la calidad que manda la norma CAPRE. Todos los componentes del acueducto se diseñarán tomando como base la norma NTON 09 007 - 19.

Concluido el diseño y realizada la ejecución del proyecto MABE por la alcaldía municipal de Telpaneca, se podrá contribuir a la reducción de enfermedades de origen hídrico, mitigando el riesgo a la salud pública; así mismo se mejorará la calidad de vida de la población y se estará dando cumplimiento al objetivo 6 de desarrollo sostenible, agua limpia y saneamiento.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar el diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) en la comunidad El Carbonal Arriba - Telpaneca, en el departamento de Madriz, mediante la aplicación de la norma nacional (NTON 09 007 - 19).

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar estudio de población y consumo mediante la realización de la encuesta.
- Determinar la capacidad de la fuente y calidad del agua para conocer sus características químicas y bacteriológicas por medio de análisis de laboratorio y aforo de la misma.
- Hacer el levantamiento topográfico para conocer las características del relieve a través de la elaboración de planos.
- Proponer un sistema y dimensionar sus componentes utilizando los NTON y el software EPANET.
- Elaborar el presupuesto del MABE, mediante la metodología FISE, para que la alcaldía lo incluya en su plan de inversión municipal.

II. Marco Teórico

2.1. Estudio socioeconómico

Desde la perspectiva de investigación social del estudio socioeconómico puede ser definido como el método de indagación valorativa y clasificatoria cuanticualitativa de variables ponderadas que tienen por objeto descubrir en un sujeto las características que lo ubican en un nivel categórico estratificado y contribuir al conocimiento de su entorno familiar, financiero y social (Silva Arciniega & Brian Calderón, 2006).

Así mismo, para el estudio de las relaciones sociales, la encuesta se ha convertido en una herramienta fundamental. Actualmente las organizaciones contemporáneas, políticas, económicas o sociales, utilizan esta técnica como un instrumento indispensable para conocer el comportamiento de sus grupos de interés y tomar decisiones sobre ellos. De manera sintética se exponen las etapas contempladas en una encuesta, las cuales son: Identificación del problema, selección de la técnica, diseño de muestra, diseño del instrumento, recolección de la información, procesamiento y análisis de la información y generación de informes (Galindo Caceres, 1998).

2.2. Aforo y calidad de agua

Los datos de aforo y calidad de agua son indispensables para conocer las características de una fuente y poder valorar su utilización para su uso en agua potable.

2.2.1. Tipos de fuente

El caudal de las fuentes superficiales y subterráneas debe ser capaz de aportar la demanda de máximo día. Para el caso de las fuentes superficiales debe aportar además de la demanda de máximo día, el caudal ecológico. Para el caso de fuentes subterráneas, el caudal de explotación del acuífero local no debe ser mayor al caudal máximo de explotación determinado en los análisis de las pruebas de bombeo (MIFIC, 2020).

2.2.2. Aforo

Existen diversas maneras convenientes de medir la cantidad de agua en un arroyo o canal. El método que se emplee dependerá de varios factores tales como: la exactitud del resultado que se necesite, la cantidad de agua existente en el arroyo o canal que va a medir y el material que puede usar. De manera general se mencionan los métodos: rápido y aproximado, cubo, flotador, flotador y sección transversal, mancha de colorante y sección transversal y presa rectangular (FAO, SF).

Según la norma MIFIC (2020), para el aforo de las captaciones subterráneas se realizan pruebas de bombeos de por lo menos tres escalones con duración de dos horas cada uno; el caudal del segundo y tercer escalón debe estar comprendido en el rango total de caudales probados. Después de realizada la prueba escalonada se debe dejar un tiempo máximo de tres horas para la recuperación del nivel freático.

Durante cada escalón, el nivel del agua subterránea se medirá con el siguiente intervalo de tiempo:

Cada minuto los primeros 10 minutos de prueba

Cada 2 minutos de los primeros 10 a los 20 minutos

Cada 5 minutos de los 20 a los 60 minutos

Cada 10 minutos de los 60 a los 120 minutos de prueba

Si la condición del sistema lo permite, ser sometido a una prueba de bombeo a caudal constante de 24 horas de duración mínima con el caudal de diseño más un 20%, sin interrupciones, ni variaciones de caudal mayores al 5%. En caso de interrupciones o variaciones mayores al 5%, se debe reiniciar la prueba de bombeo. Un periodo final de recuperación de tres horas o su total recuperación antes de este tiempo para pozos bombeados deberá seguir a la conclusión de la prueba de descarga constante.

Durante ese periodo no se debe retirar el equipo de prueba del pozo o en cualquier forma afectar los niveles de agua del pozo. Al concluir el periodo de recuperación, el equipo podrá ser retirado del pozo. La utilización del pozo debe ser por lo menos 12 horas posteriores a la aprobación de las pruebas de bombeo.

2.2.3. Calidad del agua

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

La norma CAPRE establece tres etapas de control de calidad de agua: la primera etapa corresponde a los análisis básico físicos, químicos y bacteriológicos; la segunda etapa incluye la primer etapa más los cloruro, dureza, sulfatos, nitritos, nitratos y metales; la tercera etapa corresponde a todos los análisis de la etapa dos más productos desinfectantes y pesticida; y la cuarta etapa que corresponde a los programas ocasionales aprobado por la autoridad nacional que determina los parámetros a ser evaluados (CAPRE, 1994).

2.3. Topografía

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los tres elementos de espacio. Estos tres elementos pueden ser, dos distancias y una elevación, o una distancia y una dirección o bien una combinación de los tres elementos. Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud y para direcciones se emplean unidades de arco (Gámez Morales , 2015, pág. 2).

El levantamiento topográfico se clasifica en: levantamiento de terreno general, topografía vías de comunicación, topografía en minas y levantamiento catastrales (Gámez Morales , 2015).

La taquimetría permite fijar a la vez en posición y altura de los puntos del terreno, pues se hace simultaneo los levantamientos planímetros y alimétricos. El levantamiento topográfico abarca una extensión reducida menos de 30 km dentro los cuales se encuentra despreciable la influencia de la curvatura terrestre, el levantamiento geodésico abarca una gran extensión del terreno, en ello se considera el efecto de la curvatura terrestre (Zamarripa Medina , 2010).

2.4. Componentes de un acueducto

A continuación, se describe los conceptos fundamentales de los componentes de un acueducto por bombeo.

2.4.1. Estaciones de bombeo

En el diseño de toda estación de bombeo se deben tener en cuenta edificio con arquitectura que armonice con las edificaciones vecinas. Su estructura debe ser construida con materiales a prueba de humedad e incendio. Las estaciones de bombeo de agua potable deben estar provistas de un sistema de cloración instalado posterior a la línea de bombeo. La localización debe considerar, protección de la calidad del agua, eficiencia hidráulica del sistema de distribución o conducción, peligro de interrupción del servicio por incendio, inundación, disponibilidad de energía eléctrica o de combustible, topografía del terreno, facilidad del acceso en todo el año, área necesaria para la estación, transformadores, cloradores, futuras ampliaciones, áreas de circulación y retiros (MIFIC, 2020).

Las estaciones de bombeo, cuando el sistema incluye almacenamiento posterior a la estación, la capacidad de ésta se calculará en base al consumo máximo diario y cuando el sistema no incluye almacenamiento, la capacidad de la estación se calculará en base al consumo máximo horario. Las estaciones de bombeo podrán ser de dos tipos: estaciones de pozos húmedos o estaciones de pozos profundos (MIFIC, 2020).

2.4.2. Línea de conducción

Línea de conducción es la parte del sistema constituida por el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación, hasta un punto que bien puede ser un tanque de regulación, una planta potabilizadora, o la red de distribución (INAA, 1999).

Según la norma NTON 09 007 – 19, en dependencia del sitio de ubicación de la fuente, las líneas de conducción pueden ser:

- Línea Fuente- Tanque- Red
- Línea Fuente- Red- Tanque

Para el diseño se debe calcular con el caudal de máximo día o con el que se considere más conveniente tomar de la fuente de abastecimiento de acuerdo a la naturaleza del problema que se tenga en estudio (MIFIC, 2020, pág. 24).

Cuando el sistema de abastecimiento de agua incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo; la capacidad de la tubería de succión (si corresponde), equipo de bombeo y tubería de impulsión deben ser calculadas con base en el caudal máximo diario y el número de horas de bombeo (OPS-CEPIS-COSUDE , 2005, pág. 5)

Además, en los puntos topográficamente elevados se debe mantener una presión mínima de 5 m. La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, incorporando en la línea válvulas reguladoras de presión o cajas rompe presión donde sea necesario, las velocidades de diseño para líneas por bombeo no excedan de 1.50 m/s. La velocidad mínima debe ser de 0.60 m/s (MIFIC, 2020).

Para determinar el diámetro de la línea de conducción deben considerarse los factores económicos, la vida útil y los caudales de agua a conducir. Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se deben determinar mediante el uso de la fórmula de Hazen – Williams o similar (MIFIC, 2020).

2.4.3. Red de distribución

Los sistemas de distribución tienen como función suministrar el agua potable suficiente a los diferentes consumidores en forma sanitariamente segura. Proveer suficiente agua para combatir incendios en cualquier punto del sistema (INAA, 1999).

Para el diseño de la red de distribución se debe tomar en cuenta: plan regulador del municipio, en el que se establecen los usos actuales y futuros de la tierra con sus densidades de población, plano topográfico, con sus calles existentes y futuras, perfiles de las calles y las características topográficas de la localidad; así como servicios públicos existentes y proyectados. También debe determinarse la oferta y demanda así como observarse las presiones residuales y la presión del agua (MIFIC, 2020).

Las redes de distribución deben dotarse de los accesorios y obras de artes necesarias, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento y facilitar su mantenimiento. El sistema principal de distribución de agua puede ser de red abierta, de malla cerrada, o una combinación de ambas, de acuerdo a las características urbanísticas del sector, en las calles, la tubería debe ubicarse en la banda sur y en las avenidas en la banda este, en ambos casos a un metro de la cuneta existente o proyectada (MIFIC, 2020).

En los diseños se aplican los datos específicos siguientes: dotaciones por persona, período de diseño, población futura. Además de factores específicos como: coeficientes de rugosidad, velocidades permisibles, presiones mínimas y máximas, diámetro mínimo, cobertura sobre tubería y resistencia de las tuberías (MIFIC, 2020).

Las velocidades de flujo permisible estarán entre 0.60m/s y 5.00m/s, de ser necesario se deben instalar válvulas de limpieza. La presión mínima residual en la red principal de los sistemas urbanos debe ser de 14.00 m y la máxima de 50.00 m, permitiéndose presiones estáticas de hasta de 70.00 m en puntos aislados o con topografía muy irregular. En las zonas rurales se permitirán presiones mínimas

de 5 m. El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución debe ser de 50 mm siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima. En zonas rurales donde se determine que no habrá crecimiento poblacional, podrá usarse el diámetro mínimo de 37.5 mm (MIFIC, 2020).

En el diseño de tuberías colocadas en calles de tránsito vehicular se mantendrá una cobertura mínima de 1.20 m, sobre la corona del conducto en toda su longitud. En los casos que se requiera que la tubería quede a menor profundidad se debe justificar la protección de la misma. En andenes esta cobertura mínima será 0.70 m. Las tuberías deben resistir las presiones internas estáticas, dinámicas, de golpe de ariete, y las presiones externas de rellenos y cargas vivas debido al tráfico. El tipo de material de la tubería, diámetro, resistencia y longitud de la misma, pueden considerarse según las normas ISO 2531-2009 para tubería de H° F° D° y para PVC las Norma ASTM D2241, ASTM D1785, ASTM D1784 y AWWA C900, C905 (MIFIC, 2020).

Para el análisis de una red deben considerarse los aspectos de red abierta y el de malla cerrada. En el caso de red abierta puede usarse el método de la gradiente piezométrica y caudal, usando la fórmula de Hazen - Williams u otras similares. Para el caso de malla cerrada podrá aplicarse el método de Hardy Cross, considerando las diferentes condiciones de trabajo de operación crítica. En el análisis hidráulico de la red debe tomarse en cuenta el tipo de sistema de suministro de agua ya sea por gravedad o por bombeo (MIFIC, 2020).

2.4.4. Golpe de ariete

El fenómeno del golpe de ariete, también denominado transitorio, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad (Escuela universitaria de ingeniería técnica agrícola de ciudad real, 2016, pág. 1).

Para la protección de las tuberías contra el golpe de ariete deben utilizarse válvulas aliviadoras de presión, torres de oscilación, tanque de aire comprimido o tanque Hidroneumático, también las tuberías deben seleccionarse teniendo en cuenta el golpe de ariete (MIFIC, 2020).

2.4.5. Tanque de almacenamiento

Se deben satisfacer las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema y mantener las reservas que garanticen hacer frente, tanto a los casos de interrupciones en el suministro de energía, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento. Se deberá instalar medidores a la salida de los tanques de almacenamiento. En los sistemas donde existan o se proyecten hidrantes para combatir incendios, se deben almacenar los volúmenes de agua considerando como mínimo 2 horas para enfrentar estas circunstancias (MIFIC, 2020, pág. 32).

Las capacidades mínimas para poblaciones menores de 20,000 habitantes deben incluir el 25 % del consumo promedio diario (CPD), un volumen de reserva para eventualidades de 15% del CPD, también debe proveerse cuando las poblaciones sean mayores de 5,000 habitantes, el caudal para control de incendios correspondiente a 2 horas del CPD. Poblaciones mayores de 20,000 habitantes, será necesario determinar este volumen en base al estudio y análisis de las curvas acumuladas (masas) de consumo y de producción, del sistema de agua de la localidad existente o de una similar (MIFIC, 2020).

Para seleccionar los tipos de tanques se debe elaborar un estudio económico de acuerdo a lo siguiente: concreto armado, acero, mampostería. También se debe considerar para pequeñas localidades donde abunden los materiales de piedra de banco, piedra cantera, ladrillo, bloque, otros y cuya altura total sea menor o igual a 3.0 m concreto ciclópeo, fibra de vidrio y plástico.

2.4.6. Desinfección

El agua procedente de cualquier fuente, que presente características no aptas para el consumo humano, requiere de procesos con el objeto de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas referidas en el párrafo anterior. Estos procesos se clasifican en pre tratamiento, tratamiento y desinfección (MIFIC, 2020, pág. 12).

Toda agua que se abastece para consumo humano debe someterse a desinfección; incluso la de origen subterráneo para prevenir cualquier contaminación durante su distribución (INAA, 1999, pág. 96).

El cloro usado nacionalmente para desinfección del agua puede ser como solución de hipoclorito de sodio (líquido) o como cloro gas. En general, el hipoclorito se recomienda para abastecimiento de pequeñas poblaciones. En general se recomienda hipocloración para capacidades menores de 1 kg./día y caudales de 8.20 L/s como máximo (INAA, 1999, pág. 97).

Se recomienda que el tiempo de contacto entre el cloro y el agua sea de 30 minutos antes de que llegue al primer consumidor; en situaciones adversas se puede aceptar un mínimo de 10 minutos. En caso de ser necesario, debe diseñarse tanques de contacto que garanticen el tiempo mínimo mencionado. La concentración de cloro residual que debe permanecer en los puntos más alejados de la red de distribución deberá ser 0.2-0.5 mg/L después del período de contacto antes señalado (INAA, 1999, pág. 99).

2.4.7. Simulación

Para lograr el balanceo de las redes podrán emplearse tanto el método del relajamiento o de pruebas y errores controlados de Hardy-Cross; como también el método de los tubos equivalentes o el método de análisis mediante computadoras digitales (INAA, 1999, pág. 46).

Los casos para la simulación hidráulica son los que recomienda la NTON 09 007-19 que se presentan a continuación:

Para el diseño de un sistema por bombeo se tienen dos condiciones de análisis:

a. Bombeo hacia el tanque de almacenamiento y de éste por gravedad a la red de distribución.

En esta condición el caudal correspondiente al consumo máximo diario es bombeado hacia el tanque de almacenamiento. La red demandará del tanque, el consumo de la máxima hora, o la demanda coincidente. El tanque trabajará con una altura que permita dar las presiones residuales mínimas establecidas en todos los puntos de la red.

b. Bombeo hacia la red de distribución, con tanque de almacenamiento dentro de la red o en el extremo de ella.

2.5. Presupuesto de obra

Presupuesto es el cálculo anticipado del total estimado para ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento de un proyecto. Un presupuesto es un documento que nos permite modelar los ingresos y gastos con el fin de llevar un control de finanzas ya sean personales o empresariales organizadas (MTI, 2008).

El presupuesto es la resultante de sumar los cinco elementos que componen el cálculo del costo estimado de la obra y que son: Costo Directo (CD) + Costo Indirecto (CI) + Costo de Administración Central (CAC) + Utilidad (U) + Impuestos (I) (MTI, 2008).

El fondo de inversión social de emergencia (FISE), presenta una metodología para elaborar un presupuesto basada en la organización de las actividades en etapas y sub etapas, así mismo los precios unitarios se presentan en la guía de costos maestros que la institución actualiza anualmente (FISE, 2012).

III. Diseño metodológico.

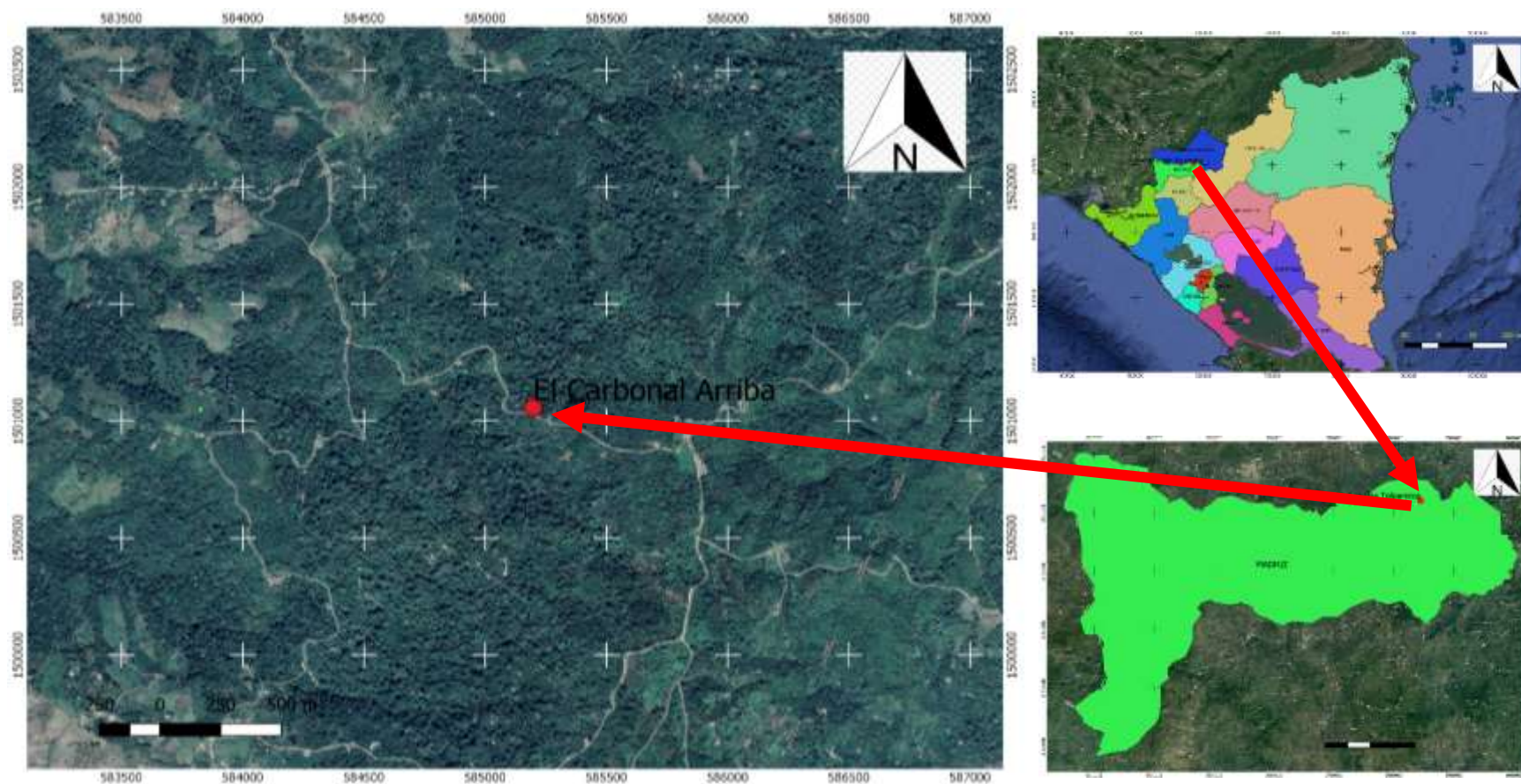
3.1. Tipo de estudio

El presente estudio es tipo descriptivo utilizando métodos cualitativos y cuantitativos, los primeros se aplican a las encuestas y todo el diseño hidráulico del acueducto y el segundo a las entrevistas dirigida a los líderes de la comunidad con el fin de obtener las apreciaciones de los usuarios.

3.2. Macro y micro localización

La comunidad el Carbonal se localiza en las coordenadas y pertenece a el municipio de Telpaneca departamento de Matriz como se observa en la ilustración1.

Ilustración 1: Ubicación de la comunidad El Carbonal Arriba



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Estudio socioeconómico

El estudio socioeconómico se realizará mediante un censo, cuyo formulario se presenta el anexo 1, se hará una entrevista a cada jefe de hogar; esta actividad se hará a toda la comunidad; eligiendo un día y horario que no afecte las actividades de la población.

El procesamiento del censo se realizará mediante el software Excel con el cual se elaboran histograma tablas de frecuencia y se calcularán todos los parámetros que describan a la población su economía y su nivel de saneamiento.

3.4. Aforo y calidad de agua

3.4.1. Aforo de la fuente

La fuente es un pozo perforado de 97.50 m de profundidad, los datos del nivel estático, nivel dinámico, así como el caudal de aprovechamiento y todos los resultados de la prueba de bombeo se le solicitaron a la alcaldía municipal de Telpaneca.

3.4.2. Calidad del agua

Se tomó una muestra de agua con volumen de 4 litros en un recipiente aséptico, el cual permanecerá sumergido en un refrigerador dotado de hielo para la preservación del agua. La muestra fue entregada al laboratorio del programa de investigación, estudios nacionales y servicios del ambiente (PIENSA) de la universidad nacional de ingeniería (UNI), antes de las 24 horas de haber sido conectada.

Se solicitaron los análisis que la norma CAPRE indica en el arto 8 pág. 7 que corresponde a las etapas 1, etapa 2 y etapa 3.

Una vez obtenidos los resultados, estos fueron comparados con los rangos recomendados por la norma CAPRE para cada uno de los parámetros estudiados de las 3 etapas solicitadas.

3.5. Estudio topográfico

El estudio topográfico se realizará en dos etapas una de campo y una de gabinete:

3.5.1. Etapa de campo

En la etapa de campo se hizo el levantamiento iniciando con bm geodésicas, se harán estaciones cada 20 m en el eje de los caminos que conectan las viviendas con la fuente y la posible ubicación del tanque. además de levantamiento del eje se levantaron puntos transversales al mismo separados cada metro entre puntos, también se localizaron otros puntos que permitan la descripción adecuada del relieve.

El levantamiento se realizó con estación total LEICA flexline TS02, los puntos geodésicos se levantarán con GPS modelo garmin de alta sensibilidad 010-01199.

3.5.2. Etapa de gabinete

En la etapa de gabinete se procedió a la descarga de datos en formato csv, los datos serán procesados con el software civil 3d 2023 con el cual se realizaron alineamiento de los distintos tramos y los perfiles del terreno natural.

Se elaboraron planos siguiendo los siguientes parámetros las escalas podrán ser:

Ubicación general, 1:5000

Planta general, 1:1000

Perfiles: Horizontal 1:1000 – Vertical 1:100 o bien Horizontal: 1:500 – Vertical: 1:50

Detalles: 1:10, 1:20, 1:50, 1:100.

3.6. Diseño del MABE

A continuación, se describe el proceso que se realizó para el diseño del mini acueducto por bombeo eléctrico, el cual tomo información del estudio socioeconómico, estudio topográfico y estudio de la calidad de agua y aforo.

3.6.1. Población y demanda

- Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento se obtuvo del anuario de INIDE para la población rural del municipio de Telpaneca.

- Periodo de diseño

Se adoptó un periodo de diseño de 20 años que corresponde a la vida útil del pozo, como lo propone la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020, pág. 13).

- Proyección de la población

La población se proyectó para un periodo de 20 años por la tasa recomendada por INIDE utilizando el método geométrico descrito en la ecuación 1 que se presenta a continuación:

$P_f = P_0(1 + r)^n$	Ecuación 1
----------------------	------------

Donde:

P_f : Población futura, hab.

P_0 : Población actual, hab.

r : Tasa de crecimiento

n : Número de años

- Consumo domestico

Conocida la población futura se adoptó una dotación 80 lppd que corresponde a población rural dispersa, según la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020, pág. 10). A continuación, se presenta la ecuación 2 para el cálculo del consumo doméstico.

$CD = \frac{P_f \times \text{dotación}}{86,400}$	Ecuación 2
--	------------

Donde:

CD: Consumo doméstico, l/s

Pf: Población futura, hab.

Dotación: 80 lppd

- Consumo institucional

El consumo institucional será el 7 % del consumo doméstico como lo manda la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020, pág. 10). En la ecuación 3 se presenta el cálculo para el consumo público o institucional.

$CPI = CD \times \frac{7}{100}$	Ecuación 3
---------------------------------	------------

Donde:

CPI: Consumo público o institucional, l/s

CD: Consumo doméstico, l/s

- Consumo comercial

El consumo comercial será el 7 % del consumo doméstico como lo manda la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020, pág. 11). En la ecuación 4 se presenta el cálculo para el consumo comercial.

$CC = CD \times \frac{7}{100}$	Ecuación 4
--------------------------------	------------

Donde:

CC: Consumo comercial, l/s

CD: Consumo doméstico, l/s

- Consumo industrial

El consumo industrial será el 2 % del consumo doméstico como lo manda la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020, pág. 11). En la ecuación 5 se presenta el cálculo para el consumo industrial.

$C_{Ind} = CD \times \frac{2}{100}$	Ecuación 5
-------------------------------------	------------

Donde:

C_{Ind} : Consumo industrial, l/s

CD: Consumo doméstico, l/s

- Consumo promedio diario

El consumo promedio diario se calculará con la ecuación 6.

$CPD = CD + CPI + CC + C_{Ind}$	Ecuación 6
---------------------------------	------------

Donde:

CPD: Consumo promedio diario, l/s

CD: Consumo doméstico, l/s

CPI: Consumo público o institucional, l/s

CC: Consumo comercial, l/s

C_{Ind} : Consumo industrial, l/s

- Pérdidas o fugas

De acuerdo con la norma NTON 09 007-19 se aplicó el 15 % del consumo promedio diario para poblaciones con menos de 500 viviendas y del 20 % del consumo promedio diario para poblaciones con más de 500 viviendas (MIFIC, 2020, pág. 12). El cálculo de las pérdidas o fugas se hará con la ecuación 7.

$P = CPD \times F$	Ecuación 7
--------------------	------------

Donde:

P: Perdidas o fugas en el sistema, l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

F: Factor de fugas 15% para menos de 500 viviendas y 20% para más de 500 viviendas

A continuación, se presentan las variaciones de consumo que corresponde al consumo máximo diario y consumo máximo horario que indica la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020, pág. 12).

- Consumo máximo diario

El consumo máximo diario según la norma NTON 09 007-19 corresponderá a la ecuación 8 (MIFIC, 2020, pág. 12).

$CMD = 1.5 \times CPD + P$	Ecuación 8
----------------------------	------------

Donde:

CMD: Consumo máximo diario. l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

P: Fugas, l/s

- Consumo máximo horario

El consumo máximo horario según la norma NTON 09 007-19 corresponderá a la ecuación 9 (MIFIC, 2020, pág. 12).

$CMH = 2.5 \times CPD + P$	Ecuación 9
----------------------------	------------

Donde:

CMH: Consumo máximo horario. l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

P: Fugas, l/s

3.6.2. Dimensionamiento de la línea de conducción y pérdidas de cargas

A continuación, se describe la metodología de cálculo para cada uno de los elementos hidráulicos del MABE.

- Línea de conducción

Para el diseño de la línea de conducción se adoptó el caudal correspondiente al consumo máximo diario como lo recomienda la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020, pág. 23).

El cálculo del caudal de bombeo se realizó utilizando la ecuación 10 que se muestra a continuación (OPS-CEPIS-COSUDE , 2005, pág. 6).

$Qb = CPD \frac{24}{N} + P$	Ecuación 10
-----------------------------	-------------

Donde

Qb: Caudal de bombeo, l/s

CMD: Consumo Máximo Diario, l/s

N: Número horas de bombeo

Con el valor del caudal antes mencionado se dimensionaron la columna de bombeo, sarta y línea de impulsión cumpliendo las recomendaciones de la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020), así mismo se dimensiono el tanque de almacenamiento basado en el consumo promedio diario. Las normas y ecuaciones se presentan a continuación.

- Columna de bombeo

El diámetro de la columna de bombeo: Se determinó partiendo del caudal del consumo máximo diario y los valores de diámetro recomendados para caudales similares que establece la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020, pág. 20).

La longitud de la columna de bombeo: Se determinó tomando en cuenta el nivel dinámico del pozo, la sumergencia y la variación estacional, aplicando la ecuación 11.

$LC = ND + S + V$	Ecuación 11
-------------------	-------------

Donde:

LC: Longitud columna, m

ND: Nivel dinámico del pozo, m

S: Sumergencia, m

V: Variación estacional, m

La norma NTON 09 007-19 establece una sumergencia de 6 m (MIFIC, 2020, pág. 19).

Se adoptará un nivel de variación estacional de 6 m debido al cambio del nivel del pozo entre el periodo lluvioso y periodo bestiaje, así como el efecto del cambio climático. La norma NTON 09 007-19 recomienda en el factor de seguridad en la sumergencia de la bomba en dependencia de las variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterráneas en épocas secas y épocas lluviosas (MIFIC, 2020, pág. 19).

Velocidad de flujo de la columna de bombeo: Se calculó utilizando la ecuación 12.

$v = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}}$	Ecuación 12
-----------------------------------	-------------

Donde:

V: Velocidad, m/s

Q: Caudal, m³/s

D: Diámetro de tubería, m

Pérdidas de fricción en la columna de bombeo: Se calculó la pérdida de fricción utilizando la ecuación 13 de Hazen - Williams. Se comprobó que la pérdida por

fricción en la columna de bombeo sea menor que el 5% de la longitud de la misma como lo señala la norma NTON 07 009-19 (MIFIC, 2020, pág. 20).

$h_f = 10.679 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \times L$	Ecuación 13
--	-------------

Donde:

h_f : Pérdidas por fricción, m

Q = Caudal, m³/s

C = Coeficiente de rugosidad

D = Diámetro interno de la tubería, m

L = Longitud de la tubería, m

Pérdidas locales en la columna: Se calculó la perdida de fricción utilizando la ecuación 14 que a continuación se describe.

$h_l = \sum K \times \left(\frac{v^2}{2g} \right)$	Ecuación 14
---	-------------

Donde:

h_l : Perdidas de cargas locales, m

K : Coeficiente de perdida de carga por accesorio

v^2 : Velocidad, m/s

g : Gravedad, m/s²

- Sarta

El diámetro de la sarta: Se basó en el caudal del consumo promedio diario, el diámetro se seleccionó de los recomendados por la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2020, pág. 22).

La longitud de la sarta: Se adoptó una longitud de 6 m, para caudales menores de 3 pulgadas, permitiendo el espacio suficiente para accesorios y el medidor maestro.

Velocidad de flujo en la sarta: Se calculó utilizando la ecuación 12, se comprobara que la velocidad de flujo este en un rango de 0.6 a 1.5 m/s (MIFIC, 2020, pág. 24).

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

Pérdidas de fricción en la sarta: Se calculó la perdida de fricción utilizando la ecuación 13 de Hazen - Williams que a continuación se describe.

$$h_f = 10.679 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \times L$$

Perdidas locales en la sarta: Se calculó las pérdidas locales por accesorios utilizando la ecuación 14.

$$h_l = \sum K \times \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

- Línea de impulsión

Calculo del diámetro de la línea de impulsión: Se calculó utilizando la ecuación 15 similar a Bresse que recomienda la norma NTON 07 009-19 (MIFIC, 2020, pág. 27).

$D = K \times Q^n$	Ecuación 15
--------------------	-------------

Donde:

D: Diámetro, m

K: 0.9

Q: Caudal, m³/s

n: 0.45

Una vez conocido el diámetro teórico se procedió a seleccionar un diámetro comercial en tubería PVC con cedula que satisfaga la resistencia de la tubería, también se podrá usar HG clase 40 donde la tubería no pueda enterrarse o en pases aéreos.

Conocido el diámetro comercial se procedió a calcular los parámetros hidráulicos de velocidad y perdidas de carga por fricción:

Calculo de velocidad en la línea de impulsión: La velocidad en la línea de impulsión se calculó con la ecuación 12 y se comprobará que esta se encuentre en un rango de 0.6 a 1.5 m/s (MIFIC, 2020, pág. 19).

Calculo de la perdida de fricción en la línea de impulsión: Esta se calculó con la ecuación 13 de Hazen - Williams.

Carga dinámica total: Se calculó con la ecuación 16 que incluye la carga estática más las pérdidas de cargas totales.

$CDT = H + h_f + h_l$	Ecuación 16
-----------------------	-------------

Donde:

CDT: Carga dinámica total, m

H: Carga estática, m

h_f : perdida por fricción, m

h_l : perdida de cargas locales, m

3.6.3. Golpe de ariete

El golpe de ariete se calculó para conocer la sobre presión que actuaría en la tubería por encima de la carga estática lo que sirvió para determinar el tipo de tubería y la cedula a utilizar.

Celeridad de la onda: Se calculó con la ecuación 17.

$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}}$	Ecuación 17
--	-------------

Donde:

a: Celeridad, m/s

K: Coeficiente función del módulo de elasticidad (e) del material $K = \frac{10^{10}}{\varepsilon}$

D: Diámetro interior de la tubería, m

ε : Modulo de elasticidad del material, kg/m²

e: Espesor de la tubería, m

El cálculo de tiempo de parada: Se calculó con la ecuación 18 de Mendiluse.

$T = C \times \frac{K \times L \times v}{g \times H_m}$	Ecuación 18
---	-------------

Donde:

T: Tiempo de parada, s

L: Longitud de la conducción, m

v: Velocidad de régimen del agua, m/s

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

H_m: Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo

C y K: Coeficientes de ajuste empíricos

Calculo del tiempo del ciclo de la onda de presión: Se calculó con la ecuación 19.

$t = \frac{2L}{a}$	Ecuación 19
--------------------	-------------

Donde:

t: Tiempo del ciclo, s

L: Longitud de tubería, m

a: Celeridad de la onda de presión, m/s

Longitud crítica: Se calculó con la ecuación 20.

$L_c = \frac{a \times T}{2}$	Ecuación 20
------------------------------	-------------

Donde:

L_c: Longitud crítica, m

a: Celeridad de la onda de presión, m/s

T: Tiempo de parada, s

La longitud de la máxima presión: Se calculó con la ecuación 21.

$L_m = L - L_c$	Ecuación 21
-----------------	-------------

Donde:

L_m: Longitud hasta donde se presenta la máxima presión, m

L: Longitud de tubería, m

L_c: Longitud critica, m

Tipo de cierre: Se evaluó con la ecuación 22.

$T < \frac{2 \times L}{a} : \text{Cierre rápido}; T > \frac{2 \times L}{a} : \text{Cierre lento}$	Ecuación 22
---	-------------

Donde:

T: Tiempo de parada, s

L: Longitud de tubería, m

a: Celeridad de la onda de presión, m/s

Tipo de impulsión: La evaluación con la ecuación 23.

$L < L_c$: <i>impulsion corta</i> ; $L > L_c$: <i>impulsion larga</i>	Ecuación 23
---	-------------

Donde:

L: Longitud de tubería, m

L_c : Longitud crítica, m

Calculo de la sobre presión: En dependencia del tipo de cierre y tipo de impulsión, se seleccionará la ecuación 24 de Michaud y la ecuación 25 de Allievi.

Impulsión corta y cierre lento: Se utilizará la ecuación 24 de Michaud.

$\Delta H = \frac{2 \times L \times v}{g \times T}$	Ecuación 24
---	-------------

Donde:

ΔH : Sobre presión, m

L: Longitud de tubería, m

g: Gravedad, 9.81 m/s²

v: velocidad, m/s

T: Tiempo de parada, s

Impulsión larga y cierre rápido: Se utilizará la ecuación 25 de Allievi.

$\Delta H = \frac{a \times v}{g}$	Ecuación 25
-----------------------------------	-------------

Donde:

ΔH : Sobre presión, m

a: Celeridad de la onda de presión, m/s

g: Gravedad, 9.81 m/s²

v: velocidad, m/s

Presión total en el sistema: Se utilizó la ecuación 26.

$H_{max} = H + \Delta H$	Ecuación 26
--------------------------	-------------

Donde:

H_{max}: Máxima presión en el sistema, m

H: Presión Hidrostática, m

ΔH : Sobre presión, m

3.6.4. Selección de la bomba

Una vez conocido el caudal de diseño que corresponde al consumo máximo diario y la carga dinámica total se procedió a la selección a una bomba comercial utilizando el monograma de la curva H-Q que proporciona el fabricante, en el cual se localiza el punto de operación de la bomba en una zona cuyo régimen de bombeo se encuentre entre 70 y 80% de eficiencia. El cálculo teórico de la potencia de la bomba se hizo con la ecuación 27.

$P = \frac{\gamma \times H \times Q}{746 \times 0.70}$	Ecuación 27
--	-------------

Donde:

P: Potencia, hp

γ : peso específico del agua, Kg/m³

H: Carga dinámica, m

Q: Caudal, l/s

3.6.5. Tanque de almacenamiento

El dimensionamiento del tanque se basó en lo expresado en la norma NTON 07 009 - 19, adoptando un 25% del CPD para el volumen de compensación más fugas

y el 15% del CPD para el volumen de reserva del sistema (MIFIC, 2020, pág. 33). Para el cálculo de volumen de compensación más fugas, se utilizó la ecuación 28.

$V_{comp+P} = \left(CPD \frac{l}{s} + P \frac{l}{s} \right) \times \left(\frac{25}{100} \times 16 h \times \frac{1 m^3 \times 3,600 s}{1000 l \times 1h} \right)$	Ecuación 28
---	-------------

Donde:

V_{comp+P} : Volumen de compensación más fugas, m³

CPD: Consumo promedio diario, l/s

P: Fugas. l/s

25% CPD

Volumen de reserva: Se calculó con la ecuación 29.

$V_{res} = \left(CPD \frac{l}{s} \right) \times \left(\frac{15}{100} \times 16 h \times \frac{1 m^3 \times 3,600 s}{1000 l \times 1h} \right)$	Ecuación 29
--	-------------

Donde:

V_{res} : Volumen de reserva, m³

CPD: Consumo promedio diario, l/s

15% CPD

Tipo de tanque: Se adoptó un tanque con material de plástico, comprobando bajo certificación que su exposición al sol y o contacto con el cloro no provoque efectos que convierta el agua no apta para consumo humano.

3.6.6. Desinfección

La capacidad del cloro se calculó utilizando la ecuación 30 (INAA, 1999, pág. 96).

$Ca = \frac{Q \times C}{1000}$	Ecuación 30
--------------------------------	-------------

Donde:

Ca: Capacidad de cloro, Kg/día

Q: Caudal de bombeo, m³/s

C: Concentración de cloro, mg/l

3.6.7. Simulación hidráulica

La simulación hidráulica se hizo con el software Epanet, el cual se configurará con pérdidas de carga en unidades métricas para la ecuación de Hazen – Williams, factor de fricción según los valores expuestos en la norma NTON 07 009-19 (MIFIC, 2020, pág. 30) y caudales en litros por segundos.

Las longitudes de las tuberías y las cotas de los nodos se basaron en el estudio topográfico y los datos fueron exportados de Civil 3D en formato DXF a Epanet y de Epanet a Epanet.

- Simulación de la línea de conducción

El tramo correspondiente a la línea de conducción que incluye columna de bombeo, sarta y línea de impulsión, se simuló con el caudal de consumo máximo diario y se adoptaron los diámetros calculados en la sección 6.6.2 del presente documento. También la bomba utilizada en la simulación fue la que se seleccionó en la sección 6.6.4.

Se comprobó que las velocidades se encuentren en un rango de 0.6 y 1.5 m/s y que las tuberías soporten las presiones máximas en el sistema, incluyendo el efecto del golpe de ariete.

- Simulación de la red de distribución

Para la simulación de la red de distribución se tomó el caudal del consumo máximo diario, el cual será distribuido en nodos de demandas dependiendo de la distribución de las viviendas.

Se hizo una simulación con máxima demanda y una simulación sin consumo, ambas simulaciones permitirán conocer las presiones máximas y mínimas en el sistema, las cuales fueron comparadas con las recomendadas en la norma NTON 07 009-19, siendo estas, 5 m para las zonas rurales, hasta 50 m, con presiones estáticas máximas hasta de 70 m (MIFIC, 2020, pág. 30).

También se observó las velocidades máximas y mínimas, las cuales fueron comparadas con la norma NTON 07 009-19, comprobando que estuvieran en el rango de 0.60 m/s a 5 m/s (MIFIC, 2020, pág. 30).

- Simulación del cloro

Para la simulación del cloro se hizo una simulación extendida por 24 horas para la cual se utilizaron las dosis de cloro calculadas en la sección 6.6.6 del presente documento.

3.7. Presupuesto

El presupuesto se elaboró basado en el alcance de las obras obtenidas de los planos de diseño y posteriormente aplicando la metodología FISE para agrupar las actividades por etapas y sub etapas. Para el cálculo del presupuesto utilizo los precios maestros más reciente publicados por el nuevo FISE. Todo el presupuesto fue elaborado en hojas de Microsoft Excel.

VII. Resultados

7.1. Estudio socioeconómico

7.1.1. Demografía

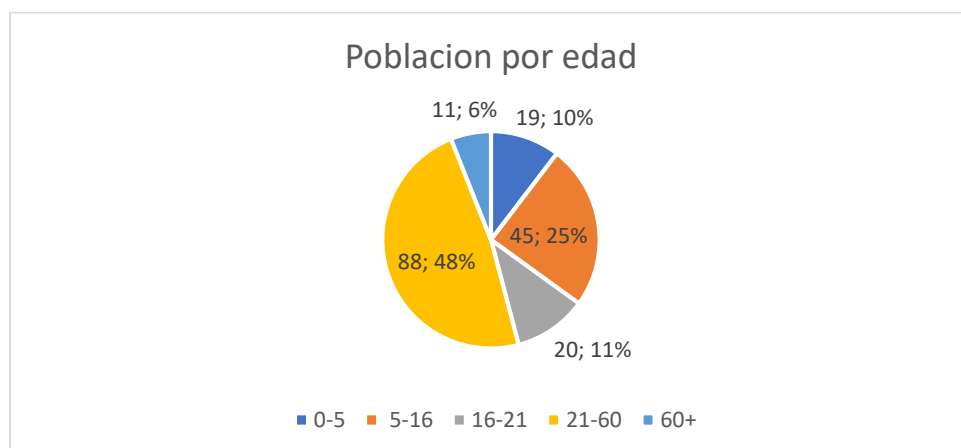
La mayor parte de la población es adulta con un rango de edad entre 21 años y 60 años de edad y corresponde al 48.09 % de la misma, le sigue la población infantil y adolescente con un rango de edad entre 5 años y 16 años correspondiendo al 24.59% de los habitantes, así mismo hay una población joven entre 16 años y 21 años de edad que representa el 10.93% de la población, también se observó un grupo etario entre 0 y 5 años con 10.38%, finalmente se encontró una pequeña población con personas mayores de 60 años que corresponde 6.01% de toda la población. Los resultados demográficos se presentan en la tabla 1 y en la ilustración 2

Tabla 1: Población por edad

Descipción	Frecuencia	%
0-5	19	10.38
5-16	45	24.59
16-21	20	10.93
21-60	88	48.09
60+	11	6.01
	183	100.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2: Población por edad



Fuente: Elaboración propia

7.1.2. Economía

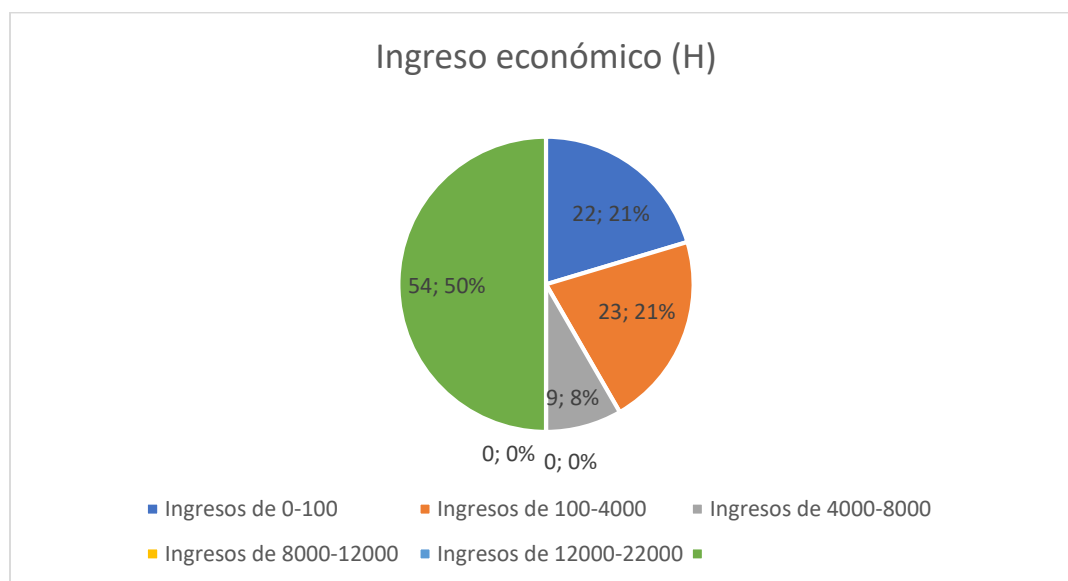
En la tabla 2 se representa el ingreso económico de la población de hombres y se observa que el 42.59 % de la población tiene ingresos económicos de 100 a 4,000 C\$ de salario mensual, en el rango de 0 a 100 C\$ es del 40.74% de la población y los que tienen un mayor ingreso de 4,000 a 8,000 C\$ están representados con un 16.67%. Como también se presentan en la ilustración 3.

Tabla 2: Ingresos económicos (H)

Descripción (C\$)	Frecuencia	%
Ingresos de 0-100	22	40.74
Ingresos de 100-4000	23	42.59
Ingresos de 4000-8000	9	16.67
Ingresos de 8000-12000	0	0.00
Ingresos de 12000-22000	0	0.00
	54	100.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3: Ingresos económicos (H)



Fuente: Elaboración propia

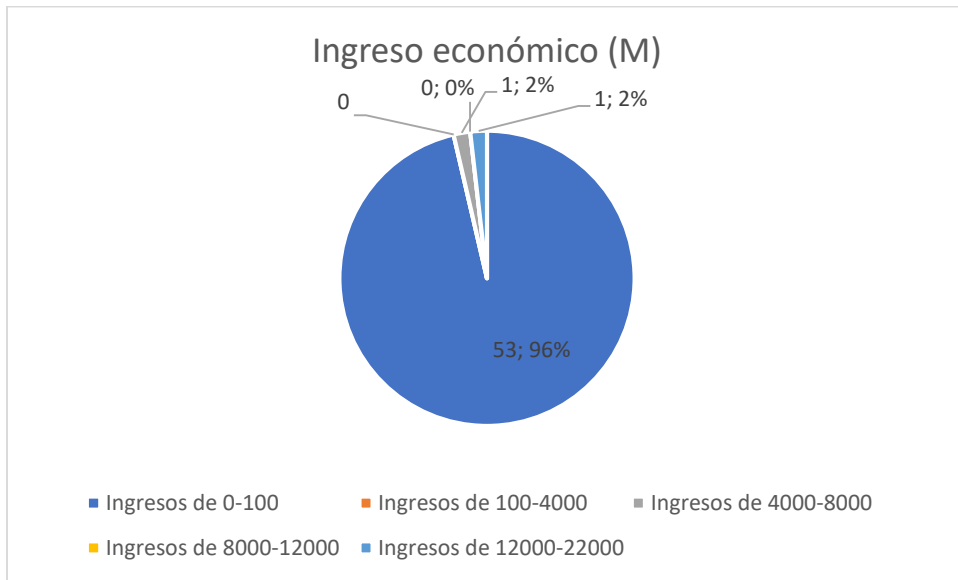
La población de ingresos económicos de mujeres de esta comunidad tiene un rango de 0 a 100 C\$ que significa el 96.36 % de toda la población, así mismo el rango de 4,000 a 8,000 C\$ que es de 1.82 % que viene siendo los que ganan más de toda la población y también el 0% que está entre 100 a 4000 C\$. Como se observa en la tabla 3 e ilustración 4.

Tabla 3: Ingreso económico (M)

Descripción (C\$)	Frecuencia	%
Ingresos de 0-100	53	96.36
Ingresos de 100-4000	0	0.00
Ingresos de 4000-8000	1	1.82
Ingresos de 8000-12000	0	0.00
Ingresos de 12000-22000	1	1.82
	55	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 4: Ingreso económico (M)



Fuente: Elaboración Propia

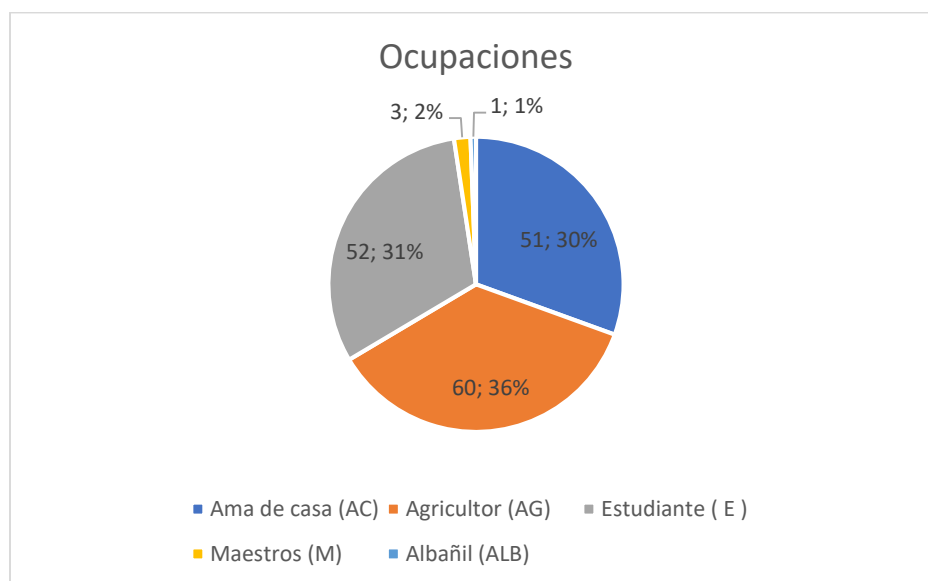
En la tabla 4 e ilustración 5 se observan las ocupaciones de la población y con un 30.54 % se dedica a ser ama de casa, los agricultores representan un 35.93 %, el 31.14 % son estudiante, también los maestros representan el 1.80 % de la población y el 0.60 % se dedican a la albañilería.

Tabla 4: Ocupaciones

Descipción	Frecuencia	%
Ama de casa (AC)	51	30.54
Agricultor (AG)	60	35.93
Estudiante (E)	52	31.14
Maestros (M)	3	1.80
Albañil (ALB)	1	0.60
	167	100.00

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 5: Ocupaciones



Fuente: Elaboración propia

7.1.3. Educación

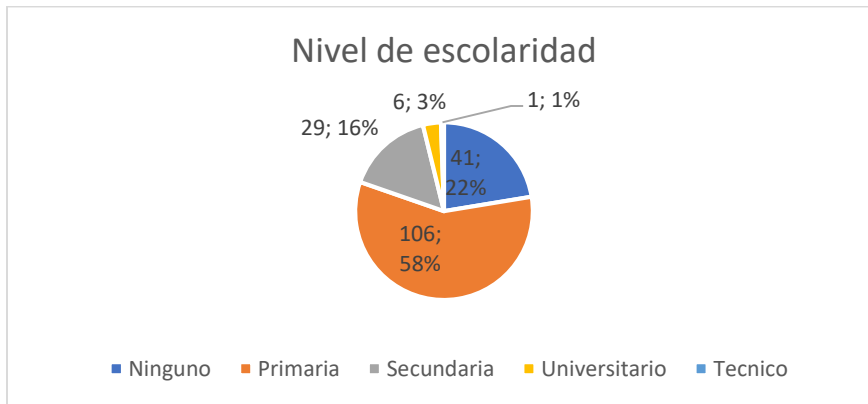
El 22.4 % de la población de esta comunidad no estudia, el 57.92 % son de educación primaria, también un 15.85 % son de educación secundaria, un 3.28 % de la población son de educación superior y el 5.5 % de educación técnica. Estos datos se observan en la tabla 5 e ilustración 6.

Tabla 5: Escolaridad

Descripción	Frecuencia	%
Ninguno	41	22.40%
Primaria	106	57.92%
Secundaria	29	15.85%
Universitario	6	3.28%
Técnico	1	5.5%
	183	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6: Escolaridad



Fuente: Elaboración propia

7.1.4. Servicios

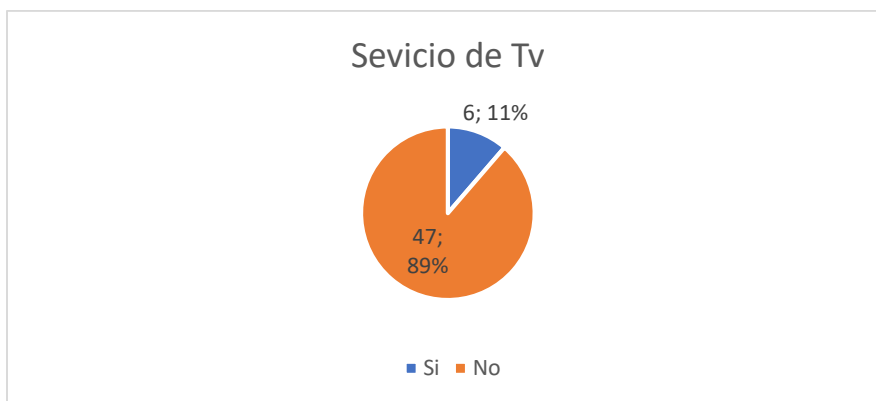
En la tabla 6 e ilustración 7 se observa que un 11.32 % tiene el servicio de televisión y un 88.68 % no tienen dicho servicio.

Tabla 6: Servicio de tv

Descripción	frecuencia	%
Si	6	11.32
No	47	88.68
	53	100.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7: Servicio de tv



Fuente. Elaboración propia

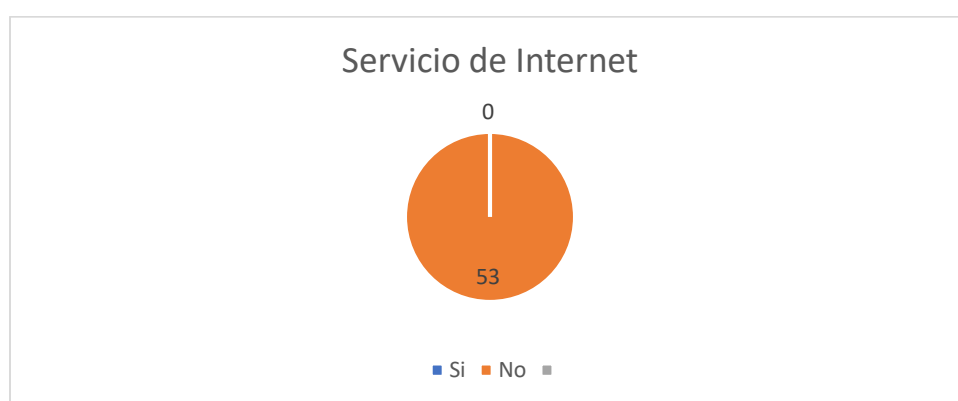
El índice de servicio de internet, en la cual se observa en la tabla 7 e ilustración 8 que el 100 % no cuenta con servicio de internet.

Tabla 7: Servicio de internet

Descripción	frecuencia	%
Si	0	0.00
No	53	100.00
	53	100.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8: Servicio de internet



Fuente: Elaboración propia

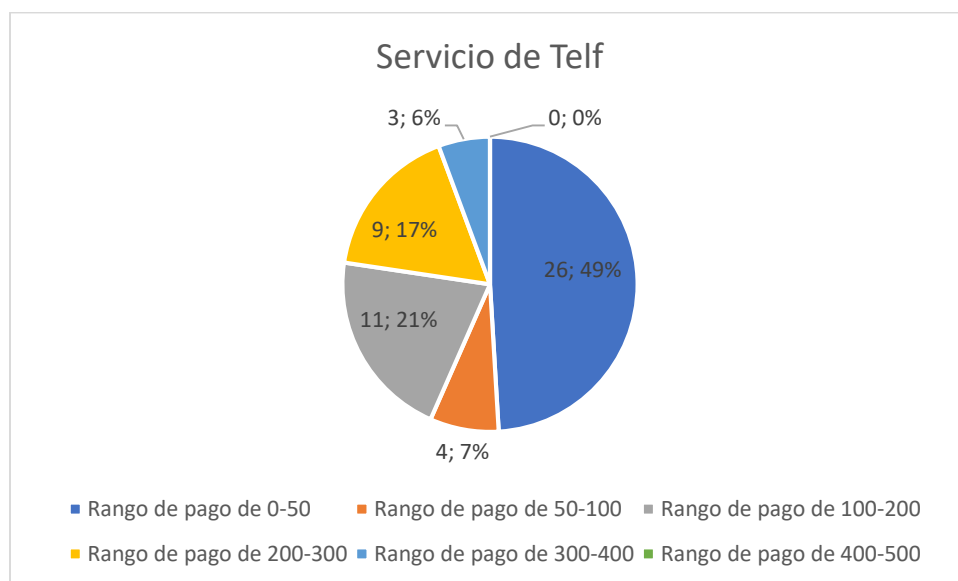
El 49.06 % de la población pagan de 0 a 50 C\$ de servicio de teléfonos, seguido de un 20.75 % que es de 50 a 100 C\$, así mismo un 16.98 pagan un rango de 200 a 300 C\$ mensual, el 7.55 % un rango de 50 a 100 C\$ y el 5.66 % con un rango de 300 a 400 C\$ mensual. Estos datos se observan en la tabla 8 e ilustración 9.

Tabla 8:: Servicio de teléfono

Descipción (C\$) Mensual	Frecuencias	%
Rango de pago de 0-50	26	49.06
Rango de pago de 50-100	4	7.55
Rango de pago de 100-200	11	20.75
Rango de pago de 200-300	9	16.98
Rango de pago de 300-400	3	5.66
Rango de pago de 400-500	0	0.00
	53	100.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9: Servicio de teléfono



Fuente: Elaboración propia

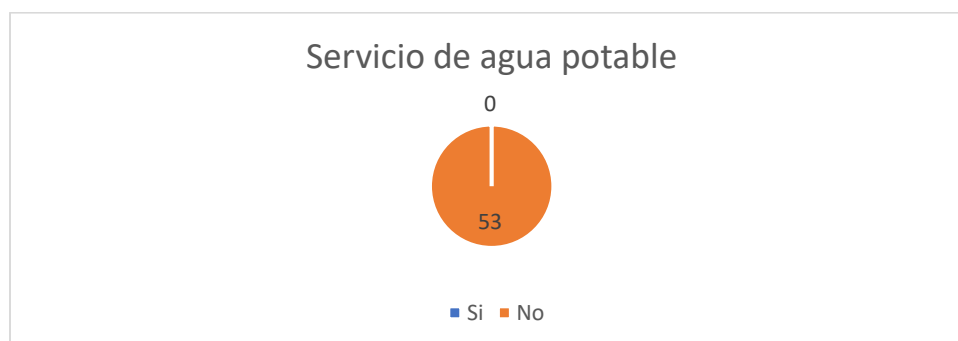
La tabla 9 e ilustración 10 presenta el servicio de agua potable en lo cual el 100 % de la población no tiene este servicio.

Tabla 9: Agua potable

Descripción	frecuencia	%
Si	0	0.00
No	53	100.00
	53	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10: Agua potable



Fuente: Elaboración propia

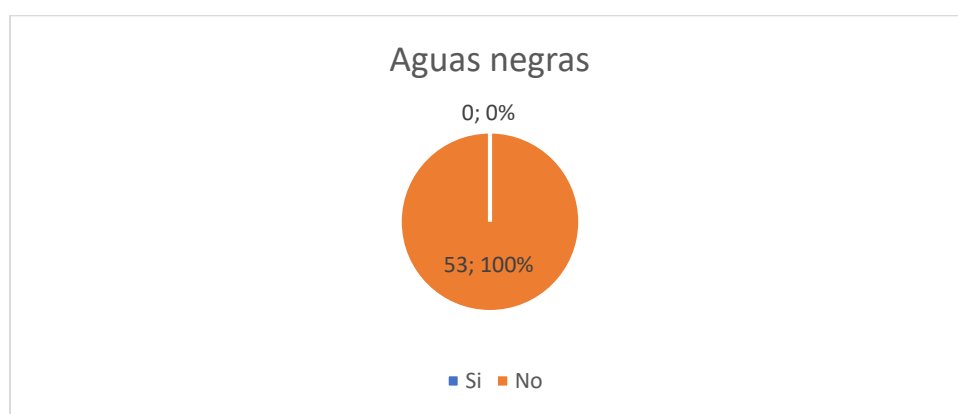
El 100 % de la población no cuenta con el servicio de aguas negra. Como se observa en la tabla 10 e ilustración 11.

Tabla 10: Aguas negras

Descripción	frecuencia	%
Si	0	0.00
No	53	100.00
	53	100.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11: Aguas negras



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 e ilustración 12 se observa que el 100 % de la población no cuenta con el servicio de aguas grises.

Tabla 11: Aguas grises

Descripción	Frecuencia	%
Si	0	0.00
No	53	100.00
	53	100.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12: Aguas grises



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 e ilustración 13 representa el servicio de sanitarios en la cual el 100 % de la comunidad tiene uso de este servicio (Letrinas).

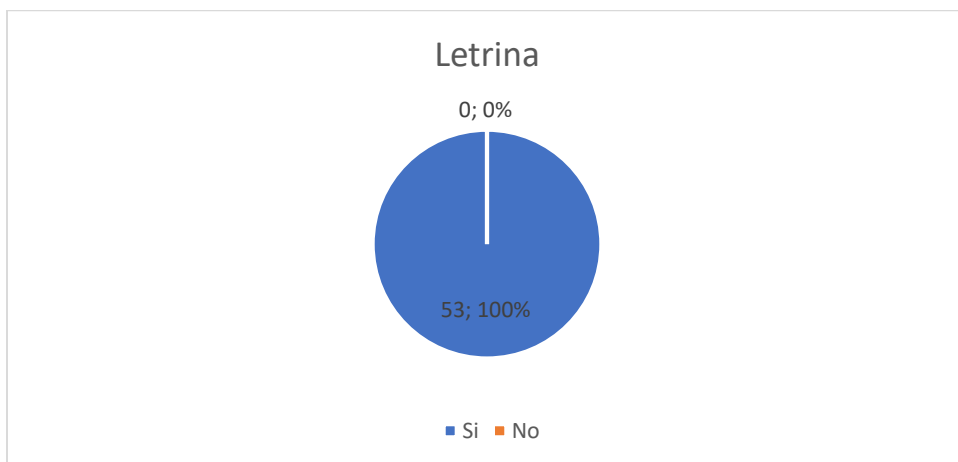
7.1.5. Sanitario

Tabla 12: Letrina

Descripción	frecuencia	%
Si	53	100.00
No	0	0.00
	53	100.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13: Letrina



Fuente: Elaboración propia

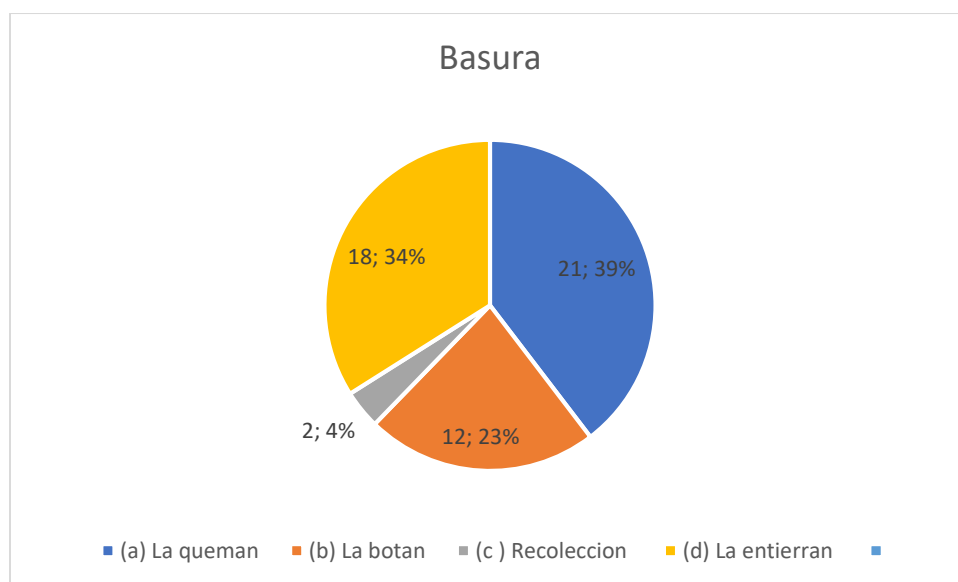
En las opciones que usan las familias de la comunidad para eliminar la basura podemos observar que un 39.62 % la queman, el 22.64 % la botan, también el 3.77 % la recoleccionan, pero la ocupan para abono orgánico y el 33.96 % la entierran y también sirve para abono orgánico. En la tabla 13 e ilustración 14 podemos ver los resultados.

Tabla 13: Basura

Descripción	frecuencia	%
(a) La queman	21	39.62
(b) La botan	12	22.64
(c) Recolección	2	3.77
(d) La entierran	18	33.96
	53	100.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14: Basura



Fuente: Elaboración propia

7.2. Aforo y calidad de agua

Los resultados obtenidos del análisis de calidad de agua de la etapa 1, 2 y 3 comparados con la Norma CAPRE se pueden observar que casi todos los resultados cumplen con lo establecido pero la turbiedad, Hierro y Manganeseo están fuera del rango con relación a los parámetros que recomienda la norma CAPRE por lo anterior se propone un sistema de aireación y filtración para eliminar el Hierro, el Manganeseo y reducir la turbiedad. Los resultados de calidad de agua se presentan en los anexos. (Anexo 2, 3 y 4).

7.3. Estudio Topográfico

En la comunidad se realizó un levantamiento topográfico en el cual se levantó el eje del posible trazado de línea de conducción, la red de distribución y así como el sitio propuesto para el tanque de almacenamiento y también se levantaron todas las viviendas y edificios públicos. Una vez finalizado el levantamiento se obtuvieron 5,843.91 ml. El tanque de almacenamiento es el punto más alto y está ubicado a 1,314.84 msnm, también la topografía nos refleja el punto más bajo es de 992.52 msnm. Debido a las características del terreno de la comunidad presenta un relieve montañoso. Evidenciado en los anexos XIV.

7.4. Diseño del acueducto

7.4.1. Taza de Crecimiento

Según INIDE la tasa de crecimiento al 2020 fue de 1% (INIDE, 2008, p. 54), y de acuerdo a la norma NTON 09 007-19 para tasas menores al 2.5% se adopta la tasa mínima que en este caso fue de 2.5%.

7.4.2. Población de Diseño

Tomando en cuenta una tasa de crecimiento de 2.5% y aplicando la ecuación 1 se realizó el cálculo de la población futura proyectada a 20 años, resultando una población de diseño de 311 habitantes.

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

$$P_f = 190(1 + 0.025)^{20}$$

$$P_f = 311$$

7.4.3. Consumo doméstico

Se calculó utilizando la ecuación 2, para la cual se adoptó una dotación de 80 lppd que corresponde a poblaciones rurales dispersas de acuerdo a la norma NTON 09 007-19 pág. 9, obteniéndose los resultados de 0.29 l/s

$$CD = \frac{P_f \times \text{dotación}}{86,400}$$

$$CD = \frac{311 \times 80}{86,400}$$

$$CD = 0.29 \text{ l/s}$$

7.4.4. Consumo público institucional

Debido a que en la comunidad no se prevé el desarrollo de un sector comercial e industrial sola mente se calculó el consumo público institucional, mediante la ecuación 3, la cual considera una escuela y una iglesia. El resultado del consumo público institucional fue de 0.02 l/s.

$$CPI = CD \times \frac{7}{100}$$

$$CPI = 0.29 \times \frac{7}{100}$$

$$CPI = 0.02 \text{ l/s}$$

7.4.5. Consumo promedio diario

Por lo anterior para el cálculo del consumo promedio diario se incluyó el consumo doméstico y el consumo público institucional, mientras que los valores de los consumos comerciales e industriales se consideraron en cero de este modo

utilizando la ecuación 6, se obtuvo un consumo promedio diario de 0.31 l/s como se presenta a continuación.

$$CPD = CD + CPI + CC + CInd$$

$$CPD = 0.29 + 0.02 + 0 + 0$$

$$CPD = 0.31 \text{ l/s}$$

7.4.6. Pérdidas o fugas

Debido a que en la comunidad hay menos de 500 viviendas, según la norma NTON 09 007-19 pág. 12, las pérdidas o fugas se calcularán con el 15% del consumo promedio diario, que aplicando la ecuación 7, dio como resultado 0.05 l/s, como se muestra a continuación.

$$P = CPD \times P$$

$$P = 0.31 \times 15\%$$

$$P = 0.05 \text{ l/s}$$

7.4.7. Consumo Máximo Diario

El consumo máximo diario según lo establecido en la norma NTON 09 007-19 pág. 12 que aplicando la ecuación 8, dio como resultado 0.51 l/s como se muestra a continuación.

$$CMD = 1.5 \times CPD + P$$

$$CMD = 1.5 \times 0.31 + 0.05$$

$$CMD = 0.51 \text{ l/s}$$

7.4.8. Consumo máximo Horario

El consumo máximo horario según lo establecido en la norma NTON 09 007-19 pág. 12 que aplicando la ecuación 9, dio como resultado de 0.82 l/s como se muestra a continuación.

$$CMH = 2.5 \times CPD + P$$

$$CMH = 2.5 \times 0.31 + 0.05$$

$$CMH = 0.82 \text{ l/s}$$

7.4.9. Diseño hidráulico del acueducto

7.4.9.1. Caudal de bombeo

El caudal de bombeo se calculó con la ecuación 10 cuyo valor fue de 0.51 l/s como se muestra a continuación.

$$Qb = CPD \frac{24}{N} + P$$

$$Qb = 0.31 \text{ l/s} \frac{24}{16} + 0.05 \text{ l/s}$$

$$Qb = 0.51 \text{ l/s}$$

7.4.9.2. Columna de bombeo

A continuación, se presenta los elementos de la columna de bombeo que servirán para seleccionar la tubería.

➤ Diámetro

Para determinar el diámetro de la columna de bombeo se consideró el caudal de bombeo el cual tiene un valor de 0.51 l/s que sirvió para determinar el diámetro de la tubería según la norma NTON 09 007-19 pág. 19 resultando un diámetro nominal de 50 mm.

A partir del diámetro nominal previamente seleccionado se buscó un diámetro comercial Hg clase 40, encontrándose una tubería Hg de 1 1/2 pulg de diámetro interno de 40.94 mm.

➤ Longitud

La longitud de la columna de bombeo se calculó con la ecuación 11 y es la suma del nivel dinámico más la sumergencia de 6 m que recomienda la norma NTON 09 007-19 pág. 20 y la variación estacional la cual fue considerada en 6 m la longitud de la columna de bombeo fue de 53.58 m como se observa en los siguientes cálculos.

$$LC = ND + S + V$$

$$LC = 41.58 + 6 + 6$$

$$LC = 53.58 \text{ m}$$

➤ Velocidad de flujo columna de Bombeo

La velocidad de flujo de la columna de bombeo se calculó con la ecuación 12 obteniendo un resultado de 0.41 m/s como se observa a continuación.

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

$$v = \frac{0.0005}{\pi \frac{0.040^2}{4}}$$

$$v = 0.41 \text{ m/s}$$

➤ Pérdidas de fricción en la columna de Bombeo

La pérdida de columna de bombeo se calculó con la ecuación 13 de Hazen - Williams cuyo resultado fue 0.36 m como se observa a continuación.

$$h_f = 10.679 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = 10.679 \times \frac{0.0005^{1.85}}{130^{1.85} \times 0.040^{4.87}} \times 53.58$$

$$h_f = 0.36 \text{ m}$$

El criterio de diseño que considera la norma NTON 09 007-19 pág. 20 establece que la pérdida de carga en la columna de bombeo debe ser menor que el 5% de la longitud de la columna de bombeo, siendo que la longitud de la columna de bombeo es de 53.58 m el 5% corresponde a un valor de 2.679 m, resultado mayor que 0.36 m, que corresponde a la pérdida por fricción en la columna de bombeo por tanto se considera que el diámetro seleccionado cumple los criterios de diseño.

7.4.9.3. Sarta

➤ Diámetro

Para determinar el diámetro de la sarta se utilizó el caudal de bombeo de 0.51 l/s con el cual utilizando la norma NTON 09 007-19 pág. 22 se adoptó un diámetro nominal de 50 mm a partir de la cual se buscó un diámetro comercial Hg clase 40 obteniéndose una tubería Hg de 1 ½ pulg con diámetro interno de 40.94 mm.

➤ Longitud

Debido al diámetro de 1 ½ pulg de la sarta se consideró que todos los accesorios tales como, macromedidor, manómetro, válvula de retención, cruz para derivación de descargas para pruebas de bombeo, abrazaderas, válvulas de aire y vacío, válvula de compuerta, válvula de alivio y unión flexible tipo Dresser, los cuales podrían instalarse fácil mente en una sarta de 6 m.

➤ Velocidad

La velocidad de flujo se calculó con la ecuación 12, obteniéndose un resultado de 0.41 m/s, siendo este resultado inferior a 0.6 m/s que es el mínimo que recomienda la norma NTON 09 007 19 Pág. 25, no obstante, el diámetro no podría reducirse, debido a que es el diámetro mínimo para la sarta es de 1 ½ pulg, como lo recomienda la norma NTON 09-007-19 Pág. 22.

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

$$v = \frac{0.0005 \frac{m^3}{s}}{\pi \frac{0.04^2}{4}}$$

$$v = 0.41 \text{ m/s}$$

➤ Pérdidas por fricción

La pérdida por fricción se calculó con la ecuación 13 de Hazen - Williams resultando un valor de 0.04 m.

$$h_f = 10.679 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = 10.679 \times \frac{0.0005 \frac{m^3}{s}^{1.85}}{130^{1.85} \times 0.04 \text{ m}^{4.87}} \times 6 \text{ m}$$

$$h_f = 0.04 \text{ m}$$

➤ Pérdidas locales

El cálculo de las pérdidas locales se basó en los coeficientes de rugosidad de los accesorios presentes en la sarta que se describen en la tabla 14 y aplicando la ecuación 14 se obtuvo un valor de 0.07 m.

Tabla 14: Valores de coeficiente de rugosidad por accesorios

Accesorios para Sarta	Coef K	Cantidad de Accesorios	K t
Reductor 3x2"	0.2	1	0.2
Tee SL 2"	1.8	1	1.8
Unión Maleable 2"	0.3	1	0.3
Medidor de flujo	2.58	1	2.58
Válvula retención Hid 2"	2.5	1	2.5
Válvula de compuerta 2"	0.2	1	0.2
Tee SR 2"	0.3	1	0.3
Codo 45° 2"	0.4	2	0.8
$\sum K$			8.68

Fuente. Elaboración propia.

$$h_l = \sum K \times \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$h_l = \sum 8.68 \times \left(\frac{0.41 \frac{m^2}{s}}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$h_l = 0.07 \text{ m}$$

7.4.9.4. Línea de impulsión

➤ Diámetro

El diámetro teórico en la línea de impulsión de cálculo con la ecuación 15 similar a Bresser, encontrándose un diámetro de 0.03 m. a continuación se presentan los cálculos.

$$D = K \times Q^n$$

$$D = 0.9 \times 0.0005 \frac{m^{3^{0.45}}}{s}$$

$$D = 0.03 \text{ m}$$

➤ Diámetro comercial

A partir del diámetro teórico se buscó un diámetro comercial en tubería PVC SDR 26, encontrándose una tubería PVC de 1 ½ pulg con diámetro interior de 44.6 mm.

➤ Longitud

La longitud de la tubería de la línea de impulsión se obtuvo a partir del estudio topográfico (Juego de planos), obteniéndose una longitud de 541 m

$$L = 541 \text{ m}$$

➤ Velocidad de flujo

A velocidad de flujo se calculó con la ecuación 11, utilizando el diámetro interno de la tubería PVC SDR 26 1 ½ pulg, obteniéndose un valor de 0.41 m/s. a continuación se presentan los cálculos.

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

$$v = \frac{0.0005 \frac{m^3}{s}}{\pi \frac{0.04m^2}{4}}$$

$$v = 0.41m/s$$

➤ Pérdidas por fricción

Las pérdidas por fricción se utilizó la ecuación 12 de Hazen - Williams obteniendo un resultado de 2.83 m.

$$h_f = 10.679 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = 10.679 \times \frac{0.0005 \frac{m^3}{s}^{1.85}}{150^{1.85} \times 0.04 m^{4.87}} \times 541 m$$

$$h_f = 2.83 m$$

➤ Carga dinámica

Con la ecuación 16 se calculó la carga dinámica total del sistema de bombeo, obteniendo un resultado de 120.54 m, de los cuales 117.24 m corresponden a la carga estática, considerada desde la cota del nivel dinámico hasta la cota de la descarga del tanque. A continuación, se presentan los cálculos.

$$H = NDA + Cot\ tanque - Cot\ pozo + Desc\ tanq$$

$$H = 41.58 + 123.02 + 2.8$$

$$H = 117.24 m$$

$$CDT = H + h_f + h_l$$

$$CTD = 117.24 m + 2.83 m + 0.04 m + 0.36 m + 0.07 m$$

$$CTD = 120.54 m$$

7.4.9.5. Golpe de ariete

A continuación, se calculan los diferentes parámetros para calcular la sobre presión generada por el golpe de ariete, los cuales son: Celeridad de la onda de presión, tiempo del ciclo de la onda, tiempo de parada, longitud crítica, longitud de máxima presión y sobre presión.

➤ Celeridad de la onda

Con la ecuación 17 se calculó la celeridad de la onda, obteniendo un resultado de 330 m/s, a continuación, se presentan los resultados.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}}$$
$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 35.59 \frac{44.6 \text{ mm}}{1.85}}}$$
$$a = 330 \frac{m}{s}$$

➤ Tiempo de parada

El tiempo de parada se calculó con la ecuación 18 de Mendiluse, resultando un valor de 0.20 s, que se ilustran en los siguientes cálculos.

$$T = C \times \frac{K \times L \times v}{g \times H_m}$$
$$T = 0.7 \times \frac{2.87 \times 541 m \times 0.41 \frac{m}{s}}{9.81 \frac{m}{s^2} \times 120.54 m}$$
$$T = 0.20 \text{ s}$$

➤ Tiempo del ciclo de la onda

El tiempo del ciclo de la onda se calculó con la ecuación 19 y se obtuvo un valor de 3.28 s como se observa en los cálculos.

$$t = \frac{2L}{a}$$

$$t = \frac{2 \times 541 \text{ m}}{330 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$t = 3.28 \text{ s}$$

➤ Longitud crítica

La longitud critica se calculó con la ecuación 20 y se obtuvo un resultado de 33 m, a continuación, se presentan los resultados.

$$L_c = \frac{a \times T}{2}$$

$$L_c = \frac{330 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0.20 \text{ s}}{2}$$

$$L_c = 33 \text{ m}$$

➤ Tipo de cierre

Debido a que el tiempo de parada de la válvula de no retorno fue 0.20 s y el tiempo de ciclo de la onda fue de 3.28 s, basándose en la ecuación 22, se observó que el primero es menor que el segundo por lo que se concluye que el tipo de cierre es rápido, como se presenta a continuación.

$$T: 0.20 \text{ s} < t: 3.28 \text{ s}: \text{Cierre rápido}$$

➤ Tipo de impulsiones

Basado en la ecuación 23, se observó que la línea de impulsión es mayor que la longitud critica por lo que se considera una impulsión larga como se describe a continuación.

$$L: 541 \text{ m} > L_c: 33 \text{ m}: \text{impulsion larga}$$

➤ Longitud de máxima presión

Aplicando la ecuación 21 pudo determinarse la longitud de la tubería donde se presentan las máximas presiones, observándose que las mencionadas presiones se presentan en el primer tramo de 508 m, y al finalizar el tramo las presiones comienzan una gradiente hasta alcanzar la presión estática.

$$L_m = L - L_c$$

$$L_m = 541 \text{ m} - 33 \text{ m}$$

$$L_m = 508 \text{ m}$$

➤ Sobre presión

Debido a que se encontró un tiempo de cierre rápido y una impulsión larga se recomienda utilizar la ecuación 25 de Allievi obteniéndose una sobre presión de 13.79 m.

$$\Delta H = \frac{a \times v}{g}$$

$$\Delta H = \frac{330 \times 0.41}{9.81}$$

$$\Delta H = 13.79 \text{ m}$$

➤ Presión total

La presión total en la línea de impulsión por efecto del fenómeno del golpe de ariete de la suma de la presión estática que se considera de la Sarta hasta la descarga del tanque más la sobre presión calculada, encontrándose según la ecuación 26 una presión total de 84.87 m.

$$H_{max} = H + \Delta H$$

$$H_{max} = 71.08 + 13.79$$

$$H_{max} = 84.87 \text{ m}$$

Al comparar la presión total de 84.87 m en la tubería una vez que se presenta el fenómeno del golpe de ariete, con la presión de trabajo de la tubería SDR 26 que es de 112 m, se observa que la mencionada tubería es capaz de soportar la sobre presión de 84.87 m que se presenta en la línea de impulsión.

7.4.9.6. Selección de la bomba comercial

Para la selección de la bomba comercial, primero se calculó la potencia de la bomba con la ecuación 27, obteniéndose una potencia de 1.15 hp, posteriormente se precedió a seleccionar una bomba comercial del catálogo Franklin Electric, resultando una bomba de 1.5 hp de 10 GPM modelo 4400-Tri-Seal Cuya curva de rendimiento se presenta en la ilustración 15, en la cual se indica el punto de operación de la bomba para el caudal y carga dinámica requerido.

Coordenadas del pozo en X: 5701.0000 m, Y: 1500860.0000 m, Z: 1175.490 m

➤ Potencia de la bomba

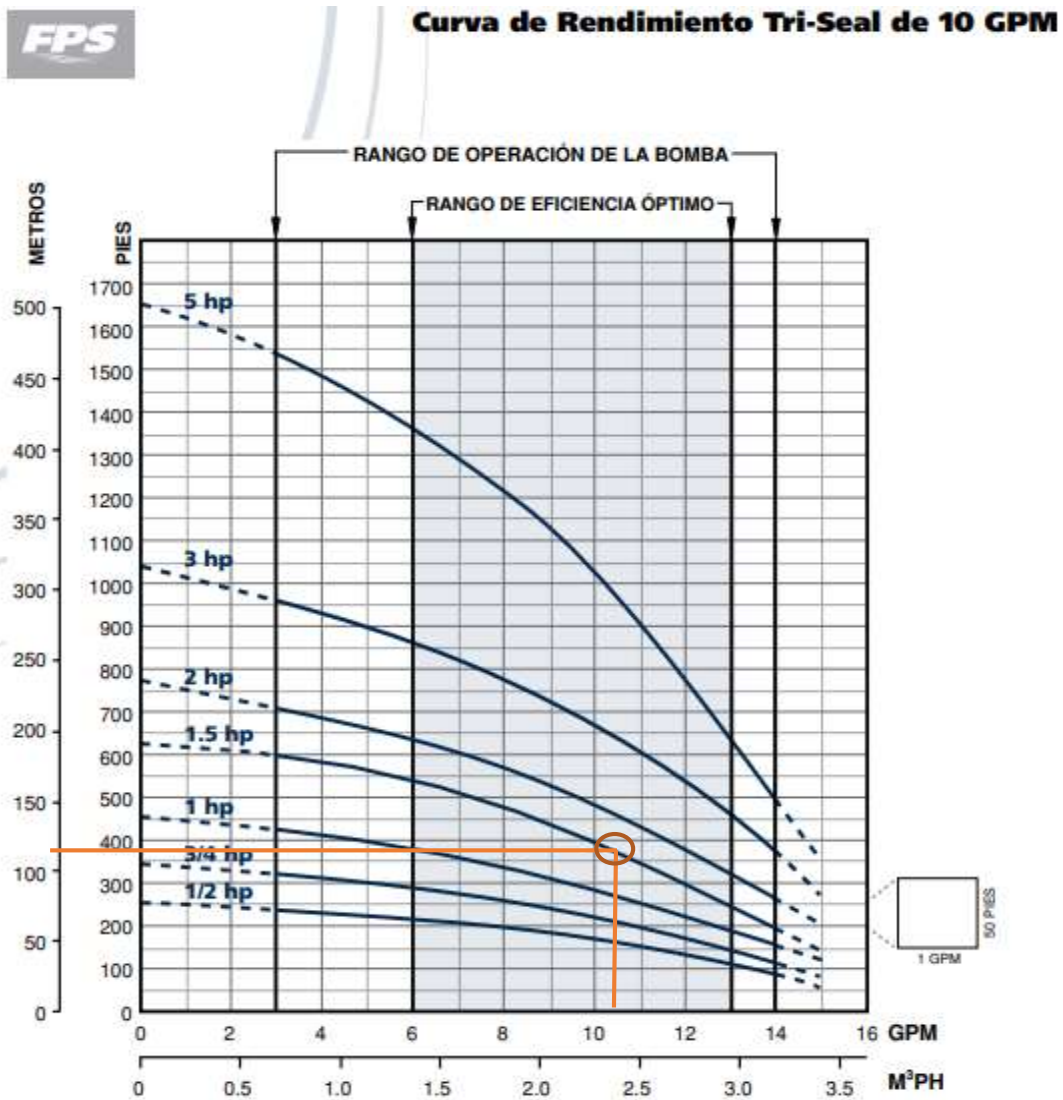
$$P = \frac{\gamma \times H \times Q}{746 \times 0.70}$$

$$P = \frac{9777 \times 120.54\text{m} \times 0.0005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{746 \times 0.70}$$

$$P = 1.15 \text{ Hp}$$

➤ Bomba comercial

Ilustración 15: Curva de rendimiento



Fuente: Álbum Franklin Electric

7.4.9.7. Tanque de almacenamiento

A continuación, se presentan los cálculos para el dimensionamiento del tanque, así mismo, se describen las coordenadas donde se localizará y el tipo de tanque que se utilizará.

➤ Dimensión del tanque

Utilizando las ecuaciones 28 y 29 que corresponde a los cálculos de volumen de compensación y volumen de reserva, se obtuvo un volumen de compensación más fugas de 5.18 m³ y un volumen de reserva de 2.68 m³ y un volumen total de 7.86 m³. Seguidamente se presentan los cálculos.

➤ Volumen de compensación

$$V_{comp+P} = \left(CPD \frac{l}{s} + P \frac{l}{s} \right) \times \left(\frac{25}{100} \times 16 h \times \frac{1 m^3 \times 3,600 s}{1000 l \times 1 h} \right)$$

$$V_{comp+P} = \left(0.31 \frac{l}{s} + 0.05 \frac{l}{s} \right) \times \left(\frac{25}{100} \times 16 h \times \frac{1 m^3 \times 3,600 s}{1000 l \times 1 h} \right)$$

$$V_{comp+P} = 5.18 m^3$$

➤ Volumen de reserva

$$V_{res} = \left(CPD \frac{l}{s} \right) \times \left(\frac{15}{100} \times 16 h \times \frac{1 m^3 \times 3,600 s}{1000 l \times 1 h} \right)$$

$$V_{res} = \left(0.31 \frac{l}{s} \right) \times \left(\frac{15}{100} \times 16 h \times \frac{1 m^3 \times 3,600 s}{1000 l \times 1 h} \right)$$

$$V_2 = 2.68 m^3$$

➤ Volumen del tanque

$$V = V_{comp+P} + V_{res}$$

$$V = 5.18 m^3 + 2.68 m^3$$

$$V = 7.86 m^3$$

➤ Cubicación del tanque

El tanque se ubicará en las coordenadas UTM 16P X: 5903.0000 m, Y: 1500411.0000 m, Z: 1298.510 m, lo que se garantiza las presiones mínimas, máximas que manda la norma NTON 09 007 19 de la pág. 32.

Se seleccionó un tipo de tanque de polietileno con capacidad de 10 m³, el cual se describe en la ilustración 16, el tanque tendrá una altura de 2.43 m, un diámetro de 2.38 m y una tapa de 0.60 m.

Ilustración 16: Tanque de almacenamiento

Especificaciones técnicas

- Material fabricado con PEAD (polietileno lineal de alta densidad) de color azul por fuera y blanco por dentro.
- Capacidades desde 1 200 L hasta 10 000 L.

Capacidades

Cisternas Garantía de por vida

Capacidad (L)	Diámetro (m)	Altura con tapa (m)	Diámetro con tapa (m)	Abastecimiento (personas)
1 200*	1.40	0.93	0.45	5
2 800	1.86	1.18	0.60	10
5 000	2.38	1.33	0.60	15
➔ 10 000	2.38	2.43	0.60	35

*1200 L incluye: Válvula de Llenado de 3/4" (19.05 mm) con reducción a 1/2" (12.7 mm), Flotador No. 7 y Bomba Centrífuga 1/2 HP.
Nota: considera en la altura de la Cisterna una tolerancia de + 5 cm.



Fuente: Rotoplas.

7.4.9.8. Desinfección

A continuación, se presentan los cálculos para la desinfección del agua.

7.4.9.9. Simulación hidráulica

- Línea de conducción
- Red de distribución

7.4.9.10. Simulación de cloro

La capacidad de cloro se calculó con la ecuación 31, para la cual se adoptó una dosis de 2.01 mg/l y el caudal correspondiente a 16 h de bombeo, obteniéndose una capacidad de 0.09 Kg como se muestra a continuación.

$$Ca = \frac{Q \times C}{1000}$$
$$Ca = \frac{46.08 \frac{m^3}{h} \times 2.01 \text{ mg/l}}{1000}$$
$$Ca = 0.09 \text{ Kg/d}$$

➤ Cantidad de cloro comercial

Conociendo la capacidad de cloro, la cual es de 90 mg diario, se calculó la cantidad comercial de cloro al 12 % que se aplicaría diariamente cuyo resultado fue de 0.75 l/d.

$$Vcl = \frac{90 \text{ mg/d}}{120 \text{ mg/l}}$$
$$Vcl = 0.75 \text{ l/d}$$

➤ Dilución del cloro

De acuerdo a la norma, el cloro debe diluirse antes de su aplicación en un rango de 1% al 3%, para el presente caso, debido a que el agua proviene de pozo profundo y según el análisis del laboratorio no presenta coliforme fecales, se adoptó una dilución al 1%, lo que corresponde a 9 litros de cloro diluido por día, los resultados se presentan a continuación.

$$vcloro = \frac{0.75 \text{ l} \times 0.12}{0.01}$$
$$vcloro = 9 \text{ l}$$

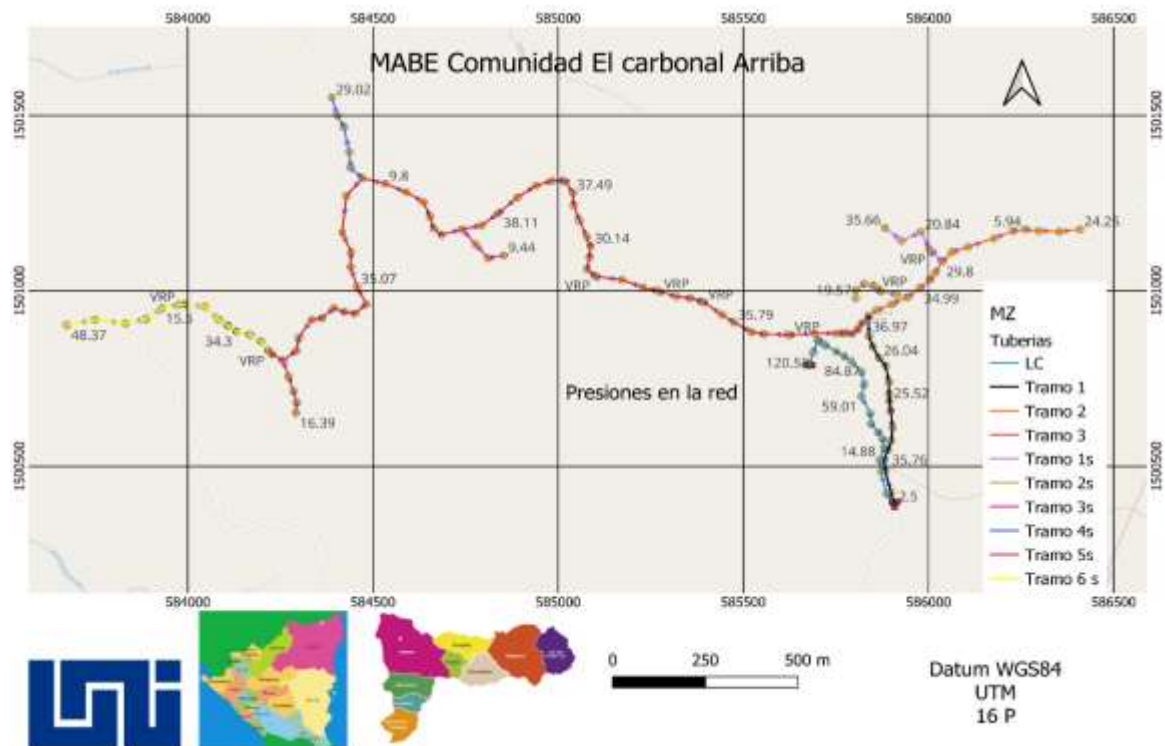
➤ Aplicación de cloro

El cloro diluido al 1% se aplicará con una bomba dosificadora a una tasa de 0.56 l/h en un periodo de diseño de 16 h de bombeo.

$$q_{\text{cloro}} = \frac{9 \text{ l}}{16 \text{ h}}$$

$$q_{\text{cloro}} = 0.56 \text{ l/h}$$

Ilustración 17: Mapa de presiones de la red



Fuente: Elaboración propia

7.5. Simulación hidráulica del sistema

A continuación, se presenta la simulación hidráulica del MABE, la cual se realizó con el software EPANET. La simulación incluye la línea de conducción que incluye columna de bombeo, sarta y línea de impulsión, así mismo se simuló la red tomando en cuenta diferentes tramos, ubicados según la distribución de la población.

7.5.1. Línea de conducción

La simulación de la línea de conducción de 669.78 m cuyo diámetros y longitudes se presentan en la tabla 15, se hizo utilizando una bomba Franklin Electric modelo 4400-Tri-Seal, la cual proporciona una presión manométrica de 120.58 m con la cual se genera un flujo de 0.73 l/s con velocidades que variaron entre 0.15 m/s y 0.47 m/s, estas velocidades son inferiores a las indicadas por la Norma NTON 09 007-19 Pág. 25 que recomienda velocidades entre 0.6 m/s y 1.5 m/s.

Tabla 15: Tubería y parámetros hidráulico L C

L C	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
p17c	53.58	77.92	130	0.64	0.13	0.39
p16s	6	52.48	130	0.64	0.3	9.13
p16	19.92	44.6	150	-0.64	0.41	4.56
p15	39.87	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p14	39.85	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p13	31.64	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p12	52.88	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p11	39.87	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p10	36.28	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p9	53.71	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p8	36.9	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p7	32.22	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p6	29.74	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p5	28.13	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p4	43.18	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p3	37.11	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p2	25.33	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
p1	63.57	44.6	150	-0.64	0.41	4.57
Total	669.78					

Fuente: Elaboración propia.

Como se indicó anteriormente la presión manométrica aportada por la columna de bombeo que fue de 120.58 m, a partir de la cual la presión se redujo por efecto de la pérdida por fricción hasta un mínimo de 2.5, la cual ocurre en el tanque de almacenamiento. En la tabla 16 se presentan los cálculos de la altura piezométrica y la presión en la línea de conducción.

Tabla 16: Nodos y presiones, L C

L c	Cota	Demanda base	Altura	Presión
Embalse	1200.048	0	1200.05	0
n17c	1241.628	0	1319.83	78.2
n17	1241.628	0	1319.83	78.2
n17s	1200.048	0	1319.85	119.8
n16	1230.9	0	1319.68	88.78
n15	1225.11	0	1319.5	94.39
n14	1258.711	0	1319.32	60.61
n13	1234.9	0	1319.17	84.27
n12	1265.798	0	1318.93	53.13
n11	1270.322	0	1318.75	48.43
n10	1260.01	0	1318.58	58.57
n9	1260.2	0	1318.34	58.14
n8	1281.59	0	1318.17	36.58
n7	1282.51	0	1318.02	35.51
n6	1296.462	0	1317.89	21.42
n5	1280.1	0	1317.76	37.66
n4	1302.84	0	1317.56	14.72
n3	1296.5	0	1317.39	20.89
n2	1297.29	0	1317.1	19.81
TQ	1314.484	0	1316.98	2.5

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 18 se presenta el perfil del terreno natural, observándose varios simas y columpios, lo que tipifica un terreno muy irregular, que tendrá que considerarse al momento de instalarse la tubería.

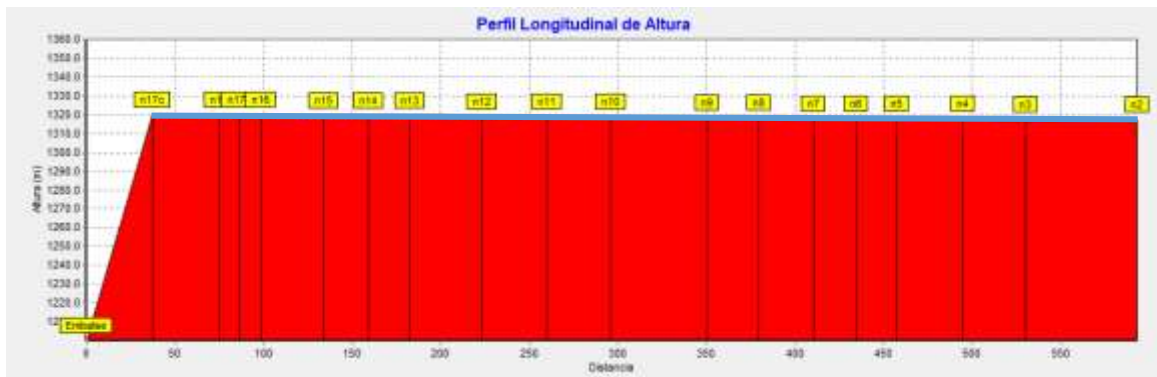
Ilustración 18: Perfil longitudinal de Cota



Fuente: Elaboración propia

La altura piezométrica se presenta en la ilustración 19 en la cual se observa la gradiente piezométrica desde el cuerpo de bombeo hasta el tanque de almacenamiento, la poca gradiente se debe a la baja velocidad del flujo, las cuales inciden en una menor perdida de carga por fricción.

Ilustración 19: Perfil longitudinal de altura



Fuente: Elaboración propia

El perfil de presiones se presenta en la ilustración 20 observándose una gran variación en las presiones en la medida que el flujo generado por el cuerpo de bombeo se dirige al tanque de almacenamiento. Las variaciones de presiones se deben a la irregularidad del terreno natural donde se instalará la línea de conducción.

Ilustración 20: Perfil longitudinal de presión



Fuente: Elaboración propia

7.5.2. Red de distribución

Nodos de demanda

La simulación de la red de distribución se realizó con el caudal del consumo máximo horario el cual se distribuyó en nodos de demandas, según la ubicación de las viviendas en la comunidad. En la tabla 17 se presentan la distribución del consumo máximo diario en los diferentes sectores en que se dividió la comunidad.

Tabla 17: Tabla de la red

	Long (m)	Viviendas	Nodos	Q tramos	qn
Tramo principal	2521	16	6	0.32	0.05
T1	547	4	1	0.08	0.08
T2	652	6	2	0.12	0.06
T3	192	3	1	0.06	0.06
T4	141	2	1	0.04	0.04
T5	154	2	1	0.04	0.04
T6	254	1	1	0.02	0.02
T7	155	3	1	0.06	0.06
T8	631	4	2	0.08	0.04
Total		41	16	0.82	

Fuente: Elaboración propia

7.5.2.1. Tramo 1 de la red.

La simulación del tramo 1 de 595.70 m, siendo el tramo principal de una red abierta en la cual se conectan diversos sectores secundarios, este tramo se diseñó con un diámetro de 1 ½" de tubería PVC SDR26. El caudal transportado varió de 0.72 a 0.8 l/s, las velocidades de 0.14 m/s y 0.51 son inferiores a las indicadas por la Norma NTON 09 007-19 Pág. 25 que recomienda velocidades entre 0.6 m/s y 5 m/s, por lo tanto, se instalaran válvulas de limpiezas en los columpios de la red. El detalle de todos los cálculos hidráulicos en la tubería se presenta en la tabla 18.

Tabla 18: Tramo 1 Parámetros hidráulicos

Tramo 1	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
1	25.33	44.6	150	0.8	0.51	6.94
2	63.57	44.6	150	0.8	0.51	6.94
3	37.11	44.6	150	0.8	0.51	6.94
4	43.18	44.6	150	0.72	0.46	5.71
5	28.13	44.6	150	0.72	0.46	5.71
P125	37.81	44.6	150	-0.72	0.46	5.71
P17	54.26	44.6	150	0.72	0.46	5.71
P18	35.34	44.6	150	0.72	0.46	5.71
VRP1	0	0	0	0	0	0
P19	43.49	44.6	150	0.72	0.46	5.71
P20	46.67	44.6	150	0.72	0.46	5.71
P21	28.14	44.6	150	0.72	0.46	5.71
P22	25.6	44.6	150	0.22	0.14	0.63
P126	36.84	44.6	150	-0.72	0.46	5.71
P127	32.33	44.6	150	0.72	0.46	5.71
P128	57.9	44.6	150	0.72	0.46	5.71
Total	595.7					

Elaboración propia

La presión mínima exceptuando el tanque de almacenamiento fue de 10 m y la máxima fue de 36.97 m, todas cumplen con las presiones que recomienda la NTON 09 007-19 pág. 29. la cual recomienda presiones en el rango de 5 a 50 m, para comunidades rurales. En la tabla 19 se presentan los cálculos de la altura piezométrica y la presión en la línea de conducción.

Tabla 19: Tramo 1 Nodos y presiones

Tramo 1	Cota	Demanda base	Altura	Presión
TQ	1314.484	0	1316.98	2.5
4	1297.29	0	1316.81	19.52
3	1296.5	0	1316.37	19.87
2	1302.84	0.08	1316.11	13.27
1	1280.1	0	1315.86	35.76
n137	1296.462	0	1315.7	19.24
n136	1297.494	0	1315.49	17.99
n19	1292.919	0	1315.18	22.26
VRP	1289.452	0	1314.97	25.52
n20	1289.452	0	1299.45	10
n21	1284.563	0	1299.2	14.64
n22	1277.858	0	1298.94	21.08
n23	1272.739	0	1298.78	26.04
n138	1269.867	0	1298.57	28.7
n139	1266.2	0	1298.38	32.18
n24	1261.077	0.05	1298.05	36.97

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 21 se presenta el perfil del terreno natural, observándose dos simas seguida de un columpio pronunciada que culmina con una pendiente gradual que culmina hasta la cota más baja.

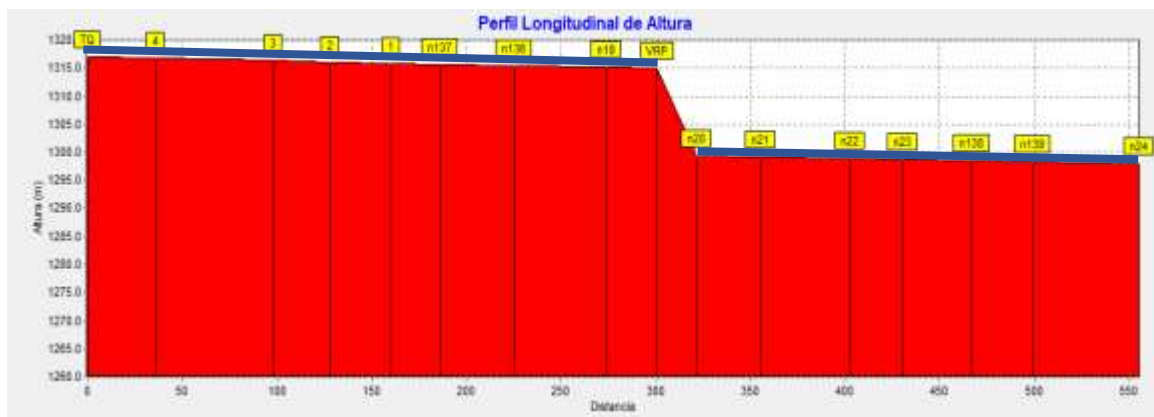
Ilustración 21: Perfil longitudinal de cota



Fuente. Elaboración propia

La altura piezométrica se presenta en la ilustración 22 en la cual se observa una ruptura de carga en el nodo n19 y n20 a causa de una válvula rompe presión, así mismo la gradiente piezométrica vario entre 6.94 m/km al inicio del tramo y 5.71 m/km al final del tramo.

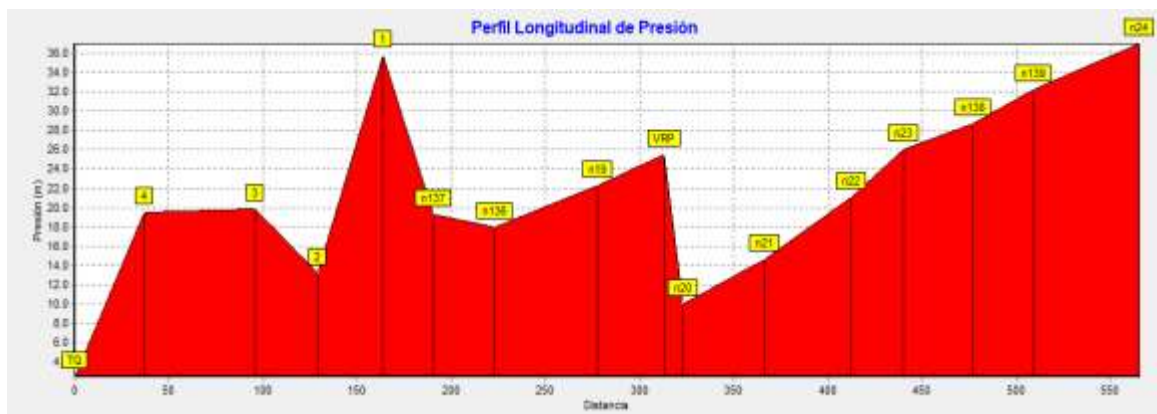
Ilustración 22: Perfil longitudinal de altura



Fuente: Elaboración propia

El perfil de presiones se presenta en la ilustración 23 observándose que las presiones tienden a aumentar en la medida que se desciende en el terreno hasta el punto donde fue necesario instalar la válvula rompe presión (n19 y n20) posteriormente la presión volvió a incrementarse a causa de las menores cotas al final del tramo.

Ilustración 23: Perfil longitudinal de presión



Fuente: Elaboración propia

La simulación del tramo 2 de 657.29 m, este tramo se diseñó con un diámetro de 1 ½" de tubería PVC SDR26. El caudal transportado varió de 0.06 a 0.22 l/s, las velocidades de 0.04 y 0.14 m/s son inferiores a las indicadas por la Norma NTON 09 007-19 Pág. 25 que recomienda velocidades entre 0.6 m/s y 5 m/s, por lo tanto,

se instalaran válvulas de limpiezas en los columnpios de la red. El detalle de todos los cálculos hidráulicos en la tubería se presenta en la tabla 20.

Tabla 20: Tramo 2 Tubería y parámetros hidráulicos

Tramo 2	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
p22	25.6	44.6	150	0.22	0.14	0.63
p23	46.45	44.6	150	0.22	0.14	0.64
p24	31.52	44.6	150	0.22	0.14	0.63
p25	50.1	44.6	150	0.18	0.12	0.44
p26	37.31	44.6	150	0.18	0.12	0.44
p111	22.97	44.6	150	0.18	0.12	0.43
p112	52.78	44.6	150	0.18	0.12	0.44
p113	31.03	44.6	150	0.12	0.08	0.21
p114	45.93	44.6	150	0.06	0.04	0.06
p115	73.43	44.6	150	0.06	0.04	0.06
p116	56.32	44.6	150	0.06	0.04	0.06
p117	32.74	44.6	150	0.06	0.04	0.05
p118	37.74	44.6	150	0.06	0.04	0.06
p119	56.73	44.6	150	0.06	0.04	0.06
p120	56.64	44.6	150	0.06	0.04	0.06
Total	657.29					

Fuente: Elaboración propia

La presión más baja fue en el nodo n127 siendo el punto más alto del tramo con una presión de 5.94 m y la máxima fue de 38.66 m en el nodo n121, todas las presiones cumplen con las presiones que recomienda la NTON 09 007-19 pág. 29. la cual recomienda presiones en el rango de 5 a 50 m, para comunidades rurales. En la tabla 21 se presentan los cálculos de la altura piezométrica y la presión en la línea de conducción.

Tabla 21: Tramo 2 Nodos y presiones

Tramo 2	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n24	1261.077	0.05	1298.05	36.97
n25	1263.029	0	1298.03	35.01
n26	1268.526	0	1298	29.48
n28	1270.391	0	1297.98	27.59
n29	1262.97	0	1297.96	34.99
n120	1259.78	0	1297.95	38.17
n121	1259.272	0	1297.94	38.66
n122	1268.111	0	1297.91	29.8

Tramo 2	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n123	1275.95	0.06	1297.91	21.96
n124	1279.536	0	1297.9	18.37
n125	1286.339	0	1297.9	11.56
n126	1290.243	0	1297.9	7.65
n127	1291.957	0	1297.89	5.94
n128	1284.452	0	1297.89	13.44
n129	1276.837	0	1297.89	21.05
n130	1273.637	0.06	1297.89	24.25

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 24 se presenta el perfil del terreno natural, observándose dos simas con un columpio pronunciado entre ambas simas culminando con una pendiente negativa.

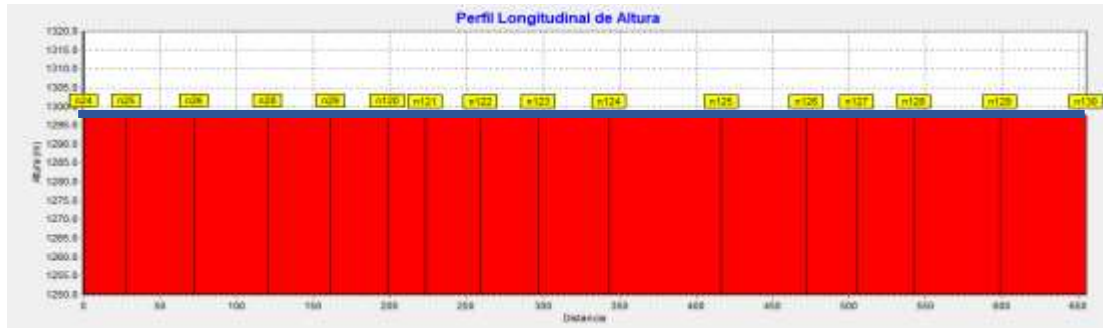
Ilustración 24: Perfil longitudinal de cota



Fuente: Elaboración propia

La altura piezométrica se presenta en la ilustración 25 en la cual se observa una pendiente que va en descenso que corresponde a la variación de la pérdida de carga, así mismo la gradiente piezométrica vario entre 0.64 m/km al inicio del tramo y 0.05 m/km al final del tramo correspondiendo ésta a las menores pérdidas por fricción a causa de reducción del caudal a partir de la tubería p114.

Ilustración 25: Perfil longitudinal de altura



Fuente: Elaboración propia

El perfil de presiones se presenta en la ilustración 26 observándose que presenta variaciones importantes de 5.94 m y 38.66 m, no obstante, estas presiones están el rango permitido.

Ilustración 26: Perfil longitudinal de presión



Fuente: Elaboración propia

La simulación del tramo 3 de 2,569.31 m, siendo este el tramo secundario, al cual se conectan cuatro pequeños ramales, este tramo se diseñó con un diámetro de 1 ½" de tubería PVC SDR26. El caudal transportado varió de 0.13 a 0.45 l/s, las velocidades de 0.08 m/s que es la menor y 0.29 m/s que es la mayor son inferiores a las indicadas por la Norma NTON 09 007-19 Pág. 25 que recomienda velocidades entre 0.6 m/s y 5 m/s, por lo tanto, se instalaran válvulas de limpiezas en los cumpios de la red. El detalle de todos los cálculos hidráulicos en la tubería se presenta en la tabla 22.

Tabla 22: Tramo 3 Tubería y parámetros hidráulicos

Tramo3	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
P22	25.6	44.6	150	0.22	0.14	0.63
P27	26.71	44.6	150	0.45	0.29	2.39
P28	19.91	44.6	150	0.45	0.29	2.39
P29	20.67	44.6	150	0.45	0.29	2.4
P30	17.91	44.6	150	0.45	0.29	2.38
VRP3	0	0	0	0	0	0
P31	28.42	44.6	150	0.45	0.29	2.39
P32	57.74	44.6	150	0.45	0.29	2.39
P33	64.97	44.6	150	0.45	0.29	2.39
VRP4	0	0	0	0	0	0
P34	75.86	44.6	150	0.45	0.29	2.39
P35	35.78	44.6	150	0.45	0.29	2.39
P36	53.34	44.6	150	0.45	0.29	2.39
P37	39.15	44.6	150	0.45	0.29	2.39
P38	61.97	44.6	150	0.4	0.26	1.92
VRP5	0	0	0	0	0	0
P39	37.97	44.6	150	0.4	0.26	1.92
P40	38.19	44.6	150	0.4	0.26	1.92
P41	49.58	44.6	150	0.4	0.26	1.92
VRP6	0	0	0	0	0	0
P42	47.98	44.6	150	0.4	0.26	1.92
P43	62.19	44.6	150	0.4	0.26	1.92
P44	72.75	44.6	150	0.4	0.26	1.92
VRP7	0	0	0	0	0	0
P45	33.3	44.6	150	0.4	0.26	1.92
P46	36.42	44.6	150	0.35	0.22	1.5
P47	31.93	44.6	150	0.35	0.22	1.5
P48	27.43	44.6	150	0.35	0.22	1.5
P49	50.55	44.6	150	0.35	0.22	1.5
P50	47.89	44.6	150	0.35	0.22	1.5
P51	35.03	44.6	150	0.35	0.22	1.5
P52	39.34	44.6	150	0.35	0.22	1.5
VRP8	0	0	0	0	0	0
P53	33.12	44.6	150	0.35	0.22	1.5
P54	44.97	44.6	150	0.35	0.22	1.5
P55	60.62	44.6	150	0.35	0.22	1.5
P56	67.43	44.6	150	0.3	0.19	1.13
VRP9	0	0	0	0	0	0

Tramo3	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
P57	60.31	44.6	150	0.3	0.19	1.13
P58	54.89	44.6	150	0.3	0.19	1.13
P59	58.28	44.6	150	0.26	0.17	0.87
P60	32.72	44.6	150	0.26	0.17	0.87
P61	35.26	44.6	150	0.26	0.17	0.87
P62	50.14	44.6	150	0.26	0.17	0.87
P63	60.12	44.6	150	0.26	0.17	0.87
P64	61.68	44.6	150	0.26	0.17	0.87
P65	63.44	44.6	150	0.26	0.17	0.87
P66	67.12	44.6	150	0.24	0.15	0.75
P67	106.7	44.6	150	0.24	0.15	0.75
P68	59.85	44.6	150	0.24	0.15	0.75
P69	42.73	44.6	150	0.24	0.15	0.75
P70	58.41	44.6	150	0.19	0.12	0.48
P71	56.03	44.6	150	0.19	0.12	0.48
P72	40.74	44.6	150	0.19	0.12	0.48
P73	28.39	44.6	150	0.19	0.12	0.48
P74	30.98	44.6	150	0.19	0.12	0.49
P75	43.75	44.6	150	0.19	0.12	0.48
P76	28.77	44.6	150	0.19	0.12	0.49
P77	60.52	44.6	150	0.19	0.12	0.48
P78	38.91	44.6	150	0.19	0.12	0.48
P79	46.22	44.6	150	0.19	0.12	0.48
P80	38.63	44.6	150	0.13	0.08	0.24
Total	2569.31					

Fuente. Elaboración propia

La presión mínima fue de 9.8 m y la máxima fue de 49.69 m, todas cumplen con las presiones que recomienda la NTON 09 007-19 pág. 29. la cual recomienda presiones en el rango de 5 a 50 m, para comunidades rurales. En la tabla 23 se presentan los cálculos de la altura piezométrica y la presión en la línea de conducción.

Tabla 23: Tramo 3 Nodos y presiones

Tramo 3	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n24	1261.077	0.05	1298.05	36.97
n31	1259.752	0	1297.99	38.23

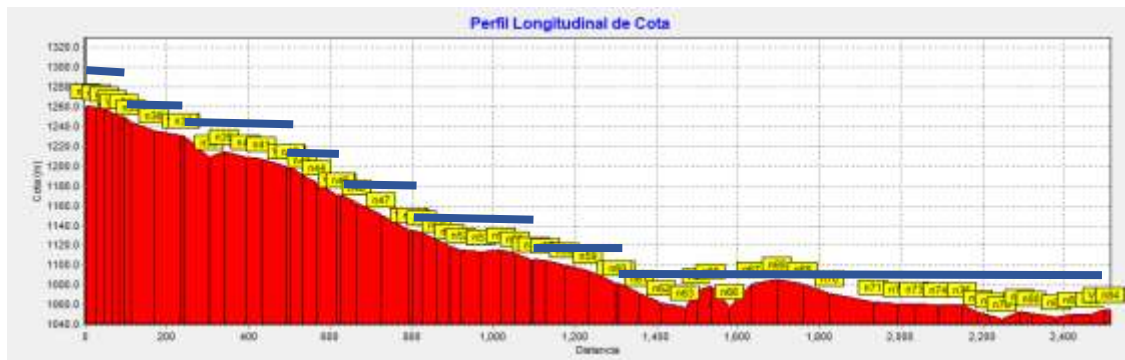
Tramo 3	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n32	1257.873	0	1297.94	40.07
n33	1254.815	0	1297.89	43.07
VRP3	1250.894	0	1297.85	46.95
n34	1250.894	0	1264.89	14
n35	1244.501	0	1264.83	20.33
n36	1236.581	0	1264.69	28.11
VRP4	1231.518	0	1264.53	33.01
n37	1231.518	0	1245.52	14
n38	1209	0	1245.34	36.34
n39	1215.265	0	1245.25	29.99
n40	1209.336	0	1245.12	35.79
n41	1207.916	0.05	1245.03	37.11
VRP5	1199.797	0	1244.91	45.11
n42	1199.797	0	1213.8	14
n43	1191.026	0	1213.72	22.7
n44	1183.354	0	1213.65	30.3
VRP6	1171	0	1213.56	42.56
n45	1171	0	1185	14
n46	1163.603	0	1184.91	21.3
n47	1151.191	0	1184.79	33.6
VRP7	1136.136	0	1184.65	48.51
n48	1136.136	0	1150.14	14
n49	1132.969	0.05	1150.07	17.1
n50	1126.578	0	1150.02	23.44
n51	1119.834	0	1149.97	30.14
n52	1115.998	0	1149.93	33.93
n53	1113.92	0	1149.85	35.93
n54	1115.785	0	1149.78	34
n55	1112.239	0	1149.73	37.49
VRP8	1106.196	0	1149.67	43.47
n56	1106.196	0	1120.2	14
n57	1104.714	0	1120.15	15.43
n58	1100.407	0	1120.08	19.67
n59	1094.117	0.05	1119.99	25.87
VRP9	1081.804	0	1119.91	38.11
n60	1081.804	0	1095.8	14
n61	1071.695	0	1095.74	24.04
n62	1062.163	0	1095.67	33.51
n63	1057.1	0	1095.62	38.52

Tramo 3	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n64	1074.832	0	1095.6	20.76
n65	1079.633	0	1095.56	15.93
n66	1057.9	0	1095.52	37.62
n67	1081.467	0	1095.47	14
n68	1085.614	0	1095.42	9.8
n69	1080.763	0	1095.36	14.6
n70	1071.203	0	1095.31	24.11
n71	1062.902	0	1095.23	32.33
n72	1061.391	0	1095.19	33.8
n73	1060.935	0.05	1095.15	34.22
n74	1060.054	0	1095.13	35.07
n75	1060.157	0	1095.1	34.94
n76	1052.604	0	1095.08	42.48
n77	1049.839	0	1095.07	45.23
n78	1045.433	0	1095.05	49.62
n79	1053.469	0	1095.03	41.56
n80	1051.477	0	1095.02	43.54
n81	1047.756	0	1094.99	47.23
n82	1050.63	0	1094.97	44.34
n83	1050.472	0	1094.94	44.47
VRP10	1054.908	0	1094.94	40.03
n84	1054.908	0.05	1068.91	14

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 27 se presenta el perfil del terreno natural, observándose seis simas seguida de cuatro columpios pronunciada que culmina con una pendiente gradual hasta la cota más baja, donde se observa un terreno ligeramente plano.

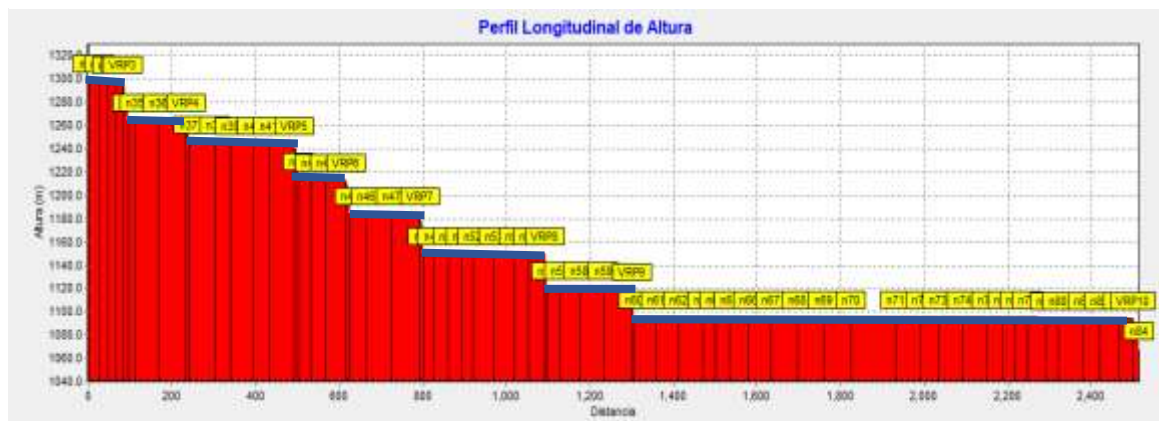
Ilustración 27: Perfil longitudinal de cota



Fuente: Elaboración propia

La altura piezométrica se presenta en la ilustración 28 en la cual se observa ocho rupturas de carga ubicadas en los siguientes nodos: n33 – n34, n36 – n37, n41 – n42, n44 – n45, n47 – n48, n55 – n56, n59 – n60, n83 – n84, a causa de válvulas rompe presión, así mismo la gradiente piezométrica vario entre 2.39 m/km al inicio del tramo y 0.24 m/km al final del tramo.

Ilustración 28: Perfil longitudinal de altura

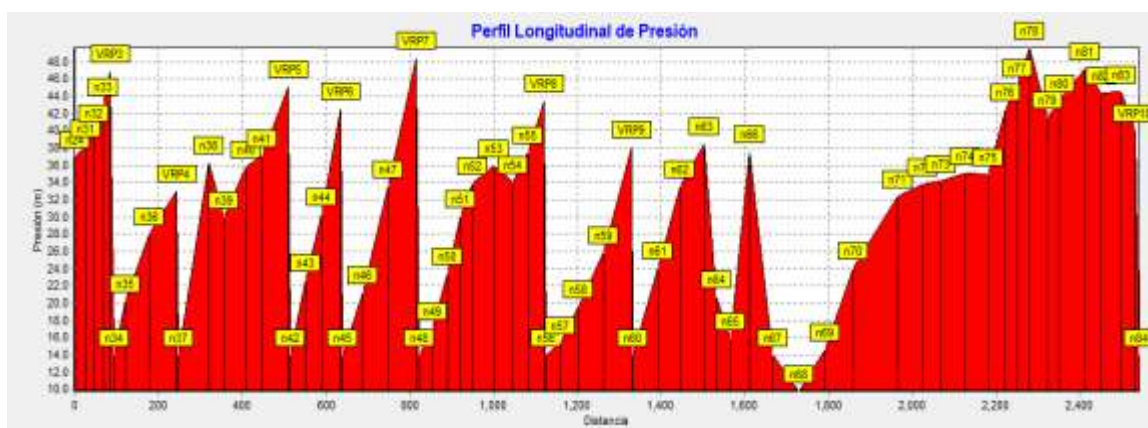


Fuente: Elaboración propia

El perfil de presiones se presenta en la ilustración 29 observándose que las presiones tienden a aumentar en la medida que se desciende en el terreno hasta el punto donde fue necesario instalar válvulas rompe presión (n33 – n34, n36 –

n37, n41 – n42, n44 – n45, n47 – n48, n55 – n56, n59 – n60, n83 – n84) por todo el tramo.

Ilustración 29: Perfil longitudinal de presión



Fuente: Elaboración propia

La simulación del tramo 4 de 562.61 m, este tramo se diseñó con un diámetro de 1 ½" de tubería PVC SDR26. El caudal transportado varió de 0.04 a 0.08 l/s, estas velocidades de 0.03 m/s que es la menor y 0.05 m/s la mayor son inferiores a las indicadas por la Norma NTON 09 007-19 Pág. 25 que recomienda velocidades entre 0.6 m/s y 5 m/s, por lo tanto, se instalaran válvulas de limpiezas en los cumpios de la red. El detalle de todos los cálculos hidráulicos en la tubería se presenta en la tabla 24.

Tabla 24: Tramo 4 Tubería y parámetros hidráulicos

Tramo 4	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
VRP10	0	0	0	0	0	0
P81	48.19	44.6	150	0.08	0.05	0.1
P82	36.59	44.6	150	0.08	0.05	0.1
P83	39.58	44.6	150	0.08	0.05	0.1
P84	27.93	44.6	150	0.08	0.05	0.1
P85	28.6	44.6	150	0.08	0.05	0.1
P86	54.41	44.6	150	0.08	0.05	0.1
P87	54.71	44.6	150	0.08	0.05	0.1
VRP11	0	0	0	0	0	0

Tramo 4	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
P89	52.05	44.6	150	0.04	0.03	0.03
P90	59.25	44.6	150	0.04	0.03	0.03
P91	82.98	44.6	150	0.04	0.03	0.03
P92	78.32	44.6	150	0.04	0.03	0.03
Total	562.61					

Fuente: Elaboración propia

La presión mínima fue de 14 m y la máxima fue de 48.37 m, todas cumplen con las presiones que recomienda la NTON 09 007-19 pág. 29 la cual recomienda presiones en el rango de 5 a 50 m, para comunidades rurales. En la tabla 25 se presentan los cálculos de la altura piezométrica y la presión en la línea de conducción.

Tabla 25: Tramo 4 Nodos y presiones

Tramo 4	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n84	1054.908	0.05	1068.91	14
n85	1043.58	0	1068.9	25.32
n86	1036.817	0	1068.9	32.08
n87	1034.597	0	1068.9	34.3
n88	1034.748	0	1068.89	34.15
n89	1034.436	0	1068.89	34.45
n90	1026.1	0	1068.89	42.79
VRP11	1026.908	0	1068.88	41.97
n91	1026.908	0	1040.91	14
n92	1025.4	0.04	1040.9	15.5
n93	1025.711	0	1040.9	15.19
n94	1011.299	0	1040.9	29.6
n95	1006.144	0	1040.9	34.75
n96	992.5264	0.04	1040.89	48.37

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 30 se presenta el perfil del terreno natural, observándose una pendiente gradual seguida de dos zonas planas y concluyendo con un terreno negativa gradual.

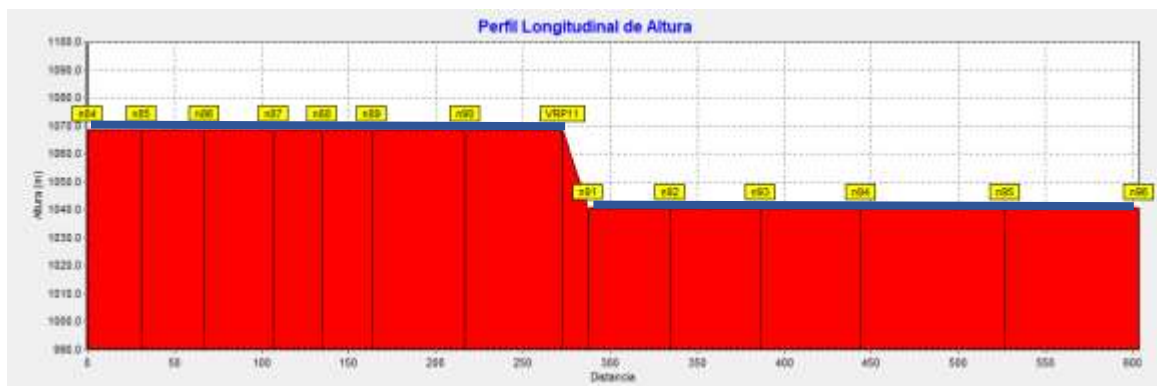
Ilustración 30: Perfil longitudinal de cota



Fuente: Elaboración propia

La altura piezométrica se presenta en la ilustración 31 en la cual se observa una ruptura de carga ubicadas en los siguientes nodos n90 y n91, a causa de válvulas rompe presión, así mismo la gradiente piezométrica vario entre 0.1 m/km al inicio del tramo y 0.03 m/km al final del tramo.

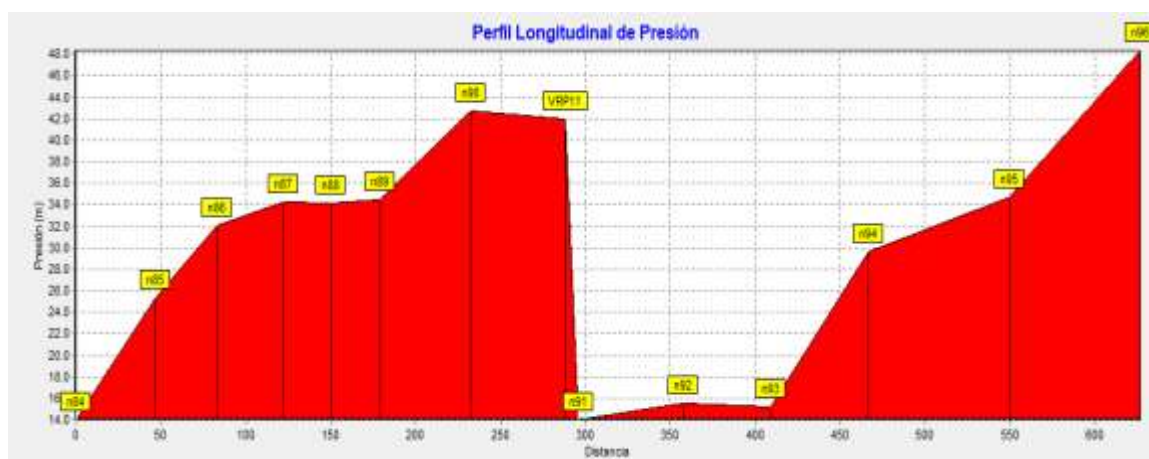
Ilustración 31: Perfil longitudinal de altura



Fuente: Elaboración propia

El perfil de presiones se presenta en la ilustración 32 observándose que las presiones tienden a aumentar en la medida que se desciende en el terreno hasta el punto donde fue necesario instalar una válvula rompe presión en el nodo n90 y n91 reduciéndose la presión hasta los 14 m, a partir de la cual las presiones se aumentaron hasta 48.37 m.

Ilustración 32: Perfil longitudinal de presión



Fuente: Elaboración propia

La simulación del tramo 5 de 195.71 m, este tramo se diseñó con un diámetro de 1 ½" de tubería PVC SDR26. El caudal transportado fue de 0.06 l/s, con una velocidad de 0.04 m/s la cual es inferior a las indicadas por la Norma NTON 09 007-19 Pág. 25 que recomienda velocidades entre 0.6 m/s y 5 m/s, por lo tanto, se instalaran válvulas de limpiezas en los cumpios de la red. El detalle de todos los cálculos hidráulicos en la tubería se presenta en la tabla 26.

Tabla 26: Tramo 5 Tubería y parámetros hidráulicos

Tramo 5	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
p121	37.98	44.6	150	0.06	0.04	0.05
VRP2	0	0	0	0	0	0
P122	46.09	44.6	150	0.06	0.04	0.06
P123	53.17	44.6	150	0.06	0.04	0.06
P124	58.47	44.6	150	0.06	0.04	0.06
Total	195.71					

Fuente: Elaboración propia

La presión mínima fue de 14 m y la máxima fue de 35.66 m, todas cumplen con las presiones que recomienda la NTON 09 007-19 pág. 29 la cual recomienda presiones en el rango de 5 a 50 m, para comunidades rurales. En la tabla 27 se presentan los cálculos de la altura piezométrica y la presión en la línea de conducción.

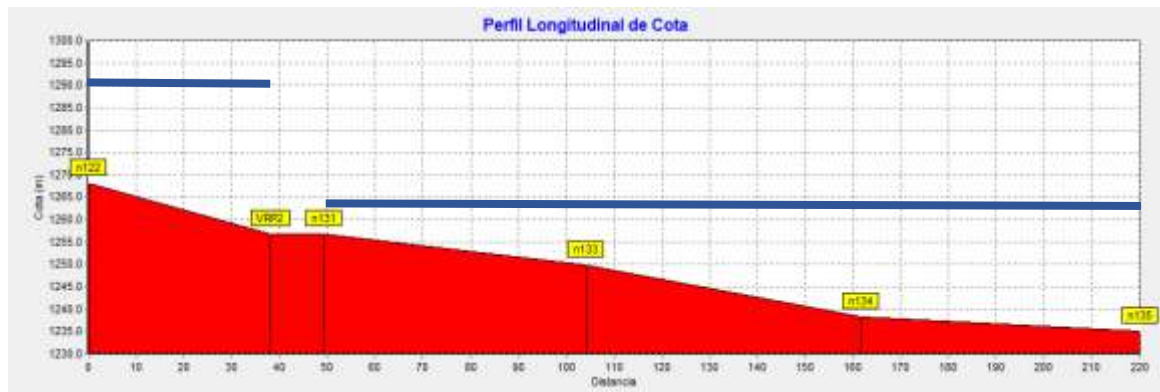
Tabla 27: Tramo 5 Nodos y presiones

Tramo 5	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n122	1268.111	0	1297.91	29.8
VRP2	1256.702	0	1297.91	41.21
n131	1256.702	0	1270.7	14
n133	1249.86	0	1270.7	20.84
n134	1238.33	0	1270.7	32.37
n135	1235.032	0.06	1270.69	35.66

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 33 se presenta el perfil del terreno natural, observándose una pendiente gradual negativa.

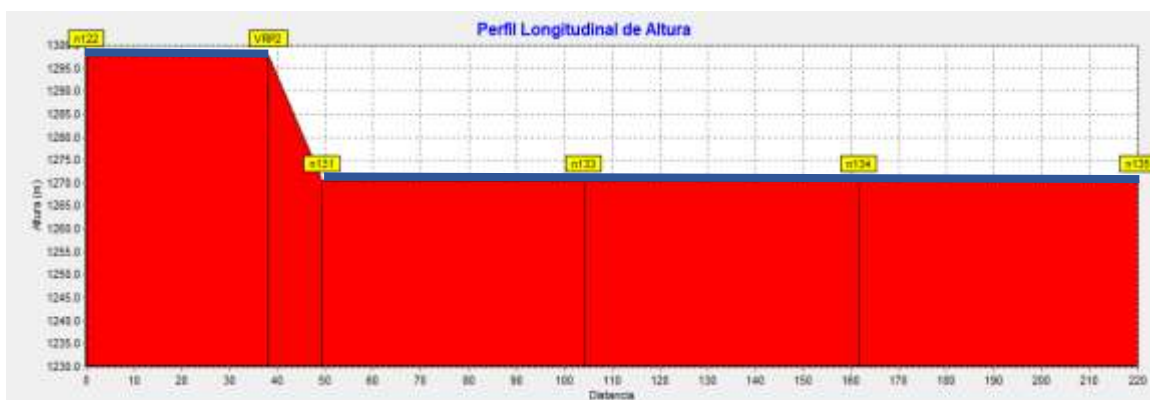
Ilustración 33: Perfil longitudinal de cota



Fuente: Elaboración propia

La altura piezométrica se presenta en la ilustración 34 en la cual se observa una ruptura de carga ubicada en los siguientes nodos n122 y n131, a causa de válvulas rompe presión, así mismo la gradiente piezométrica vario entre 0.06 m/km al inicio del tramo y 0.05 m/km al final del tramo.

Ilustración 34: Perfil longitudinal de altura



Fuente: Elaboración propia

El perfil de presiones se presenta en la ilustración 35 observándose que las presiones tienden a aumentar hasta 41.21 m en la medida que se desciende en el terreno hasta el punto donde fue necesario instalar una válvula rompe presión en el nodo n122 y n131, reduciendo la presión hasta 14, la cual volvió a aumentar hasta 35.66 m.

Ilustración 35: Perfil longitudinal de presión



Fuente: Elaboración propia

La simulación del tramo 6 de 161.68 m de la red, se diseñó con un diámetro de 1 ½" de tubería PVC SDR26. El caudal transportado fue de 0.04 l/s, con velocidad de 0.03 m/s, esta velocidad es inferior a las indicadas por la Norma NTON 09 007-19 Pág. 25 que recomienda velocidades entre 0.6 m/s y 5 m/s, por lo tanto, se

instalaran válvulas de limpiezas en los cumpios de la red. El detalle de todos los cálculos hidráulicos en la tubería se presenta en la tabla 28.

Tabla 28: Tramo 6 Tubería y parámetros hidráulicos

Tramo 6	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
p105	18.06	44.6	150	0.04	0.03	0.03
p106	45.21	44.6	150	0.04	0.03	0.03
VRP	0	0	0	0	0	0
P108	25.62	44.6	150	0.04	0.03	0.03
P109	26.32	44.6	150	0.04	0.03	0.02
P110	31.24	44.6	150	0.04	0.03	0.03
P107	15.23	44.6	150	-0.04	0.03	0.03
Total	161.68					

Fuente: Elaboración propia

La presión mínima fue de 13 m y la máxima fue de 39.69 m, todas cumplen con las presiones que recomienda la NTON 09 007-19 pág. 29 la cual recomienda presiones en el rango de 5 a 50 m, para comunidades rurales. En la tabla 29 se presentan los cálculos de la altura piezométrica y la presión en la línea de conducción.

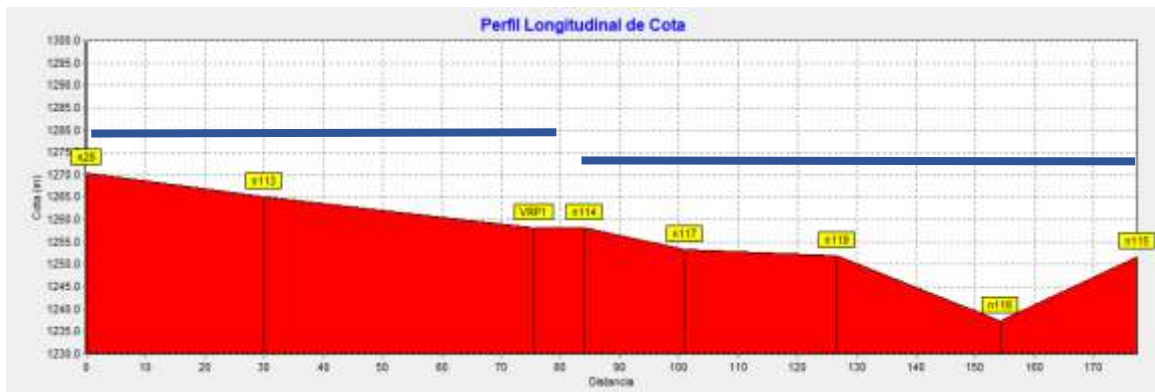
Tabla 29: Tramo 6 Nodos y presiones

Tramo 6	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n28	1270.391	0	1297.98	27.59
n113	1265.087	0	1297.98	32.9
VRP1	1258.297	0	1297.98	39.69
n114	1258.297	0	1271.3	13
n117	1253.331	0	1271.3	17.97
n119	1251.989	0	1271.3	19.31
n116	1237.3	0	1271.29	33.99
n115	1251.728	0.04	1271.29	19.57

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 36 se presenta el perfil del terreno natural, observándose una pendiente negativa fuerte que culmina en un cumpio a partir del cual surge otra pendiente positiva hasta el final del tramo.

Ilustración 36: Perfil longitudinal de cota



Fuente: Elaboración propia

La altura piezométrica se presenta en la ilustración 37 en la cual se observa una ruptura de carga ubicada en los siguientes nodos n113 y n114, a causa de válvulas rompe presión, así mismo la gradiente piezométrica vario entre 0.03 m/km al inicio del tramo y 0.02 m/km al final del tramo.

Ilustración 37: Perfil longitudinal de altura



Fuente: Elaboración propia

El perfil de presiones se presenta en la ilustración 38 observándose que las presiones tienden a aumentar hasta 39.69 m en la medida que se descende en el terreno por lo que fue necesario instalar una válvula rompe presión en el nodo n113 y n114, para disminuir la presión hasta 13 m la cual volvió a incrementarse hasta 33.99 m y reducirse al final del tramo hasta 19.57 m.

Ilustración 38: Perfil Longitudinal de presión



Fuente: Elaboración propia

La simulación del tramo 7 de 154.65 m de la red, este tramo se diseñó con un diámetro de 1 ½" de tubería PVC SDR26. El caudal transportado fue de 0.04 l/s, con velocidad de 0.03 m/s, esta velocidad es inferior a lo recomendado por la Norma NTON 09 007-19 Pág. 25 que recomienda velocidades entre 0.6 m/s y 5 m/s, por lo tanto, se instalaran válvulas de limpiezas en los columpios de la red. El detalle de todos los cálculos hidráulicos en la tubería se presenta en la tabla 30.

Tabla 30: Tramo 7 Tubería y parámetros hidráulicos

Tramo 7	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
p102	59.04	44.6	150	0.04	0.03	0.03
p103	51.54	44.6	150	0.04	0.03	0.03
p104	44.07	44.6	150	0.04	0.03	0.03
Total	154.65					

Fuente: Elaboración propia

La presión mínima fue de 9.29 m y la máxima fue de 33.51 m, todas cumplen con las presiones que recomienda la NTON 09 007-19 pág. 29 la cual recomienda presiones en el rango de 5 a 50 m, para comunidades rurales. En la tabla 31 se presentan los cálculos de la altura piezométrica y la presión en la línea de conducción.

Tabla 31: Tramo 7 Nodos y presiones

Tramo 7	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n62	1062.163	0	1095.67	33.51
n110	1075.786	0	1095.67	19.89
n111	1086.383	0	1095.67	9.29
n112	1086.234	0.04	1095.67	9.44

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 39 se presenta el perfil del terreno natural, observándose una pendiente ascendente seguida de un terreno plano.

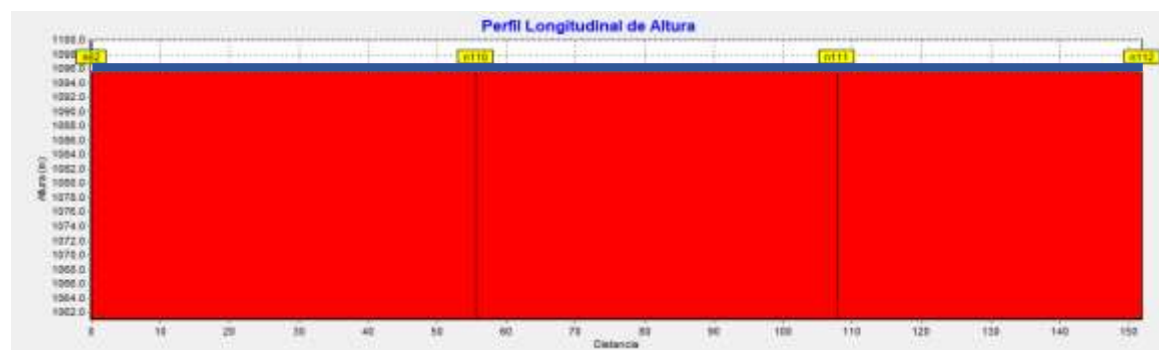
Ilustración 39: Perfil longitudinal de cota



Fuente: Elaboración propia

La altura piezométrica se presenta en la ilustración 40 tiene una pendiente en descenso que corresponde a una gradiente de 0.03 m/km.

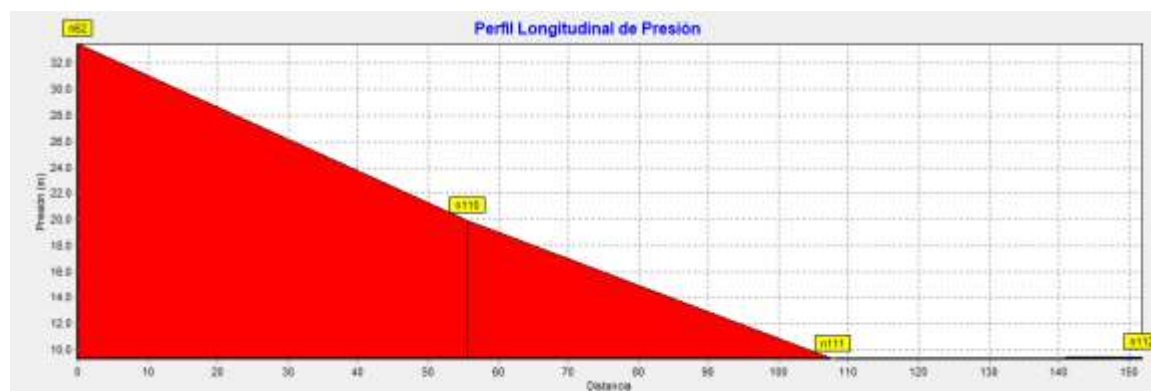
Ilustración 40: Perfil longitudinal de altura



Fuente: Elaboración propia

El perfil de presiones se presenta en la ilustración 41 observándose que las presiones inician en 33.51 m y terminan en 9.44 m.

Ilustración 41: Perfil longitudinal de presión



Fuente: Elaboración propia

La simulación del tramo 8 de 262.39 m, este tramo se diseñó con un diámetro de 1 ½" de tubería PVC SDR26. El caudal transportado fue de 0.02 l/s, la velocidad fue de 0.01 m/s que es inferior a las indicadas por la Norma NTON 09 007-19 Pág. 25 que recomienda velocidades entre 0.6 m/s y 5 m/s, por lo tanto, se instalaran válvulas de limpiezas en los cumpios de la red. El detalle de todos los cálculos hidráulicos en la tubería se presenta en la tabla 32.

Tabla 32: Tramo 8 Tubería y parámetros hidráulicos

Tramo 8	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
p101	33.53	44.6	150	0.02	0.01	0.01
p97	64.92	44.6	150	0.02	0.01	0.01
p98	72.9	44.6	150	0.02	0.01	0.01
p99	37.01	44.6	150	0.02	0.01	0.01
p100	54.03	44.6	150	0.02	0.01	0.01
Total	262.39					

Fuente: Elaboración propia

La presión mínima fue de 14.6 m y la máxima fue de 29.02 m, todas cumplen con las presiones que recomienda la NTON 09 007-19 pág. 29 la cual recomienda presiones en el rango de 5 a 50 m, para comunidades rurales. En la tabla 33 se

presentan los cálculos de la altura piezométrica y la presión en la línea de conducción.

Tabla 33: Tramo 8 Nodos y presiones

Tramo 8	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n69	1080.763	0	1095.36	14.6
n102	1076.779	0	1095.36	18.58
n103	1073.519	0	1095.36	21.84
n104	1072.098	0	1095.36	23.26
n105	1067.613	0	1095.36	27.75
n106	1066.341	0.02	1095.36	29.02

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 42 se presenta el perfil del terreno natural, observándose una pendiente negativa no muy inclinada.

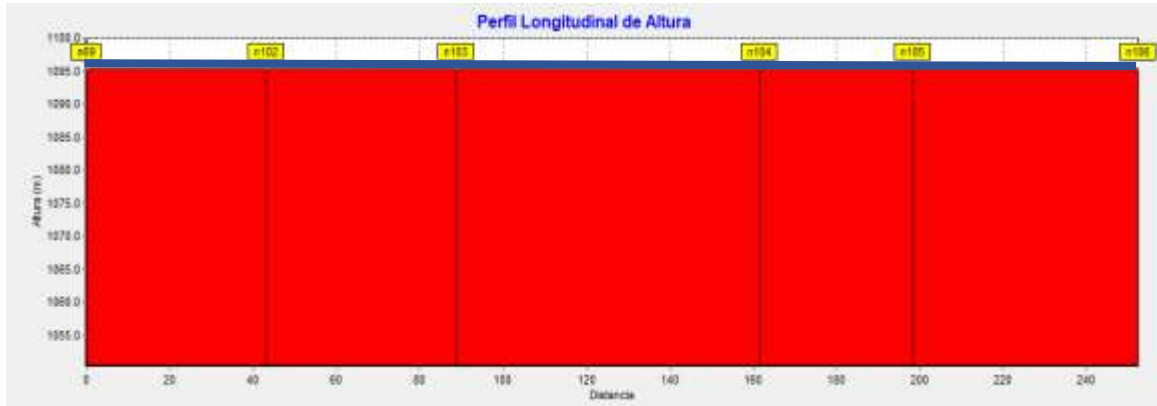
Ilustración 42: Perfil longitudinal de cota



Fuente: Elaboración propia

La altura piezométrica se presenta en la ilustración 43 tiene una pendiente en descenso, así mismo la gradiente piezométrica se mantiene en 0.01 m/km al inicio del tramo y al final del tramo.

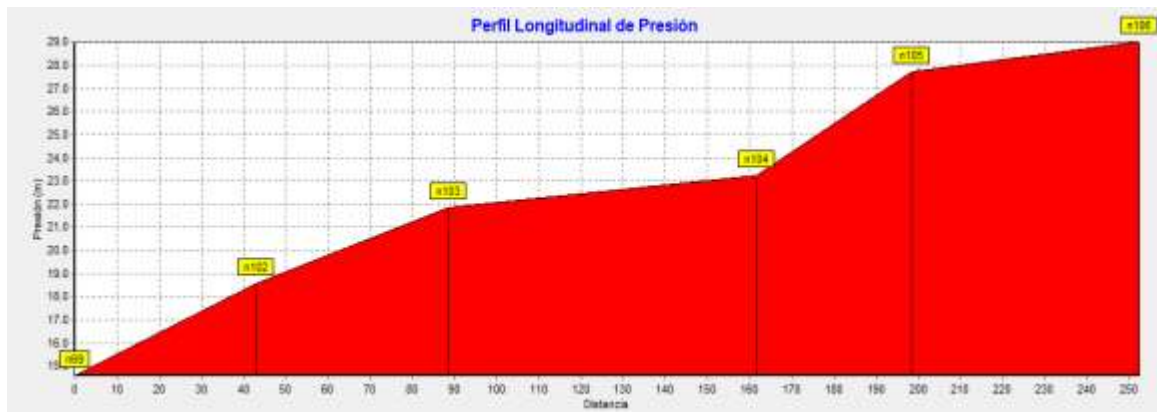
Ilustración 43: Perfil longitudinal de altura



Fuente: Elaboración propia

El perfil de presiones se presenta en la ilustración 44 observándose que las presiones tienden a aumentar hasta 29.02 m y la mínima es de 14.6 m por la pendiente descendente del terreno natural.

Ilustración 44: Perfil longitudinal de presión



Fuente: Elaboración propia

La simulación del tramo 9 de 157.57 m, este tramo se diseñó con un diámetro de 1 ½" de tubería PVC SDR26. El caudal transportado fue de 0.06 l/s, la velocidad fue 0.04 m/s que es inferior a las indicadas por la Norma NTON 09 007-19 Pág. 25 que recomienda velocidades entre 0.6 m/s y 5 m/s, por lo tanto, se instalaran válvulas de limpiezas en los cumpios de la red. El detalle de todos los cálculos hidráulicos en la tubería se presenta en la tabla 34.

Tabla 34: Tramo 9 Tuberías y parámetros hidráulicos

Tramo 9	Long	D (mm)	μ	Caudal (lps)	Vel m/s	Pérd m/km
P93	49.15	44.6	150	0.06	0.04	0.06
P94	44.09	44.6	150	0.06	0.04	0.06
P95	33.9	44.6	150	0.06	0.04	0.06
P96	30.43	44.6	150	0.06	0.04	0.06
Total	157.57					

Fuente: Elaboración propia

La presión mínima fue de 16.39 m y la máxima fue de 44.47 m, todas cumplen con las presiones que recomienda la NTON 09 007-19 pág. 29 la cual recomienda presiones en el rango de 5 a 50 m, para comunidades rurales. En la tabla 35 se presentan los cálculos de la altura piezométrica y la presión en la línea de conducción.

Tabla 35: Tramo 9 Nodos y presiones

Tramo 9	Cota	Demanda base	Altura	Presión
n83	1050.472	0	1094.94	44.47
n98	1061.637	0	1094.94	33.3
n99	1071.16	0	1094.94	23.78
n100	1076.022	0	1094.94	18.92
n101	1078.549	0.06	1094.94	16.39

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 45 se presenta el perfil del terreno natural, observándose una pendiente ascendente con una sima al final.

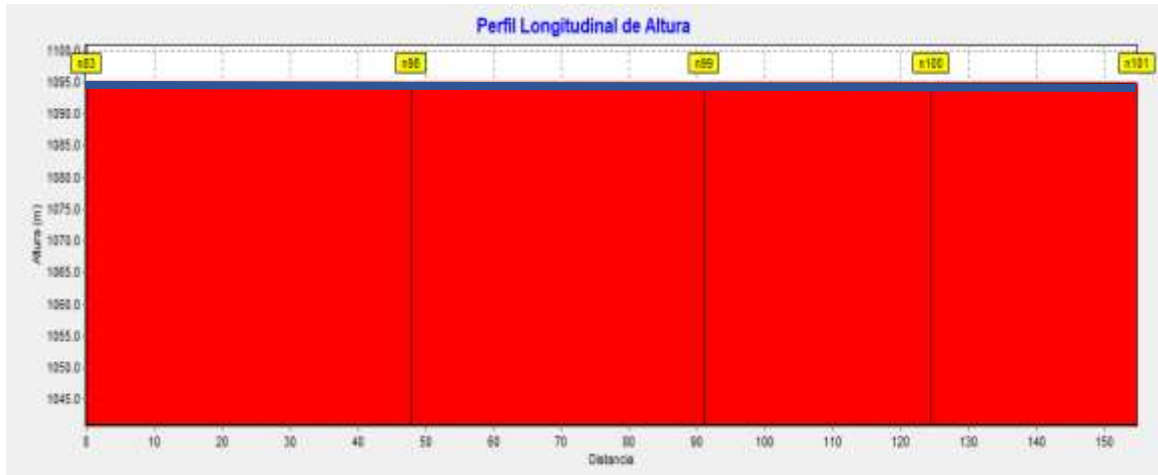
Ilustración 45: Perfil longitudinal de cota



Fuente: Elaboración propia

La altura piezométrica se presenta en la ilustración 46 se observa una pendiente descendente, así mismo la gradiente piezométrica se mantiene en 0.06 m/km al inicio del tramo y al final del tramo.

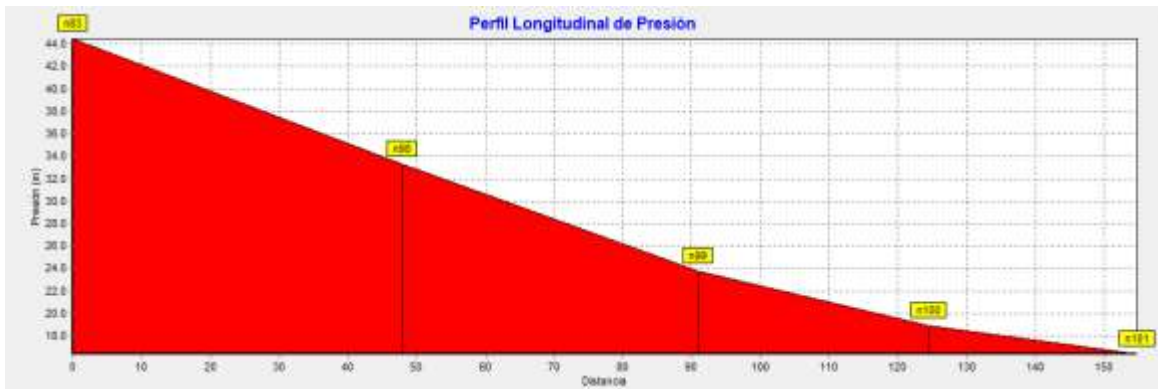
Ilustración 46: Perfil longitudinal de altura



Fuente: Elaboración propia

El perfil de presiones se presenta en la ilustración 47 observándose que presenta variaciones importantes de 16.39 m y 44.47 m, no obstante, estas presiones están el rango permitido.

Ilustración 47: Perfil longitudinal de presión



Fuente: Elaboración propia

7.5.2.2. Simulación con demanda cero

Se hizo una simulación con demanda sin consumo para conocer las máximas presiones estáticas que pudieran presentar en los puntos más críticos de la red, observándose de acuerdo a la tabla 36 que la máxima presión fue de 50.37 m, la cual es menor que la máxima recomendada por la Norma NTON 09 007 - 19 pág. 29, la cual recomienda una máxima presión estática de 70 m.

Tabla 36: Simulación con demanda 0

Nodo	Cota m	Demanda Base Ips	Altura m	Presión m
n19	1292.919	0	1316.98	24.06
n20	1289.452	0	1299.45	10
n21	1284.563	0	1299.45	14.89
n22	1277.858	0	1299.45	21.59
n23	1272.739	0	1299.45	26.71
n24	1261.077	0	1299.45	38.37
n25	1263.029	0	1299.45	36.42
n26	1268.526	0	1299.45	30.93
n28	1270.391	0	1299.45	29.06
n29	1262.97	0	1299.45	36.48
n31	1259.752	0	1299.45	39.7
n32	1257.873	0	1299.45	41.58
n33	1254.815	0	1299.45	44.64
n34	1250.894	0	1264.89	14
n35	1244.501	0	1264.89	20.39
n36	1236.581	0	1264.89	28.31
n37	1231.518	0	1245.52	14
n38	1209	0	1245.52	36.52
n39	1215.265	0	1245.52	30.25
n40	1209.336	0	1245.52	36.18
n41	1207.916	0	1245.52	37.6
n42	1199.797	0	1213.8	14
n43	1191.026	0	1213.8	22.77
n44	1183.354	0	1213.8	30.44
n45	1171	0	1185	14
n46	1163.603	0	1185	21.4
n47	1151.191	0	1185	33.81
n48	1136.136	0	1150.14	14

Nodo	Cota m	Demanda Base Ips	Altura m	Presión m
n49	1132.969	0	1150.14	17.17
n50	1126.578	0	1150.14	23.56
n51	1119.834	0	1150.14	30.3
n52	1115.998	0	1150.14	34.14
n53	1113.92	0	1150.14	36.22
n54	1115.785	0	1150.14	34.35
n55	1112.239	0	1150.14	37.9
n56	1106.196	0	1120.2	14
n57	1104.714	0	1120.2	15.48
n58	1100.407	0	1120.2	19.79
n59	1094.117	0	1120.2	26.08
n60	1081.804	0	1095.8	14
n61	1071.695	0	1095.8	24.11
n62	1062.163	0	1095.8	33.64
n63	1057.1	0	1095.8	38.7
n64	1074.832	0	1095.8	20.97
n65	1079.633	0	1095.8	16.17
n66	1057.9	0	1095.8	37.9
n67	1081.467	0	1095.8	14.34
n68	1085.614	0	1095.8	10.19
n69	1080.763	0	1095.8	15.04
n70	1071.203	0	1095.8	24.6
n71	1062.902	0	1095.8	32.9
n72	1061.391	0	1095.8	34.41
n73	1060.935	0	1095.8	34.87
n74	1060.054	0	1095.8	35.75
n75	1060.157	0	1095.8	35.65
n76	1052.604	0	1095.8	43.2
n77	1049.839	0	1095.8	45.96
n78	1045.433	0	1095.8	50.37
n79	1053.469	0	1095.8	42.33
n80	1051.477	0	1095.8	44.33
n81	1047.756	0	1095.8	48.05
n82	1050.63	0	1095.8	45.17
n83	1050.472	0	1095.8	45.33
n84	1054.908	0	1068.91	14
n85	1043.58	0	1068.91	25.33

Nodo	Cota m	Demanda Base Ips	Altura m	Presión m
n86	1036.817	0	1068.91	32.09
n87	1034.597	0	1068.91	34.31
n88	1034.748	0	1068.91	34.16
n89	1034.436	0	1068.91	34.47
n90	1026.1	0	1068.91	42.81
n91	1026.908	0	1040.91	14
n92	1025.4	0	1040.91	15.51
n93	1025.711	0	1040.91	15.2
n94	1011.299	0	1040.91	29.61
n95	1006.144	0	1040.91	34.76
n96	992.5264	0.0001	1040.91	48.38
n98	1061.637	0	1095.8	34.17
n99	1071.16	0	1095.8	24.64
n100	1076.022	0	1095.8	19.78
n101	1078.549	0	1095.8	17.25
n102	1076.779	0	1095.8	19.02
n103	1073.519	0	1095.8	22.28
n104	1072.098	0	1095.8	23.71
n105	1067.613	0	1095.8	28.19
n106	1066.341	0	1095.8	29.46
n110	1075.786	0	1095.8	20.02
n111	1086.383	0	1095.8	9.42
n112	1086.234	0	1095.8	9.57
n113	1265.087	0	1299.45	34.36
n114	1258.297	0	1271.3	13
n115	1251.728	0	1271.3	19.57
n116	1237.3	0	1271.3	34
n117	1253.331	0	1271.3	17.97
n119	1251.989	0	1271.3	19.31
n120	1259.78	0	1299.45	39.67
n121	1259.272	0	1299.45	40.18
n122	1268.111	0	1299.45	31.34
n123	1275.95	0	1299.45	23.5
n124	1279.536	0	1299.45	19.92
n125	1286.339	0	1299.45	13.11
n126	1290.243	0	1299.45	9.21
n127	1291.957	0	1299.45	7.49

Nodo	Cota m	Demanda Base Ips	Altura m	Presión m
n128	1284.452	0	1299.45	15
n129	1276.837	0	1299.45	22.61
n130	1273.637	0	1299.45	25.81
n131	1256.702	0	1270.7	14
n133	1249.86	0	1270.7	20.84
n134	1238.33	0	1270.7	32.37
n135	1235.032	0	1270.7	35.67
n136	1297.494	0	1316.98	19.49
n137	1296.462	0	1316.98	20.52
n138	1269.867	0	1299.45	29.58
n139	1266.2	0	1299.45	33.25
1	1280.1	0	1316.98	36.88
2	1302.84	0	1316.98	14.14
3	1296.5	0	1316.98	20.48
4	1297.29	0	1316.98	19.69
VRP	1289.452	0	1316.98	27.53
VRP1	1258.297	0	1299.45	41.15
VRP2	1256.702	0	1299.45	42.75
VRP3	1250.894	0	1299.45	48.56
VRP4	1231.518	0	1264.89	33.38
VRP5	1199.797	0	1245.52	45.72
VRP6	1171	0	1213.8	42.8
VRP7	1136.136	0	1185	48.86
VRP8	1106.196	0	1150.14	43.94
VRP9	1081.804	0	1120.2	38.39
VRP10	1054.908	0	1095.8	40.9
VRP11	1026.908	0	1068.91	42

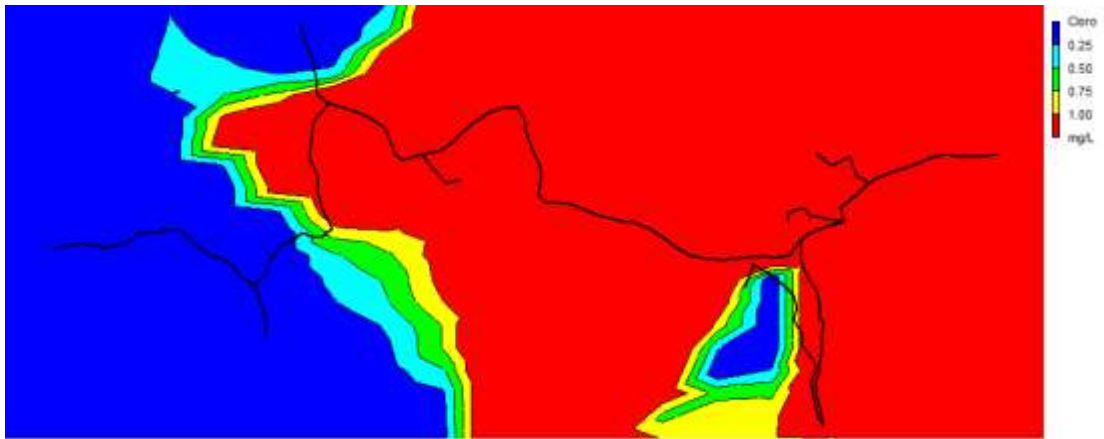
Fuente: Elaboración propia

7.6. Simulación cloro

Se realizó una simulación extendida por 24 hrs con una dosis de hipoclorito de sodio de 2.1 mg/l el cual se aplica en el tanque mediante un dosificador de carga constante.

A las 6 hrs la distribución de cloro alcanzó casi la totalidad de la red como se observa en la ilustración 48 representa. A las 12 hrs

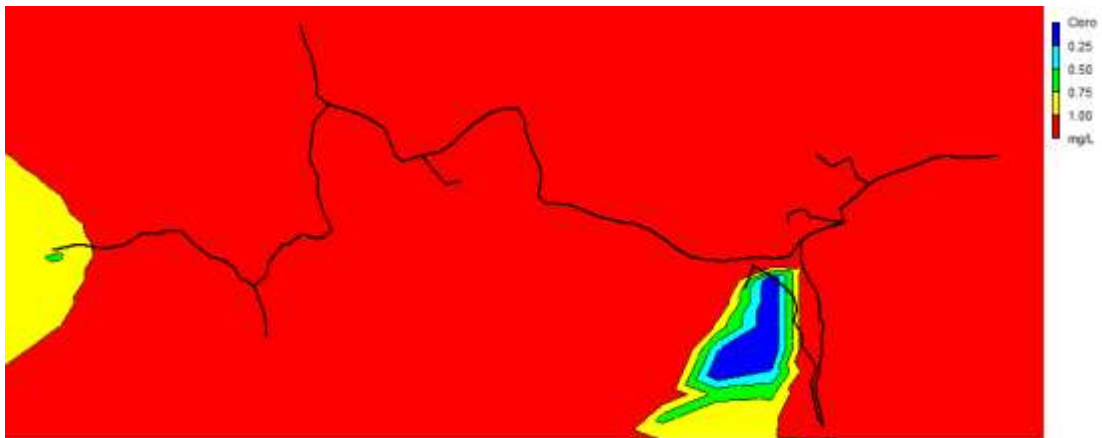
Ilustración 48: Simulación de cloro a las 06:00 Hrs



Fuente: Elaboración propia

A las 12 hrs el cloro se ha distribuido en toda la red, alcanzando un máximo valor entre mayores que 1 mg/l y menores que 2.1 mg/l y un mínimo valor de 0.75 mg/l. todos estos valores cumplen con la norma CAPRE pág. 13 la cual recomienda valores de cloro residual entre 0.5 mg/l y 1 mg/l. en la ilustración 49 se presenta la distribución del cloro en la red a las 12 hrs.

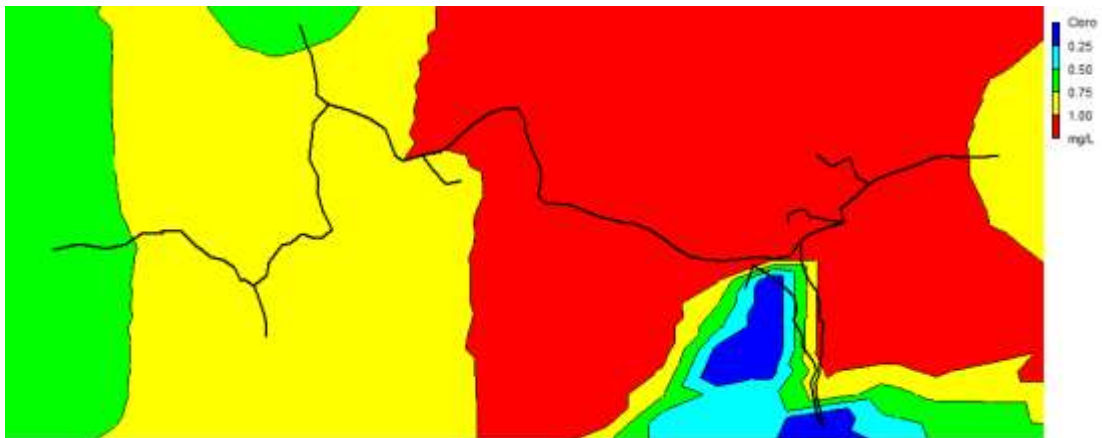
Ilustración 49: Simulación de cloro a las 12:00 Hrs



Fuente: Elaboración propia

La ilustración 50 representa la distribución de cloro en la red a las 24 hrs observándose que toda la red `presenta valores de cloro residual cuyos valores oscilan entre 1 mg/l a 0.5 mg/l cumpliendo con los valores que recomienda la Norma CAPRE.

Ilustración 50: Simulación de cloro a las 24:00 Hrs



Fuente: Elaboración propia

7.7. Presupuesto

Los alcances del proyecto se realizaron con el catálogo del FISE, donde se encuentra Etapas y sub etapas que se realizaran en el proyecto de abastecimiento de agua potable, teniendo en cuenta planos constructivo propuestos, obteniendo un total de inversión de C\$ 5,112,030.19, como se muestra en la Tabla 37 y anexos 10.

Tabla 37: Presupuesto de proyecto MABE

Etapas	Sub etapas	Cód	Descripción	U.M	Cant	C.U	Total C\$
310			Preliminares	GLB	1.00	317898.87	317898.87 C\$
320			Línea de conducción	m	541.00	358.52	193957.29 C\$
330			Línea de distribución	m	5296.91	640.21	3391155.33 C\$
335			Tanque de almacenamiento	m3	10.00	25598.58	336885.76 C\$
340			Fuentes y obras de toma	c/u	1.00	703901.03	687429.20 C\$
350			Conexiones	c/u	53.00	2697.03	142942.36 C\$
370			Limpieza y entrega	GLB	5965.91	7.00	41761.37 C\$
SUB TOTAL							5,112,030.19 C\$

Fuente: Elaboración propia.

7.8. Conclusiones y recomendaciones

7.8.1. Conclusiones

- La mayor parte de la población es adulta con ingresos menores al salario mínimo por lo que los habitantes de la comunidad son de escasos recursos económicos, situación que debe tomarse en cuenta en la definición de la tarifa por servicio de agua potable.
- El agua presenta las características adecuadas para el consumo con un valor de conductividad eléctrica de 98.89 inferior a lo recomendado por la Norma CAPRE.
- La topografía muestra un relieve, irregular montañoso, lo que dificultaría en algunos tramos la instalación de tubería.
- Se encontraron presiones altas que fueron limitadas con válvulas reguladoras presión (VRP) para alcanzar las presiones que recomienda la Norma NTON 09 007-19.
- Las velocidades fueron inferiores la Norma NTON 09 007 – 19 por lo que se incluyeron en el diseño válvulas de limpieza.
- El costo de este proyecto es de C\$ 5,112,030.19

7.8.2. Recomendaciones

- Que el CAPS realice un estudio tarifario para que tome en cuenta los ingresos de las familias.
- Que el CAPS realice pruebas Físico química y microbiológica cada cambio de estación y que se observe atentamente la variación de los contenidos de los sólidos disueltos en el agua.
- Que CAPS realice vigilancia en el periodo de invierno en las zonas con potencial de derrumbes para localizar tuberías que pudieran estar expuestas después de lluvias torrenciales.

- Que el CAPS le de mantenimiento a las válvulas de limpieza debido a las velocidades, al tanque de almacenamiento y sarta cada 3 meses.
- Que el CAPS tenga auditoria por parte del UMA.
- Evitar la construcción de letrinas a la cercanía del pozo, en una distancia considerada.

VIII. Bibliografía

CAPRE. (1994). *Norma de calidad agua para consumo humano*. San José: Comité coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento de centroamérica, panamá y república dominicana.

Escuela universitaria de ingeniería técnica agrícola de ciudad real. (2016). *Golpe de ariete*. Ciudad Real: ingeniería rural.

FAO. (SF). *Estimaciones del caudal de agua*. Obtenido de https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6705s/x6705s03.htm

FISE. (2012). *Catálogo de etapas y sub-etapas*. Managua: FISE. Obtenido de <https://toaz.info/doc-view>

FISE. (2023). *SIASAR DATA*. Obtenido de Rural Water and Sanitation Information System - SIASAR : <http://data.globalsiasar.org/download-excels>

Galindo Caceres, L. J. (1998). *Técnicas de investigación en sociedad, cultura y comunicación*. México: Logman. Obtenido de https://biblioteca.marco.edu.mx/files/metodologia_encuestas.pdf

Gámez Morales , W. R. (2015). *Texto básico autoformativo de topografía general*. Managua: UNA.

INAA. (1999). *Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua*. Managua: INAA.

INIDE. (2008). *Telpaneca en cifras* . Managua: INIDE .

MIFIC. (2020). *Diseño de sistema de abastecimiento agua potable*. Managua: ANA .

MTI. (2008). *Manual para la revisión de costos y presupuestos*. Managua: CORASCO.

ONU. (2022). *OBJETIVO DESARROLLO SOSTENIBLE*. Obtenido de AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

OPS-CEPIS-COSUDE . (2005). Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable . Lima: OPS/CEPIS/05.161 UNATSABAR.

Silva Arciniega, M. d., & Brian Calderón, M. L. (2006). *Validez y confiabilidad del estudio socioeconómico*. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México circuito exterior s/n Ciudad Universitaria C.P. 04510, Coyoacán, México, D.F. Escuela Nacional de Trabajo Social.

Zamarripa Medina , M. (2010). *Apuntes de topografía*. México D.F : Facultad de estudio superiores Acatlán.

IX. Anexos

Anexo 1:Formulario para el levantamiento del censo.

ENCUESTA DE VIVIENDA			
			No _____
Fecha de aplicación: _____			
Nombre	completo	del	encuestador:

Código		del	encuestador:

I. DATOS DE LA COMUNIDAD			
Departamento:		Municipio:	
_____		_____	
Nombre	del	Barrio	o Comunidad:

Coordenadas UTM (WG84): X: _____ Y: _____ Z: _____			

II. DATOS DE COMPOSICIÓN DE LA FAMILIA			
Nombres,	Apellidos	jefe/a	de familia:

Cédula	del	jefe/a	de familia:

<u>Miembro de la Familia</u> (Iniciar con responsable o jefe/a del hogar), Número de teléfono:			
Conformación del Hogar (Iniciar con persona jefe/a de familias)			

No .	Nombre y Apellidos	Hombre (x)	Mujer (x)	Edad	Trabajo Sí-No	Ocupación Actual	Escolaridad
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

(N; Ninguno, P; Primaria; S; Secundaria, T; Técnico, U; Universitario)

Síntesis composición familiar:

Número de familias que viven en la vivienda:		Número de integrantes de las familias:	
Número de hombres:		Número de mujeres:	
Número de niños y niñas de 0 a 18 años:			

1. ¿Existen en el hogar personas con capacidades diferentes? Sí _____

No _____

Hombres: _____ Edad: _____ Niños: _____ Edad: _____

Mujeres: _____ Edad: _____ Niñas: _____ Edad: _____

III. SITUACIÓN ECONÓMICA DE LA FAMILIA

2. ¿Cuántos de los miembros de la familia realizan trabajo remunerado?

Hombres: _____ Mujeres: _____

3. ¿Cuál es el ingreso económico total de todos los miembros de la familia que trabajan y aportan a gastos del hogar al mes?

C\$ _____

4. ¿Cuánto es el gasto promedio mensual en pago por energía eléctrica del hogar?

C\$ _____

5. ¿Cuánto es el gasto promedio mensual en pago por telefonía celular del hogar? C\$ _____

6. ¿Cuánto es el gasto mensual estimado al mes en el hogar? C\$ _____

IV. CONDICIONES DE LA VIVIENDA

7. Ubicación de la vivienda. Dispersa _____ Concentrada _____

Coordenadas del hogar UTM (WGS84): X: _____ Y: _____ Z: _____

8. Características o materiales de construcción predomina en la vivienda

Paredes: a) Bloque ____ b) Ladrillo ____ c) Madera ____ d) Otros ____

El piso: a) Madera ____ b) Tierra ____ c) Ladrillo ____ d) Otros ____

El techo: a) Zinc ____ b) Teja ____ c) Palma ____ d) Otros ____

9. ¿La vivienda cuenta con servicio de energía eléctrica? Sí ____ No ____

10. ¿Tiene otra fuente de energía eléctrica? Sí ____ No ____

11. ¿La vivienda cuenta con servicio de agua potable? Sí ____ No ____

12. ¿La vivienda cuenta con aguas negras? Sí ____ No ____

13. ¿La vivienda cuenta con aguas grises? Sí ____ No ____

14. ¿La vivienda cuenta con Televisión (Cable o Satelital)? Sí ____ No ____

15. ¿Conexión a internet? Sí ____ No ____

16. Dominio o tendencia de la vivienda

Propia _____ Alquilada _____ Comunal _____ Prestada _____ En
cuido _____

17. Legalidad del dominio

Sí _____ No _____ En trámite _____ No informa

18. ¿Cuál es el uso de la vivienda? **(Marcar con una x una o más opciones)**

Domicilio () Bar () Comedor () Comercio ()

Pulpería ()

Iglesia () Bodega () Farmacia () Otros ()

Otro, Mencione: _____

19. Condiciones de la Vivienda

- ☐ Hay lavaderos con grifos con agua
- ☐ Hay baldes con grifos con agua
- ☐ Hay lavaderos caseros
- ☐ Hay baldes portátiles con agua
- ☐ Otros elementos

V. ABASTECIMIENTO DE AGUA CONSUMO

20. ¿Cómo se abastece de agua para su consumo del hogar?

- a) Red pública dentro de la vivienda _____
- b) Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la propiedad _____
- c) Pozo público _____

d) Pozo privado _____

e) Fuente natural _____

f) Cosecha de agua _____

g) Otro _____

¿Cuál?

21. Si la vivienda se abastece con red pública. ¿Tiene medidor de agua?

☐ Sí

☐ No

22. ¿Quién administra la red de agua potable de la vivienda?

☐ ENACAL/CAPS/Empresa Agua

☐ Red Privada

Sí es la primera opción nombrar al proveedor:

23. Días de la semana que tiene el servicio

Diario _____ 2 días _____ tres _____ cuatro _____ cinco _____ seis _____ siete _____

Otros _____

24. Si el agua no es por red. ¿Cuántos días acarrea?

Diario _____ 2 días _____ tres _____ cuatro _____ cinco _____ seis _____ siete _____

25. Distancia que recorre para traer el agua (Ida y vuelta)

☐ Menor a 0.1 km

☐ Entre 0.1 y 0.5 km

☐ Entre 0.5 y 1 km

☐ Entre 1 y 3 km

☐ Mayor a 3 km

26. Tiempo utilizado para acarrear el agua desde la fuente de agua (Ida y vuelta):
_____Minutos.

27. Cantidad de viajes realizados por día de acarreo

☐ Uno

☐ Entre 2 y 3

☐ Entre 4 y 5

☐ Más de 5

28. Cantidad de agua acarreada por viaje

☐ Barril de 55 galones

☐ Baldes de 20 litros

☐ Pichingas de 5 litros

☐ Pichingas de 1 litro

29. ¿Quién acarrea el agua?

☐ Alguien externo al que se le paga acarreo

☐ Niña, menor de 12 años

☐ Niño, menor de 12 años

☐ Varón, menor de 18 años

☐ Mujer, menor de 18 años

☐ Hombre, menor de 60 años

- ☐ Mujer, menor de 60 años
- ☐ Hombre, mayor de 60 años
- ☐ Mujer, mayor de 60 años

COMENTARIO

- ☐ Vehículo
- ☐ Bicicleta
- ☐ Carreta
- ☐ Bestia
- ☐ Carretillas/carretón
- ☐ Motocicleta
- ☐ A pie

31. ¿Dispone de suficiente agua para atender las necesidades del hogar? Sí _____ No _____

32. ¿Tiene menos disponibilidad en el verano? Sí _____ No _____

33. Actualmente, ¿Cuánto es el gasto mensual aproximado por el pago del agua para uso y consumo del hogar? C\$ _____

34. ¿Qué condiciones tiene el agua que consumen? (¿Se puede marcar varias situaciones?)

- a) Es de calidad _____ b) Tiene mal sabor _____ c) Tiene mal olor _____ d) Tiene mal color _____ e) Ninguno _____

VI. SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (Observar, Verificar)

35. ¿Tiene instalación de saneamiento? Sí _____ No _____

36. ¿Cuál es la opción de saneamiento que posee en su vivienda?

a) Letrina _____ b) Inodoro _____ c) Ninguna _____ d) Otros (Mencionar) _____

37. ¿Usa letrina? Sí _____ No _____

38. ¿En qué estado se encuentra su opción de saneamiento? a) Buena _____ b) Regular _____ c) Mala _____

39. Calidad de mantenimiento de la instalación del saneamiento (Estabilidad, limpieza, cuidado, preservación de la intimidad, higiene)

Muy buena _____ Buena _____ Regular _____ Malo _____ Muy malo _____

40. ¿Dónde está instalada su opción de saneamiento?

a) Dentro de la vivienda _____ b) Fuera de la vivienda _____ (Sí es la segunda opción indique a que distancia de la vivienda) _____ Metros

41. ¿Su opción de saneamiento es exclusivo?

a) Sí, exclusivo _____ b) No, compartido con otras familias _____

42. ¿Cuántas familias comparte la opción de saneamiento?

43. ¿Están satisfechos con su opción de saneamiento que utilizan actualmente?

Sí _____ No _____

¿Por qué? _____

44. De no tener opción de saneamiento, ¿Estaría dispuesto/a apoyar con la construcción de estas? Sí _____ No _____

45. ¿Cuánto estaría dispuesto(a) pagar para mejorar su opción de saneamiento?
C\$ _____

46. Tiene lavadero. Sí _____ No _____

47. ¿Qué hacen con las aguas de la cocina y/o lavadero de la casa?

a) La riegan _____ b) La dejan correr _____ c) La infiltran _____

48. ¿Qué hacen con los desechos sólidos (Basura del hogar)?

a) La queman _____ b) La botan _____ c) Recolección domiciliar _____ d) La entierran _____

Explique:

Firma

del

Encuestador:

Número de cédula:



FQAN-2309-0163.01
LA-PT-08/PT01

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELÉFONO	
Luis Fernando Almendarez Zelaya		UNI-RUACS (Universidad de Estel)		NR	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL	
Luis Fernando Almendarez Zelaya		Estudiantes UNI-RUACS		almendarezr447@gmail.com	
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA		
Fecha y Hora de recolección	03/09/2023; 02:00 pm.		Fecha de	Ingreso de muestra	04/09/2023
Fuente	Pozo Perforado			Inicio de análisis	06/09/2023
Tipo de muestra/preservación/ Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable			Finalización de análisis	19/09/2023
Ubicación de la fuente	Comunidad el Carbonal Arriba Talpaneca departamento de Madrid			Emisión del informe de resultados	20/09/2023
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	8010	
Recolectado por	Humberto Antonio Muñoz		Código de muestra	LA-2309-0573	
Supervisor en campo	Humberto Antonio Muñoz		Muestra No.	Uno (01)	
METODO SM // EPA/MS	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS		Norma CAPRE ¹
2110	Aspecto	Adm	Turbia		NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	8.95		6.5 - 8.5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	88.89		400**
2130-B	Turbiedad	UNT	18.3		5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	6.00		15
2320-B	Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	61.40		NE
2320-B	Carbonatos	mg/L CaCO ₃	<0.40		NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	61.40		NE
4500-B	Nitrato	mg/L	8.83		50
4500-B	Nitrato	mg/L	<0.003		0.1
4500-D	Cloruro	mg/L	8.83		250
3500-B	Hierro Total	mg/L	1.79		0.3
4500-D	Sulfato	mg/L	6.81		250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO ₃	44.96		400**
2340-C	Dureza Calcio	mg/L CaCO ₃	22.48		NE
3500-B	Calcio	mg/L	8.88		100**
3500-B	Magnesio	mg/L	6.48		50
814B	Manganeso	mg/L	0.738		0.5
3500-X	Sodio	mg/L	7.34		200
3500-C	Potasio	mg/L	0.774		10
4500-C	Fósforo	mg/L	0.126		0.7

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADO: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y Enes respectivas. Abreviaturas y símbolos: s/inventor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NI=No especificada en la Norma, NI+No Reporte, Adif=Adimensional, Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SAE=Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater Z3 RD 2017, NI+Metodología Hach EPA=Environmental Protection Agency, Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRES, **valor recomendado

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, al cual proporciono los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos efectuados en las instalaciones de los laboratorios afiliados PIEDRA-UNE El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaro que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confiabilidad e imparcialidad del informe. Los resultados
análisis se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.



Teléfono (505) 2278 1462



Info@piensu
www.piensu

Page 1/1

Anexo 3: Informe de análisis de calidad de agua Etapa 2



Programa de Investigación,
Estudios Nacionales y
Servicios del Ambiente



INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

MB-2309-0203.01
LA-PT-08 RT01

NOMBRE DEL CUENTE		DIRECCIÓN DEL CUENTE		TELÉFONO
Luis Fernando Almendarez Zelaya		UNI-RUACS (Universidad de Estelí)		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Luis Fernando Almendarez Zelaya		Estudiantes UNI-RUACS	almendarezruac47@gmail.com	8927-4015
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	03/09/2023, 02:00 pm.		Ingreso de muestra	04/09/2023
Fuente	Pozo Perforado		Inicio de análisis	04/09/2023
Tipo de muestra/preservación/ Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	06/09/2023
Ubicación de la fuente	Comunidad el Carbonal Arriba Telpaneca departamento de Madriz		Emisión del informe de resultados	19/09/2023
Coordenadas	NR		Nº. Cadena de custodia	6010
Recolectada por	Humberto Antonio Muñoz		Código de muestra	LA-2309-0873
Supervisor en campo	Humberto Antonio Muñoz		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM /EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	Negativo	
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	Negativo	
				Norma CAPRE¹
				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: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Adim= Adimensional

Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, MH= Metodología Hach

EPA = Environmental Protection Agency, ¹Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, ²Valor recomendado.

³Ensayos subcontratados en el laboratorio.

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente, a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo.


MSc. INE ZORILDA RAMÍREZ
Coordinadora Laboratorio de Aguas
Firma del Informe: _____

Pág. 1/1

231189

☎ Teléfono: (505) 2278 1462

📍 Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria,
Managua, Nicaragua.
Apdo. 5595

✉ info@piensa.uni.edu.ni
www.piensa.uni.edu.ni

Anexo 4: Informe de análisis de calidad de agua Etapa 3

INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICOS DE AGUAS NATURALES

MP 2309-153-01
LA-PT-06.0701

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELÉFONO
Luis Fernando Almendarez Zelaya		UNI-RUACS (Universidad de Estelí)		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Luis Fernando Almendarez Zelaya		Estudiantes UNI-RUACS	almendarezluz47@gmail.com	8927-4015
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	03/09/2023; 02:00 pm.		Ingreso de muestra	04/09/2023
Fuente	Pozo Perforado		Inicio de análisis	05/09/2023
Tipo de muestra/preservación/ Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	21/09/2023
Ubicación de la fuente	Comunidad el Carbonal Amba Telpaneca departamento de Madriz		Emisión del informe de resultados	21/09/2023
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	6010
Recolectada por	Humberto Antonio Muñoz		Código de muestra	LA-2309-0673
Supervisor en campo	Humberto Antonio Muñoz		Muestra No.	Uno(01)
METODO SM // EPAMH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	
G.H	Asenico	mg/L	<0.002	
				Norma CAPRE ¹
				0.01

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y líneas respectivas.

Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Adim= Adimensional

Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, MH= Metodología Hach

EPA = Environmental Protection Agency, Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, **Valor recomendado.

§Ensayos subcontratados en el laboratorio.

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PENSA-UNI El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que puede afectar la validez de los resultados.

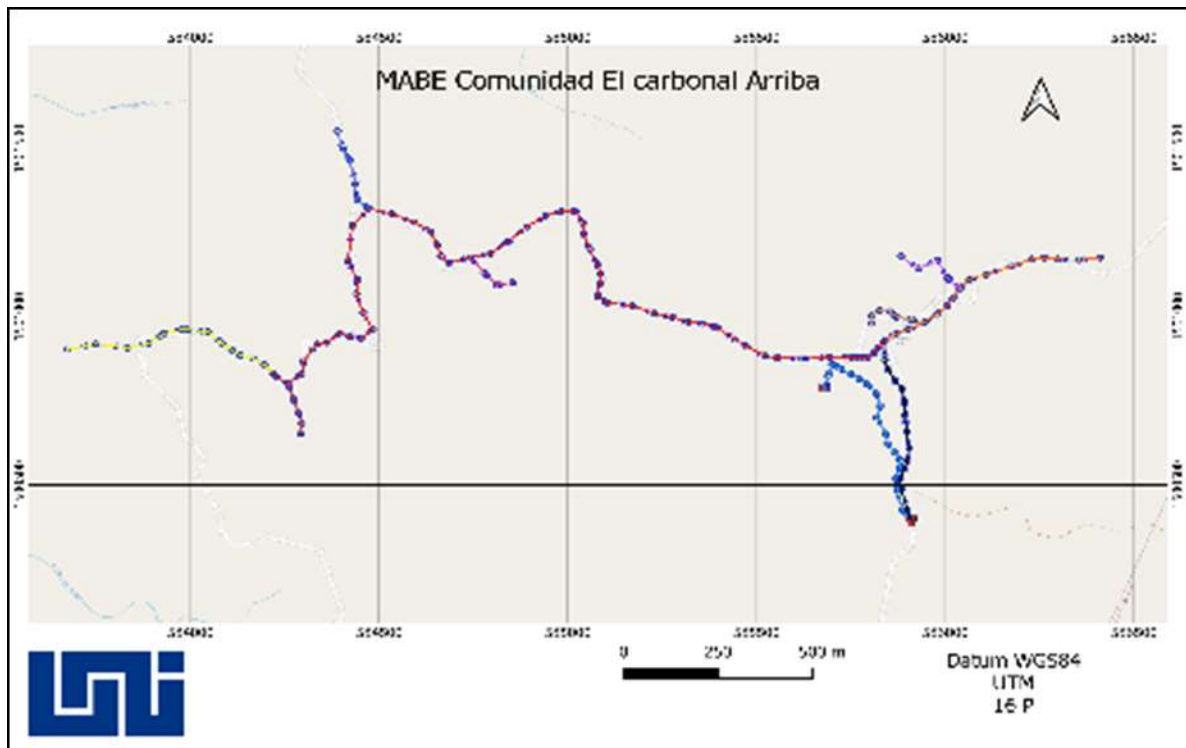
Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítem de ensayo.


MSc. Ing. Víctor Benítez
Coordinador Laboratorio Ambiental

Pag. 1/1

.....Fin del Informe.....

ÍNDICE DE PLANOS



Plano topográfico de la línea conducción, perfil - planta

Plano topográfico del tramo 1, perfil – planta

Plano topográfico del tramo 2, perfil - planta

Plano topográfico del tramo 3, perfil - planta

Plano topográfico del tramo 3 - 1, perfil - planta

Plano topográfico del tramo 3 - 2, perfil - planta

Plano topográfico del tramo 3 - 3, perfil - planta

Plano topográfico del tramo secundario 1, perfil - planta

Plano topográfico del tramo secundario 2, perfil - planta

Plano topográfico del tramo secundario 3, perfil - planta

Plano topográfico del tramo secundario 4, perfil - planta

Plano topográfico del tramo secundario 5, perfil - planta

Plano topográfico del tramo secundario 6, perfil - planta

Plano de diseño, línea conducción, perfil - planta

Plano diseño del tramo 1, perfil – planta

Plano diseño del tramo 2, perfil - planta

Plano diseño del tramo 3, perfil - planta

Plano diseño del tramo 3 - 1, perfil - planta

Plano diseño del tramo 3 - 2, perfil - planta

Plano diseño del tramo secundario 4, perfil - planta

Plano diseño del tramo secundario 5, perfil - planta

Plano diseño del tramo secundario 6, perfil - planta

Planos típicos, perfil - planta

Planos típicos, perfil - planta

Planos típicos, perfil - planta

Anexo 5: Viviendas de la comunidad



Anexo 6: Parte de donde pasa la línea de distribución



Anexo 7: Carretera de macadán de la comunidad



Anexo 8: Escuela de la comunidad



Anexo 9: Población y demanda proyectada a 20 años

Años	PF	CD	CC	CPD	P	CMD	CMH
0	190.00	0.18 l/s	0.01 l/s	0.19 l/s	0.03 l/s	0.31 l/s	0.50 l/s
1	194.75	0.18 l/s	0.01 l/s	0.19 l/s	0.03 l/s	0.32 l/s	0.51 l/s
2	199.62	0.18 l/s	0.01 l/s	0.20 l/s	0.03 l/s	0.33 l/s	0.52 l/s
3	204.61	0.19 l/s	0.01 l/s	0.20 l/s	0.03 l/s	0.33 l/s	0.54 l/s
4	209.72	0.19 l/s	0.01 l/s	0.21 l/s	0.03 l/s	0.34 l/s	0.55 l/s
5	214.97	0.20 l/s	0.01 l/s	0.21 l/s	0.03 l/s	0.35 l/s	0.56 l/s
6	220.34	0.20 l/s	0.01 l/s	0.22 l/s	0.03 l/s	0.36 l/s	0.58 l/s
7	225.85	0.21 l/s	0.01 l/s	0.22 l/s	0.03 l/s	0.37 l/s	0.59 l/s
8	231.50	0.21 l/s	0.02 l/s	0.23 l/s	0.03 l/s	0.38 l/s	0.61 l/s
9	237.28	0.22 l/s	0.02 l/s	0.24 l/s	0.04 l/s	0.39 l/s	0.62 l/s
10	243.22	0.23 l/s	0.02 l/s	0.24 l/s	0.04 l/s	0.40 l/s	0.64 l/s
11	249.30	0.23 l/s	0.02 l/s	0.25 l/s	0.04 l/s	0.41 l/s	0.65 l/s
12	255.53	0.24 l/s	0.02 l/s	0.25 l/s	0.04 l/s	0.42 l/s	0.67 l/s
13	261.92	0.24 l/s	0.02 l/s	0.26 l/s	0.04 l/s	0.43 l/s	0.69 l/s
14	268.47	0.25 l/s	0.02 l/s	0.27 l/s	0.04 l/s	0.44 l/s	0.70 l/s
15	275.18	0.25 l/s	0.02 l/s	0.27 l/s	0.04 l/s	0.45 l/s	0.72 l/s
16	282.06	0.26 l/s	0.02 l/s	0.28 l/s	0.04 l/s	0.46 l/s	0.74 l/s
17	289.11	0.27 l/s	0.02 l/s	0.29 l/s	0.04 l/s	0.47 l/s	0.76 l/s
18	296.34	0.27 l/s	0.02 l/s	0.29 l/s	0.04 l/s	0.48 l/s	0.78 l/s
19	303.74	0.28 l/s	0.02 l/s	0.30 l/s	0.05 l/s	0.50 l/s	0.80 l/s
20	311.34	0.29 l/s	0.02 l/s	0.31 l/s	0.05 l/s	0.51 l/s	0.82 l/s

Anexo 10: Presupuesto del proyecto

Proyecto		MABE EN COMUNIDAD EL CARBONAL ARRIBA					
DEPARTAMENTO		MADRIZ					
MUNICIPIO		TELPANECA					
FECHA	11/12/2023					TASA DE CAMBIO	36.65
Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total C\$
310			Preliminares	GLB	1.00	317898.87	317898.87
310	01		Limpieza inicial	m²	5965.91	24.00	143181.84
		92224	Limpieza inicial predio de captación	m²	64.00	24.00	1536.00
		92224	Limpieza inicial línea de conducción y distribución	m²	5837.91	24.00	140109.84
		92224	Limpieza inicial predio del tanque	m²	64.00	24.00	1536.00
310	02		Trazo y nivelación	m	5837.91	25.10	146524.54
		92806	Trazo y nivelación para tuberías (incl. Estacas de madera + mano de obra topografía) (no incl. equipo de topografía)	m	5837.91	25.10	146524.54
310	05		Rótulos	c/u	1.00	28192.50	28192.50
		05442	Rótulo tipo FISE 1.22 m x 2.44 (Est. Acero & Zinc Liso)	c/u	1.00	28192.50	28192.50
320			Línea de conducción	m	541.00	358.52	193957.29
320	01		Excavación para tubería	m³	324.60	177.99	57776.72
		95330	Excav en zanja TN (W 0.50 m Prof 1.20 m)	m³	324.60	177.99	57776.72
320	11		Relleno y compactación	m³	323.30	114.79	37112.25
		92226	Relleno y compactación manual	m³	323.30	114.79	37112.25

Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total C\$
320	23		Prueba hidrostática	m	541.00	1.20	648.73
		93282	Prueba hidrostática Proy. A.P hasta 4" y 300 m	c/u	1.00	648.73	648.73
320	14		Tubería de 1 1/2" de diámetro	m	541.00	181.92	98419.59
		96171	Tubería de PVC Diám = 1 1/2" (No inc. Excavación)	m	541.00	181.92	98419.59
330			Línea de distribución	m	5296.91	640.21	3391155.33
330	01		Excavación para tubería	m³	3148.20	177.99	560359.45
		95330	Excavación en zanja TN (W 0.50 m Prof 1.20 m)	m³	3148.20	177.99	560359.45
330	09		Relleno y compactación	m³	3143.20	114.79	360814.21
		92226	Relleno y compactación manual	m³	3143.20	114.79	360814.21
330	22		Prueba hidrostática	m	5296.91	0.12	648.73
		93282	Prueba hidrostática Proy. A.P hasta 4" y 200 m	c/u	1.00	648.73	648.73
330	14		Tubería de 1 1/2" de diámetro	m	5296.91	181.92	963622.34
		96171	Tubería de PVC Diám = 1 1/2" (No inc. Excavación)	m	5296.91	181.92	963622.34
330	23		Válvulas y accesorios	c/u	135.00	11153.41	1505710.59
		02136	Válvula de pase de gaveta de bronce. Diám. 1 1/2" (Incl. Excavación)	c/u	14.00	5499.04	76986.53
		94017	Válvula reguladora de presión. Hierro Fundido 1 1/2"	c/u	11.00	91646.18	1008107.98
		93113	Válvula de aire de hierro. Diám 1/2" Reductor de Ho Go + TEE	c/u	15.00	20188.40	302826.05
		03306	Caja para protec. De valv. De tubo de concreto. Diám = 6" H = 1.20 m (No incl Exc)	c/u	40.00	958.48	38339.14
		03532	Bloque de reacción de concreto de 3000 PSI ref. de 0.50 m c/ anclaje de varillas de hierro (Incl. Exc)	c/u	55.00	1444.56	79450.90

Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total C\$
335			Tanque de almacenamiento	m³	1.00	336885.76	336885.76
335	01		Movimiento de tierra para tanque de almacenamiento	m³	10.40	1969.20	20479.63
		94236	Descapote manual	m³	4.00	162.34	649.36
		92287	Corte manual de terreno	m³	3.20	163.50	523.21
		92226	Relleno y compactación manual	m³	3.20	114.79	367.33
		95875	Acarreo manual de material selecto con carretilla a 1 Km (Con MOI)	m³	4.16	4409.86	18345.02
		94390	Botar material sobrante de excavación a 100 m	m³	4.16	142.96	594.70
335	02		Tanque de almacenamiento de Polietileno Cap 10 m3	C/U	1.00	221285.48	221285.48
			Tanque de almacenamiento de politileneo cap 10 m3	c/u	2.00	80900.00	161800.00
		92022	Niveleta doble de 1.50 m x 1.50 m	c/u	4.00	222.00	888.02
		92021	Niveleta sencilla L = 1.10 m	c/u	4.00	188.57	754.26
		05489	Base para tanque Muro de concreto ciclópodo 40% concreto de 3000 PSI + 60% piedra (compra de piedra bolon) Sección trapeizoidal (No incl exc)	m³	3.04	4744.46	14413.65
		05091	Losa de concreto de 3000 PSI Esp= 0.15 m, Ref # 3, @ 0.20 m en A/D (No Incl Exc ni acabado)	m²	9.61	1917.69	18429.00
		04340	CASETA DE COLUMNAS DE TUBERIA DE HIERRO No. Diám.=1½" Área=3.10mx3.50m + CUBIERTA DE TECHO ZINC (NO INCL. PARED)	c/u	1.00	20530.79	20530.79
			Repello corriente	m²	18.00		
		93783	Repello arenillado	m²	8.68	154.77	1343.38
		02040	Fino integral para losas de concreto	m²	9.61	163.60	1572.22

Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total C\$
		92147	Pintura de aceite calidad standrard (Incl. 2 manos)	m²	8.68	179.05	1554.16
335	07		Otro tipo de obras	GLB	1.00	95120.66	95120.66
		03748	Caja de registro de concreto de 2500 PSI ref. + pared de ladrillo cuart. O.60 m x 0.60 m H = 0.85 m	c/u	10.00	4529.09	45290.89
		04685	Cuneta en forma de "V" de concreto de 2500 PSI sin ref. A = 0.60 H =0.15 E = 0.05	m	20.00	852.16	17043.18
		02146	Tubería de Ho Go Diám. 2" (No incl. Excavación)	m	30.00	943.77	28313.02
		92170	Bloque de reacción de concreto para accesorios menores a 6"	c/u	22.00	203.34	4473.58
340			Fuentes y obras de toma	c/u	1.00	687429.20	687429.20
340	02		Estación de bombeo	c/u	1.00	450019.95	450019.95
		04301	Sarta de tubo de Ho Go Diám = 1 1/2" (2.25 de tubo + 1 unión maleable + 1 codo de Ho Go)	c/u	1.00	3343.97	3343.97
		04720	Válvula (o llave) de chorro de bronce Diám = 1/2" C/pedestal de concreto	c/u	1.00	987.56	987.56
		93518	Válvula de aire de hierro fundido Diám = 1"	c/u	1.00	12880.49	12880.49
		97139	Bomba TRI-SEAL, sumergible FPS 4400, SUMERGIBLE DE 1.5 HP, Q=10 GPM, CTD=255', 1/60/230 vde 10 GPM	c/u	2.00	29871.04	59742.08
		95345	Cable electrico de cobre sumergible # 3 x 8	m	48.00	552.35	26512.66
		95033	Cable electrico de cobre sumergible # 14 x 2	m	48.00	250.23	12010.80
		95819	Tubo sección circular de Ho Go Diám = 3" para columna de bombeo	m	53.58	3954.08	211859.76
		94976	Medidor maestro de hierro fundido Diám = 2" (incl, bridas)	c/u	1.00	10194.85	10194.85

Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total C\$
		95100	Válvula de alivio de hierro fundido Diám = 2"	c/u	1.00	34711.58	34711.58
		05671	Válvula de limpieza de hierro fundido Diám = 2"	c/u	1.00	17046.76	17046.76
		97180	Válvula de check de hierro fundido Diám = 2"	c/u	2.00	22128.80	44257.61
340	03		Caseta de control	GLB	1.00	187091.20	187091.20
		03106	Anden de concreto de 2500 PSI S/Ref Espesor = 7.5 cm	m²	6.80	522.06	3550.04
		03032	Caseta de mampost, confinada de ladrillo cuarterón, área = 7.50 m² para controles	c/u	1.00	160147.80	160147.80
		93398	Explotación o corte (manual) en banco de préstamo	m³	7.10	163.50	1160.88
		94390	Botar material sobrante de excavación a 100 m	m³	9.23	142.96	1319.49
		95875	Acarreo manual de material selecto con carretilla a 1 Km (Con MOI)	m³	4.57	4409.86	20153.06
		92227	Excavación manual en terreno natural	m³	5.94	127.93	759.93
340	05		Instalaciones eléctricas	GLB	1.00	40571.04	40571.04
		95721	Panel (o tablero) monofásico 8 espacios, 120/240 voltios, barra de 125 amperios	c/u	1.00	6061.73	6061.73
		93942	Apagador doble de 15 amp / 120 V con placa metalica 2 hoyos	c/u	1.00	402.40	402.40
		92266	Caja de registro de acero galvanizado de 4" x 4"	c/u	2.00	192.79	385.58
		92267	Caja de registro de acero galvanizado de 2" x 4"	c/u	3.00	117.40	352.19
		92269	Tuberia conduit flexible de 1/2" (forrado)	m	25.00	186.90	4672.61
		92270	Cable electrico de cobre THHN cal # 12 AWG	m	50.00	39.24	1961.93
		92543	Cable electrico de cobre THHN cal # 10 AWG	m	50.00	58.33	2916.39
		93905	Cable electrico de cobre THHN cal # 4 AWG	m	21.00	287.46	6036.56

Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total C\$
		92559	Breaker de 1 polo x 15 amperios	c/u	1.00	646.86	646.86
		92734	Breaker de 2 polo x 30 amperios	c/u	1.00	1104.52	1104.52
		92649	Cable electrico de cobre THHN cal # 14 AWG	m	25.00	38.20	954.95
		92731	Lampara (o luminaria) fluorescente de 1x22 watts P/techo	c/u	2.00	600.80	1201.60
		93526	Canalización con tubo de conduit de PVC Diám = 1"	m	30.00	134.85	4045.38
		93570	Canalización con tubo de EMT Diám = 2"	m	6.00	699.03	4194.15
		93456	Polo a tierra con varilla COPPERWELD D = 5/8", L = 8"	c/u	2.00	2586.08	5172.15
		93687	Tomacorriente doble polarizado de 15 amp / 120 V con placa de baquelita	c/u	2.00	231.04	462.07
340	06		Otro tipo de obras de captación	c/u	1.00	26218.83	26218.83
		94734	Cerco (a) de malla ciclón de alambre de acero galvanizado Cal # 13 (Diám. Del alambre = 2.4130 mm) Alt = 6" sobre tubo de hierro	m	40.00	552.70	22108.19
		04284	Portón de marco de tubo sección circular de Ho No Diám = 1/2" con forro de malla ciclón cal # 13 con columnas de concreto de 2000 PSI	m²	1.00	4110.64	4110.64
350			Conexiones	c/u	53.00	2697.03	142942.36
350	01		Conexiones intradomiciliares	c/u	53.00	2697.03	142942.36
		05504	Conexión domiciliar de 1 1/2" x 1/2" (No incl. Medidor) (Incl. Exc. y relleno)	c/u	53.00	2196.84	116432.56
		96206	Instalación de medidor de agua potable (solo mano de obra)	c/u	53.00	500.19	26509.81
370			Limpieza y entrega	GLB	5965.91	7.00	41761.37
370	01	99225	Limpieza final	m²	5965.91	7.00	41761.37
Costo directo total						Córdobas	5,112,030.19

Fuente: Elaboración propia

