



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y
SANEAMIENTO PARA LA COMUNIDAD CUSMAJI, DEL MUNICIPIO DE
PALACAGUINA, DEPARTAMENTO DE MADRIZ**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Kairo Josué Lazo

Br. Sergio Ramón Obando Arteaga

Br. Juan Antonio Arteaga García

Tutor

M. Sc. Ing. Jimmy Sierra Mercado

Managua, 2022.

RESUMEN EJECUTIVO

Problemática: La comunidad Cusmaji ubicada en Palacagüina en el departamento de Madriz carece de servicio para el abastecimiento de agua adecuado, por tal razón las familias se aprovechan el agua cruda de pozos excavados. Por tanto, los líderes de la comunidad gestionan la realización de un sistema de agua potable con conexiones domiciliarias, el cual pueda cumplir con la demanda de consumo que se estima para un período de 20 años.

Función principal del informe: La función principal de este informe es presentar una propuesta de diseño hidráulico de los componentes de un mini acueducto por bombeo eléctrico para la comunidad de Cusmaji en el municipio de Palacagüina.

Población beneficiada: Población actual 518 personas. En un período de diseño de 20 años se proyecta que la población crecerá a 849 personas.

Normativa aplicada: En la preparación de este diseño se aplicaron la NTON 09 007-19, publicada en noviembre 2021, por el ministerio fomento, industria y comercio industria.

Diseño del acueducto: Para el diseño del acueducto se realizó un estudio socio económico, estudio topográfico, estudio de la calidad de agua y aforo, análisis de la población y demanda de agua potable, diseño hidráulico del sistema, desinfección, simulación del cloro residual y presupuesto. El estudio además presenta los planos topográficos y planos del diseño hidráulico y planos de todos los componentes de un acueducto por bombeo eléctrico.

El diseño incluye una fuente superficial en el río Estelí, una bomba sumergible de 5 HP, columna de bombeo y sarta de 3" H°G° y 2" H°G° respectivamente, tubería de una pulsión de 2" PVC SDR 13.5, para soportar una carga dinámica total de 174.895 m y presión total de 221.83 m, la cual incluye la sobre presión de por golpe de ariete de 32.55 m. La longitud total de la línea de conducción fue de 2,131.77 m y la de la red de distribución con tubería de 1 ½" de PVC SDR 26 fue de 5,258.14 en el tramo 1 y 4,637.17 m en el tramo 2. En total en el acueducto se diseñaron 12,027.08 m de tubería. También el tramo 2 el diseño incluye 2 válvulas reguladoras de presión, para mantener las presiones en los rangos que recomienda la norma.

También se incluyó en el diseño un sistema de desinfección basado en un hipoclorador de carga constante, cual aplicará 2.1 mg /L, para una capacidad total del sistema de 0.17 Kg de cloro/día. EL cloro será diluido al 2% y se aplicará a una tasa de 0.53 L/h.

El presupuesto total del proyecto utilizando la metodología FISE fue de C\$ 5,046,392.07 que equivale a una inversión de 9,742.07 C\$ por persona.

Contenido

Capítulo 1.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general:.....	4
1.4.2. Objetivos específicos:	4
Capítulo 2.	1
2.1. Estudios poblacionales	5
2.2. Levantamientos topográficos	5
2.3. Análisis físico-químico y microbiológico	6
2.4. Parámetros de diseños	7
2.4.1. Período de Diseño	7
2.4.2. Presiones máximas y mínimas	8
2.4.3. Velocidades permisibles en tuberías.....	8
2.4.4. Cobertura de tuberías	8
2.5. Fuentes de abastecimiento	9
2.6. Pérdidas de agua en el sistema	10
2.7. Hidráulica del acueducto	11
2.7.1. Estación de bombeo	11
2.7.2. Línea de impulsión.....	15
2.7.3. Golpe de ariete	16
2.7.4. Potencia.....	16
2.7.5. Tanque de almacenamiento (capacidad)	16

2.7.6.	Tipo tanque sobre el suelo.....	17
2.7.7.	Red de distribución	18
2.7.8.	Simulación hidráulica del sistema	18
2.8.	Desinfección	18
2.9.	Sanearamiento básico rural.....	19
Capítulo 3.	5
3.1.	Tipo de investigación	21
3.2.	Herramientas a utilizar	21
3.3.	Metodología a emplear	21
3.4.	Ubicación y características de la zona de estudio	22
3.4.1.	Macro localización	22
3.4.2.	Micro localización.....	23
3.4.3.	Ubicación geográfica y extensión territorial	24
3.4.4.	Características del sitio	25
3.4.5.	Aspectos socioeconómicos, cantidad - calidad del agua y demanda ...	26
3.4.5.1.	Censo poblacional	26
3.5.	Estudio topográfico	26
3.6.	Aforo de la fuente método sección-velocidad	26
3.7.	Estudio físico químico y bacteriológico.....	28
3.7.1.	Tratamiento de agua superficial	28
3.8.	Estudio poblaciones	28
3.8.1.	Proyección de la población y demanda.....	28
3.8.2.	Dotación	28
3.8.3.	Consumo domestico	28

3.8.4.	Factores de consumo	29
3.8.5.	Consumo Promedio Diario	29
3.8.6.	Fuga o pérdida de sistema.....	30
3.8.7.	Consumo máximo diario	30
3.8.8.	Consumo máximo horario	30
3.9.	Diseño hidráulico del sistema.....	31
3.9.1.	Columna de bombeo.....	31
3.9.2.	Diseño de sarta.....	32
3.9.3.	Línea de impulsión.....	33
3.9.4.	Golpe de ariete	33
3.9.5.	Selección de la bomba.....	36
3.9.6.	Volumen del taque	37
3.9.7.	Desinfección	37
3.10.	Saneamiento.....	38
3.11.	Presupuesto.....	38
Capítulo 4.	21
4.1.	Estudios socioeconómicos	39
4.1.1.	Características demográficas	39
4.1.2.	Situación económica de la población	41
4.1.2.1.	Personas con trabajo remunerados.....	41
4.1.2.2.	Ingreso familiar mensual	42
4.1.3.	Ocupación de miembros de familia.....	43
4.1.4.	Viviendas.....	45
4.1.5.	Servicios.....	49

4.1.6. Saneamiento	¡Error! Marcador no definido.
4.2. Levantamiento topográfico	72
4.3. Aforo Fuente superficial en el río Estelí.....	74
4.4. Estudio fisicoquímico y bacteriológico	76
4.5. Diseño del acueducto.....	77
4.5.1. Periodo de diseño.....	77
4.5.2. Población de diseño	77
4.5.3. Dotación de agua	79
4.5.4. Línea de conducción.....	81
4.5.5. Diseño de la columna de bombeo.....	81
4.5.6. Diseño de la sarta.....	83
4.5.7. Línea de impulsión	86
4.5.8. Golpe de ariete	91
4.5.9. Selección de la bomba	95
4.5.10. Capacidad del tanque.....	97
4.6. Desinfección	97
4.7. Simulación hidráulica de MABE	98
4.7.1. Simulación de la línea de conducción	99
4.7.2. Simulación de la red de distribución.....	104
4.8. Conexión domiciliar	122
4.9. Presupuesto.....	122
4.10. Conclusiones	124
4.11. Recomendación.....	125
Anexos.....	I

Anexo I Formato de encuesta tipo FISE ENCUESTA SOCIOECONÓMICA DE AGUA Y SANEAMIENTO	I
Anexo II. Levantamiento topográfico	VI
Anexo III: Aforo de río Estelí	XXII
Anexo IV: Estudio fisicoquímico y bacteriológico	XXIV
Anexo V: Presupuesto	XXV
Anexo VI Planos constructivos	XXXIV

Tablas

Tabla 1: Periodos de diseño.....	7
Tabla 2: Relación diámetro interno del pozo y caudal de bombeo	12
Tabla 3: Relación diámetro columna de bombeo y caudal de bombeo.....	13
Tabla 4: Velocidad en la tubería de succión según el diámetro y caudal.....	13
Tabla 5: Diámetro de sarta en relación a un rango de caudales.....	14
Tabla 6: Diámetro de válvula de alivio con el caudal de descarga.....	14
Tabla 7: Tipo de energía recomendable según capacidad del motor	15
Tabla 8: Características demográficas	39
Tabla 9: Población por rango de edad	40
Tabla 10: Personas con trabajos remunerados	42
Tabla 11: Ingresos mensuales	43
Tabla 12: Ocupación de los miembros de familias	44
Tabla 13: Tenencia de viviendas.....	45
Tabla 14: Estructura de la vivienda	46
Tabla 15: Tipos de pisos de las viviendas.....	47
Tabla 16: Material de techos de las viviendas	48

Tabla 17: Acceso a energía eléctrica	49
Tabla 18: Costo promedio electricidad	50
Tabla 19: Tipo de abastecimiento de agua potable	51
Tabla 20: Distancia recorrida para acarreo de agua.....	53
Tabla 21: Personas que acarrear el agua.....	54
Tabla 22: Medios para acarreo de agua.....	56
Tabla 23: Cantidad de agua acarreada por viaje.....	57
Tabla 24: Cantidad de viajes realizados.....	58
Tabla 25: Disposición de agua por hogar	59
Tabla 26: Condiciones del agua	60
Tabla 27: Saneamiento	61
Tabla 28: Estado de unidad de saneamiento	61
Tabla 29: Opción de saneamiento.....	63
Tabla 30: Calidad de mantenimiento	64
Tabla 31: Ubicación de la unidad de saneamiento	65
Tabla 32: Uso exclusivo de unidad de saneamiento	66
Tabla 33: Satisfacción con la opción de saneamiento.....	67
Tabla 34: Disposición a proyectos de saneamiento	68
Tabla 35: Acceso a lavaderos	69
Tabla 36: Utilización de aguas grises	70
Tabla 37: Eliminación de basura	71
Tabla 38: Lista de planos topográficos	74
Tabla 39: Datos obtenidos del método de molinete.....	75
Tabla 40: Proyección poblacional.....	78

Tabla 41: Diámetros de columna de bombeo en relación al caudal.....	81
Tabla 42: Diámetros de sarta en relación al caudal.....	83
Tabla 43: Accesorios de sarta	85
Tabla 44: Análisis técnico económico con diferentes diámetros de tuberías	89
Tabla 45: Dosis de cloro para la desinfección del agua con hipoclorador.....	98
Tabla 46: tuberías de la línea de conducción	100
Tabla 47: presiones de red de conducción	101
Tabla 48: Caudales en nodos concentrados	104
Tabla 49: Tuberías red distribución zona 1	107
Tabla 50: Nodos red distribución zona 1	109
Tabla 51: Tuberías de línea de distribución zona 2	115
Tabla 52: Nodos de línea de distribución zona 2.....	116
Tabla 53: Levantamiento topográfico	VI

Ilustraciones

Ilustración 1: Macro localización.....	22
Ilustración 2: Micro localización de la comunidad.....	23
Ilustración 3: Imagen satelital de la comunidad de Cusmaji	24
Ilustración 4: Relieve de la comunidad.....	73
Ilustración 5: Sección transversal del cauce	76
Ilustración 6: Esquema de la del efecto del golpe de ariete.....	94
Ilustración 7: Curva teórica de la bomba	96
Ilustración 8: Tipología de la red de condición y distribución	99
Ilustración 9: Topología de la red de conducción	100
Ilustración 10: Perfil longitudinal de cotas de la línea de conducción	102

Ilustración 11: Perfil de altura piezométrica de la línea de conducción	103
Ilustración 12: Perfil longitudinal de presión de la línea de conducción	103
Ilustración 13: Tipografía de la línea de conducción (Tramo 1)	106
Ilustración 14: Perfil Longitudinal de cotas de la red de distribución (zona 1)	111
Ilustración 15: Perfil de altura piezométrica de la red de distribución (zona 1) ...	112
Ilustración 16: Perfil longitudinal de presión de la red de distribución (zona 1)	112
Ilustración 17: Tipografía de la línea de conducción (Tramo 2).	114
Ilustración 18: Perfil longitudinal de cotas de la red de distribución (Ramal 2) ...	118
Ilustración 19: Perfil de altura piezométrica de la red de distribución (zona 2) ...	119
Ilustración 20: Perfil longitudinal de presión de la red de distribución (zona 2)	120
Ilustración 21: Concentración de cloro residual a las 9 horas	121
Ilustración 22: Concentración de cloro residual a las 16 horas	121
Ilustración 23: Concentración de cloro residual a las 24 horas	121

Capítulo 1

Generalidades

1.1. Introducción

La escasez de agua es un problema real, una cuestión mundial que nos afecta a todos y según datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), revela que la escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y se prevé que este porcentaje aumente. En 2015 los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, dentro de ellos está el objetivo 6 “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”, la principal meta de este será que en 2030 logre el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos (Organización Internacional del Trabajo , 2017)

Los niveles de acceso a servicios de abastecimiento de agua en Nicaragua son bajos en comparación con los estándares regionales, representando en el año 2005 el 76.7%. Sin embargo, desde 1990 se han logrado avances significativos en las zonas rurales, generados a partir de una base limitada. En las zonas rurales, el acceso a servicios de abastecimiento de agua ha aumentado significativamente, de 48.5% en 1990 a 66.1% en 2003. (OPS, 2004).

Los pobladores de la comunidad Cusmaji en el municipio de Palacagüina se abastecen de agua que proviene de pozos excavados artesanalmente, los cuales se ven afectados y suelen disminuir su capacidad de abastecimiento en la temporada seca del año, por esto el servicio es ineficiente y no cubre las necesidades de la población en esta época. El suministro de agua potable es uno de los servicios básicos de mayor importancia para una ciudad o comunidad.

En este documento se abordará el diseño del sistema de agua potable en la comunidad Cusmaji el cual consiste en la construcción de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), el que debe cumplir con las normas rurales de agua y saneamiento (NTON 09007-19).

1.2. Antecedentes

En Nicaragua, la situación de los servicios de Agua Potable y Saneamiento en el medio rural es en general deficiente en cantidad, continuidad y calidad. Solo aproximadamente un 48.5% de la población rural del país posee acceso a una fuente de agua confiable (al año 2003) y un porcentaje igual al 66.1% (al año 1999) posee alguna clase de letrina.

La ciudad de Palacagüina cuenta con un aproximado de 16 comunidades y posee un 44.8% de cobertura de agua potable y un 55.2% que aún no cuentan con dicho sistema, tal es el caso de la comunidad de Cusmaji, en la cual sus pobladores siempre han sustentado sus necesidades por medio del consumo de agua a través de vertientes e inclusive usan el agua que recolectan por medio de la lluvia.

La comunidad que actualmente posee 159 viviendas y 518 habitantes siempre se ha abastecido de las maneras antes mencionadas, pero en los últimos años, han empezado a presentar problemas con el vital líquido debido al crecimiento poblacional como también al calentamiento global y las grandes distancias que estas recorren para poder acceder a este. Las personas al abastecerse de aguas de pozos artesanales no es garantizado que actualmente estén consumiendo agua con los parámetros correspondientes de calidad e higiene del vital líquido por falta de estudios a este mismo

Con el transcurso del tiempo los puntos de abastecimiento de agua que posee la comunidad serán incapaces de satisfacer la demanda de consumo que se requiere por cada persona, por tal razón los pobladores demandan la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad y de esta manera tratar de resolver dicha problemática. .

1.3. Justificación

En la presente investigación se llevará a cabo el diseño de un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), con el objetivo de resolver la problemática de escases del vital líquido en la comunidad Cusmaji de la Ciudad de Palacagüina departamento de Madriz.

Los pobladores de la comunidad Cusmaji, actualmente no cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable de distribución domiciliar, se abastecen de pozos perforado y excavados a mano. El total de la población no es beneficiada a satisfacción en cantidad, calidad y continuidad, porque los pozos no dan abasto a todas las familias de la comunidad, principalmente en época de verano, según (NTON 09007-19) por cada pozo perforado se pueden abastecer de 8 -15 familias y excavados se abastecen como mínimo 6 familias. Por lo que los sistemas que se encuentra actualmente instalados están siendo sobre utilizado, acción que en el período crítico se evidencia aún más por la profundidad del nivel freático y la disminución del caudal disponible del recurso hídrico, lo antes expresado lleva a afirmar que es urgente diseñar y construir un sistema de abastecimiento de agua potable que beneficie a la comunidad, ya que con la construcción de dicho proyecto se estará evitando incidencias de enfermedades a causa del consumo de agua en mal estado y el trabajo o desgaste físico que los pobladores hacen al momento de trasladar el agua de los pozos a sus hogares.

Dentro de la comunidad existe una deficiencia de una fuente de agua para consumo saludable, al igual que de uso higiénico además de la accesibilidad de ella las 24 horas, así también como usos secundarios a lavado de ropa, utensilios del hogar, entre otros. Por lo tanto, no cumple con el consumo diario de las familias debido a que no cuentan con una red de agua potable y la mayoría de personas no poseen con fondos necesarios para la construcción de pozos privados ya sean artesanales o perforados.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general:

Diseñar un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) en la comunidad “Cusmaji” localizada al este del municipio de Palacagüina.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Determinar la población y demanda futura mediante censo a la comunidad y método geométrico de proyección poblacional para estimar los consumos a futuro.
- Efectuar un levantamiento topográfico de la comunidad a través de la información altiplanimétrica del lugar para la obtención de planos en planta y perfiles longitudinales del terreno.
- Realizar un análisis físico-químico y microbiológico mediante pruebas de laboratorio para la determinación de la calidad del agua de la fuente.
- Diseñar los distintos componentes de un sistema de agua potable en la comunidad de Cusmaji por medio del análisis hidráulico utilizando el software de EPANET.
- Proponer obras de saneamiento rural a nivel de la vivienda.
- Elaboración de presupuesto según los diseños constructivos del sistema, para estimar costos totales del proyecto a través de costos unitarios para cada una de las etapas del proyecto.

Capítulo 2 Marco teórico

Según la organización mundial de la salud el agua salubre y fácilmente accesible es importante para la salud pública, ya sea que se utilice para beber, para uso y doméstico, para producir alimentos o para fines recreativos (OMS, 2022).

2.1. Estudios poblacionales

Uno de los parámetros básicos es la cantidad de la población a servir, la cual será obtenida mediante censos a la comunidad, para realizar las proyecciones poblacionales y de igual forma dimensionar los elementos que constituye el sistema.

La tasa de crecimiento a aplicar al proyecto debe ser sustentada sobre la base de estudios demográficos precedentes y censo actualizado de la localidad en estudio. En ningún caso será menor que 2.5% (MIFIC, 2019, pág. 8).

2.2. Levantamientos topográficos

Un levantamiento topográfico, o simplemente levantamiento, es el proceso científico de medición de las dimensiones de un área particular de la superficie de la tierra, incluyendo sus distancias horizontales, direcciones, ángulos y elevaciones. Sin embargo, no todos los levantamientos son iguales, existen tres tipos distintos.

Un levantamiento topográfico incluye mediciones de la elevación vertical de la superficie que se examina, así como las estructuras artificiales que se encuentran en él. Los levantamientos topográficos son ampliamente utilizados por gobiernos y empresas dedicadas a la construcción (Morales, 2015).

De acuerdo con Morales (2015), las herramientas para levantamientos topográficos son:

- **Teodolito:** Es el aparato topográfico que reúne en un mismo montaje un sistema óptico-mecánico capaz de medir algunos horizontales y verticales. Al estar contruidos para medir básicamente ángulos, estos los miden con mucha precisión.
- **Taquímetro:** Son aquellos que el retículo del anteojo dispone de hilos estandimétricos, en función básicamente de la forma en que miden y presentan los ángulos.

- **Estación total:** son las que poseen un sistema electromagnético para medir distancias, además estas estaciones suelen incorporar sistemas internos para almacenar datos, replanteos, superficies, etc. Y tienen sistemas para transferir de forma semiautomática los datos almacenados a un ordenador.
- **Plomada óptica:** Sirve para conseguir la exacta coincidencia entre el eje vertical del aparato en estación y el centro de la señal sobre la que se estaciona.
- **Niveles:** Son instrumentos dedicados a la medida directa de diferencias de altura entre puntos ó desniveles. Su misión es lanzar visuales horizontales con la mayor precisión posible.

2.3. Análisis físico-químico y microbiológico

Se define como agua potable aquella que atiende a los siguientes requisitos: libre de microorganismos que causan enfermedades, libre de compuestos nocivos a la salud, aceptable para consumo, con bajo contenido de color, gusto y olor aceptables, y exentos de compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias (INAA, 1999).

Así mismo el Artículo 3 de la norma regional de calidad del agua de consumo humano, tiene el objetivo de proteger la salud pública y por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento del agua (CAPRE, 1994).

La norma establece tres etapas de control de calidad del agua, en el tiempo, para cada uno de los países que se adscriban al mismo. Primera etapa, E1: Corresponde al programa de análisis básico, fácilmente ejecutable por cada laboratorio de control de calidad del agua autorizado. Los parámetros en esta etapa de control son: Coliforme total o coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentración de iones hidrógeno (pH), conductividad y cloro residual. La segunda etapa, E2: Corresponde al programa de análisis normal y comprende la ejecución de los parámetros de la primera etapa ampliado con: aluminio, cloruros, cobre,

dureza, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, nitratos, nitritos, amonio, hierro, manganeso, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio, selenio, sulfuro de hidrógeno y zinc. La tercera etapa, E3: Corresponde a un programa de análisis avanzado del agua potable. Comprende la ejecución de los parámetros de la segunda etapa, ampliado con sólidos totales disueltos, desinfectantes, subproductos de la desinfección y sustancias orgánicas (plaguicidas) de significado para la salud (CAPRE, 1994).

2.4. Parámetros de diseños

2.4.1. Período de Diseño

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

- Determinar que períodos de estos componentes del sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.
- Qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas.
- Cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema.

A continuación, se indican los períodos de diseños económicos de los elementos que componen un sistema de abastecimiento de agua potable. (Tabla 1).

Tabla 1: Períodos de diseño

Tipos de componentes	Período de diseño
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años

Filtro lento	20 años
Líneas de conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

(INAA, 1999). Página 15.

2.4.2. Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento MIFIC (2019), recomienda que éstas se cumplan dentro de un rango permisible, en los valores siguientes:

Presión mínima: 5.0 metros

Presión máxima: 50.0 metros

Se permitirán en puntos aislados, presiones estáticas hasta de 70.00 m, cuando el área de servicio sea de topografía muy irregular.

2.4.3. Velocidades permisibles en tuberías

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías (MIFIC, 2019).

Los valores permisibles son los siguientes:

Velocidad mínima = 0.4 m/s.

Velocidad máxima = 2.0 m/s.

2.4.4. Cobertura de tuberías

Para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo (MIFIC, 2019).

2.5. Fuentes de abastecimiento

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. El abatimiento máximo no deberá superar el 67% del espesor saturado (MIFIC, 2019).

A continuación, se presentan algunos tipos de fuentes:

Manantiales: Son puntos localizados en la corteza terrestre por donde aflora el agua subterránea. Generalmente este tipo de fuentes, sufren variaciones en su producción, asociada con el régimen en la zona. En la mayoría de los casos, es de esperar que el caudal mínimo del manantial coincida con el final del periodo seco en la zona.

Los criterios para considerar un manantial como fuente de suministro de agua potable son los siguientes.

- El dato o datos de aforo, deberán corresponder al final del periodo seco de la zona y se tomara como base para el diseño, el mínimo valor obtenido.
- El caudal crítico para la producción de la fuente deberá ser mayor o igual al consumo máximo diario de la población al final del periodo de diseño, de lo contrario se desechará su utilización, o se complementará con otra fuente disponible.

Pozo excavado a mano: Esta opción resulta ser una solución tecnológica bastante apropiada para el suministro de agua para el sector rural disperso. Para garantizar la durabilidad del sistema se deberá cumplir con los siguientes criterios:

- Todo PEM deberá ser sometido a una prueba de rendimiento.

- Serán considerados solamente aquellos PEM, cuyo nivel estático se encuentre como mínimo 2 m. por encima del fondo del pozo; esta medida deberá realizarse al final del periodo de seco de la zona.

Pozo perforado: esta elección se considerará únicamente si las opciones PEM, MAG Y CM no se pueden aplicar. Corresponde a la utilización de un pozo perforado empleando una bomba manual, por lo cual se deberá cumplir con los siguientes criterios:

- El caudal máximo de explotación será obtenido mediante una prueba de bombeo.
- El caudal máximo de explotación del pozo será igual o superior a 19 litros por minuto.

El servicio brindado por Pozo Excavado a Mano (PEM) o Pozo Perforado (PP), será equipado con bomba manual, preferiblemente del tipo “mecate”. Su ubicación será tal que quede equidistante de las viviendas y no mayor de 100 m. de la más alejada. (INAA, 1999)

Galería de infiltración: una galería de infiltración es un conducto horizontal y permeable construido para interceptar y recolectar agua subterránea que fluye por gravedad (acuífero libre).

Para que tenga éxito una galería, debe localizarse en un acuífero permeable que tenga el nivel freático alto y estar alimentado por una fuente adecuada y cercana, cuya calidad en el aspecto químico la haga utilizable.

Generalmente las galerías de infiltración están ubicadas paralelamente a los lechos de los ríos, con el objeto de asegurar un abastecimiento permanente de agua.

2.6. Pérdidas de agua en el sistema

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas y/o desperdicio en el sistema. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio. En el caso

de ciudades y localidades con más de 500 viviendas, el porcentaje se fijará en un 20% y para localidades hasta 500 viviendas el 15% (MIFIC, 2019, pág. 12).

2.7. Hidráulica del acueducto

El análisis hidráulico de la red y de la línea de conducción, permite dimensionar los conductos que integran dichos elementos. La selección de los diámetros es de gran importancia, ya que, si son muy grandes, además de encarecer el sistema, las bajas velocidades provocarán problemas de depósitos y sedimentación; pero si es reducido puede originar pérdidas de cargas elevadas y altas velocidades las cuales podrían causar erosión a las tuberías (INAA, 1999).

2.7.1. Estación de bombeo

La arquitectura y alrededores de la estación deben armonizar con las edificaciones vecinas. Su estructura debe ser construida con materiales a prueba de humedad e incendio. En el diseño del interior del edificio se deben considerar los requerimientos de espacio para cada pieza del equipo, su localización, iluminación, ventilación y desagüe. Debe estar protegida del público con cercas apropiadas y tener un buen acceso durante todo el año (MIFIC, 2019).

Las estaciones de bombeo de agua potable deben estar provistas de un sistema de cloración instalado posterior a la línea de bombeo. Los equipos de cloración tendrán sus instalaciones en una caseta especialmente diseñada para tal fin con suficiente ventilación (MIFIC, 2019).

De acuerdo con INAA (1999), se debe elegir el equipo de bombeo generalmente entre sumergible y tipo turbina de eje vertical para pozo perforado según los siguientes factores:

- Nivel de bombeo de acuerdo a los resultados de las pruebas de bombeo realizadas al pozo.
- Variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en las estaciones seca y lluviosa.

- El diámetro del ademe del pozo, el cual debe estar relacionado al caudal a extraerse.
- El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplada a la bomba, será diseñada para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por lo cual se recomiendan los diámetros para columnas de bombeo en relación al caudal.
- Calidad del eje.
- Tipo de impulsores.
- Característica del arranque y puesta en marcha.
- Flexibilidad de operación.
- Curvas características de las bombas.
- Golpe de ariete.
- Tuberías en succión y descarga de equipos de bombeo. El diámetro de la tubería de succión y de impulsión no deberán ser menores que las admitidas por las bombas, en caso de que el diámetro de la tubería de succión sea mayor que el de la admisión de la bomba (bombas horizontales), se debe conectar una reducción excéntrica.

Tabla 2: Relación diámetro interno del pozo y caudal de bombeo

Diámetro interno ademe del pozo		Caudal de bombeo	
Pulgada	mm	gpm	lps
6	150	160	10
8	200	240	15
10	250	400	25

Fuente: MIFIC (2019)

Tabla 3: Relación diámetro columna de bombeo y caudal de bombeo

Diámetro de columna de bombeo		Caudal de bombeo	
Pulgada	mm	gpm	lps
3	75	0-50	0.00-3.15
4	100	50-100	3.15-6.30
6	150	100-600	6.30-37.8

Fuente: MIFIC (2019)

Tabla 4: Velocidad en la tubería de succión según el diámetro y caudal

Velocidad (m/s)	Diámetro (mm)	Caudal (litros/s)
0.75	50	Hasta 1.5
1.1	75	5
1.3	100	10

Fuente: MIFIC (2019)

En la tubería de descarga se deberá efectuar un estudio económico comparativo de diversos diámetros para seleccionar el más apropiado. En la descarga o sarta de la bomba deberán considerarse una válvula de compuerta y una válvula de retención (MIFIC, 2019).

Tabla 5: Diámetro de sarta en relación a un rango de caudales

Diámetro de sarta		Rango de Caudales	
Pulgada	mm	gpm	lps
2	50	80	5.05
3	70	80-200	5.05-12.6

Fuente: MIFIC (2019)

El diámetro de la sarta está definido por el diámetro del medidor de agua. La válvula de retención debe colocarse entre la bomba y válvula de compuerta; además, considerar válvula de alivio ante golpe de ariete.

Tabla 6: Diámetro de válvula de alivio con el caudal de descarga

Diámetro de válvula		Rango de Caudales	
Pulgada	mm	gpm	Lps
3	75	250-500	15.8-31.5
2	50	60-250	3.8-15.8
1	25	<60	<3.8

Fuente: MIFIC (2019)

Las sargas deberán llevar:

- Medidor de flujo.
- Manómetro con llave de chorro 1/2".
- Válvula de aire.
- Válvula no retorno.
- Válvula de alivio.

- Derivación descarga para prueba de bombeo y limpieza de la sarta.
- Unión flexible para efecto de mantenimiento, las tuberías deben anclarse adecuadamente y determinar las fuerzas que actúa en los atraques para obtener un buen diseño.

Se tiene que considerar como norma emplear un factor de 1.15 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba, debido a pérdidas mecánicas. Las velocidades de operación de los motores eléctricos varían de acuerdo a la capacidad o caudal del equipo de bombeo. De acuerdo a la capacidad de los motores eléctricos se recomienda los tipos de energía siguiente:

Tabla 7: Tipo de energía recomendable según capacidad del motor

Capacidad	Tipo de energía
3 a 5 HP	1/60/110
5 a 50 HP	3/60/220
>50 HP	3/60/440

Fuente: MIFIC (2019)

2.7.2. Línea de impulsión

Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se deben determinar mediante el uso de la fórmula de Hazen – Williams o similar (MIFIC, 2019) .

Se debe realizar un análisis económico para la determinación del diámetro, tomando en cuenta los costos anuales del consumo de energía, costo de las tuberías y los costos totales de operación y mantenimiento a través del tiempo. La alternativa que presente el menor costo fijará el diámetro más económico (MIFIC, 2019).

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 deben instalarse válvulas de aire y vacío y de drenaje, de

acuerdo con las mismas recomendaciones dadas para las líneas de conducción por gravedad (MIFIC, 2019).

2.7.3. 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, 2008).

El valor de la sobrepresión debe tenerse en cuenta a la hora de dimensionar las tuberías, mientras que, en general, el peligro de rotura debido a la depresión no es importante, más aún si los diámetros son pequeños. No obstante, si el valor de la depresión iguala a la tensión de vapor del líquido se producirá cavitación, y al llegar la fase de sobrepresión estas cavidades de vapor se destruirán bruscamente, pudiendo darse el caso, no muy frecuente, de que el valor de la sobrepresión producida rebase a la de cálculo, con el consiguiente riesgo de rotura. Los principales elementos protectores en este caso serían las ventosas y los calderines (Escuela universitaria de ingeniería técnica agrícola de Ciudad Real, 2008).

2.7.4. Potencia

La bomba seleccionada debe impulsar el volumen de agua para la altura dinámica deseada, con una eficiencia (η) mayor a 70%. En situaciones donde se requiere solo un equipo de bombeo, es recomendable instalar uno idéntico de reserva, estableciendo un coeficiente de seguridad del 200%; pero si el tamaño de los equipos resulta muy grande, es recomendable incrementar el número de ellos, estableciendo coeficientes de seguridad menores, pero mayores alternativas y menores costos de operación (OPS-COSUDE, 2005).

2.7.5. Tanque de almacenamiento (capacidad)

La capacidad del tanque de almacenamiento según MIFIC (2019), deberá de satisfacer las condiciones siguientes:

a) Volumen compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 25% del consumo promedio diario.

a) Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 15% del consumo promedio diario. De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 45% del consumo promedio diario.

Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicios aceptables en los puntos de distribución (MIFIC, 2019).

2.7.6. Tipo tanque sobre el suelo

La norma (MIFIC, 2019), recomienda este tipo de tanque en los casos siguientes:

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

En el diseño de los tanques sobre el suelo debe de considerarse lo siguiente:

- Cuando la entrada y salida de agua es por medio de tuberías separadas, estas se ubicarán en los lados opuestos con la finalidad de permitir la circulación del agua.
- Debe considerarse un paso directo y el tanque conectado tipo puente (bypass), de tal manera que permita mantener el servicio mientras se efectúe el lavado o reparación del tanque.
- La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.
- Se instalarán válvulas de compuerta en todas las tuberías, limpieza, entrada y salida con excepción de la de rebose, y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo brida.
- Se debe de considerar los demás accesorios como; escaleras, respiraderos, indicador de niveles y acceso con su tapadera.

- Se recomienda que los tanques tengan una altura máxima de 3.0 metros, con un borde libre de 0.50 metros y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En casos especiales se construirán tanques de acero sobre el suelo.

2.7.7. Red de distribución

Para su diseño según la norma (MIFIC, 2019), deberá considerarse los aspectos siguientes:

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

- El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.
- La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento

Para el análisis de la red deben considerarse los casos de red abierta (Ramificada) y de malla cerrada. Para el primer caso el análisis puede efectuarse de dos maneras.

2.7.8. Simulación hidráulica del sistema

La simulación hidráulica se realizará con el software EPANET, que es un programa que realiza simulaciones en períodos prolongados del comportamiento hidráulico y calidad de agua en red a presión. Una puede estar constituida por tuberías, nodos, bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalse. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de caudales de caudales, en las tuberías, presiones en los nodos, los niveles de depósitos y las especies químicas presentes en el agua a lo largo del período de simulación (Environmental protection agency (EPA), 2001).

2.8. Desinfección

La calidad del agua destinada para consumo humano se establece en la Normativa 066, “Manual para la vigilancia Sanitaria del agua para consumo humano”, Acuerdo

Ministerial N° 232 2011, MINSA. Debe cumplir con los valores recomendados y máximos permisibles, establecidos en el Acuerdo Ministerial No.65-94 que corresponden a las Normas Regionales CAPRE, “Normas de Calidad del Agua para el consumo”; en su versión vigente. El sistema de abastecimiento de agua, debe considerar un sistema de desinfección apropiado, que garantice la calidad bacteriológica del agua para consumo humano. El cálculo de la dosis debe ser establecida en función de la calidad del agua y el caudal. En la desinfección del agua para consumo humano debe utilizarse el cloro gaseoso, hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio u otros autorizados por el MINSA (MIFIC, 2019).

2.9. Saneamiento básico rural

Según guía para acciones a nivel local, 2015 el “saneamiento básico”, al cual llamamos “básico” por precisamente considerar las acciones mínimas que deben adoptarse en una localidad urbana o rural, para que las personas puedan vivir en un ambiente saludable.

El saneamiento básico incluye:

- El abastecimiento de agua para consumo humano.
- El manejo y disposición final adecuada de las aguas residuales y excretas.
- El manejo y disposición final adecuada de los residuos sólidos municipales.

En las áreas rurales el saneamiento básico constituye un reto multidisciplinario e interinstitucional. Con pocos recursos es necesario crear condiciones que mejoren la calidad de vida e incorporen variables de orden técnico, económico, social y ambiental que contribuyan a lograr intervenciones sostenibles. Las autoridades locales son quienes tienen la mayor oportunidad y responsabilidad de eliminar el riesgo para la salud que se puede encontrar en la ausencia o déficit del saneamiento básico.

Capítulo 3 Diseño metodológico

3.1. Tipo de investigación

Las fuentes bibliográficas primarias fueron las entrevistas a los habitantes de la comunidad Cusmaji, Palacagüina, Madriz. Las fuentes secundarias se basaron en artículos, ficha municipal, estudios locales o cualquier otro documento de las instituciones correspondientes (Alcaldía municipal, MINSA, etc.).

3.2. Herramientas a utilizar

Equipo topográfico: Teodolito, trípode, balizas, etcétera.

Computadora y programas: Civil 3D, EPACAD, EPANET, Excel, Word.

3.3. Metodología a emplear

- Para cumplir objetivo específico 1, se realizaron las siguientes actividades: Levantamiento de censo poblacional y análisis de resultados en gabinete.
- Para cumplir objetivo específico 2, se realizaron las siguientes actividades: Levantamiento topográfico que proporcione la información básica para el dibujo de planos y perfiles del terreno.
- Para cumplir objetivo específico 3, se realizaron las siguientes actividades: Recolección de toma de muestras de agua de la fuente de abastecimiento, posteriormente se envió a laboratorio para su análisis físico-químico y bacteriológico con respecto a la norma CAPRE.
- Para cumplir objetivo específico 4, se realizaron las siguientes actividades: Definición de la vida útil del proyecto y cálculo de población de diseño, Cálculo del consumo promedio diario, demanda máxima diaria y horaria, se Diseñó la línea de conducción, dimensionamiento de tanque de almacenamiento, capacidad de la estación de cloración, simulación de red de distribución y simulación del cloro.
- Para cumplir objetivo específico 5 se realizaron las siguientes actividades: Hojas de cálculos con cantidades de obras, precios unitarios, con los cual se hizo el presupuesto.

3.4. Ubicación y características de la zona de estudio

La comunidad “Cusmaji” se ubica al este del municipio de Palacaguina, Está compuesta por 130 viviendas.

3.4.1. Macro localización

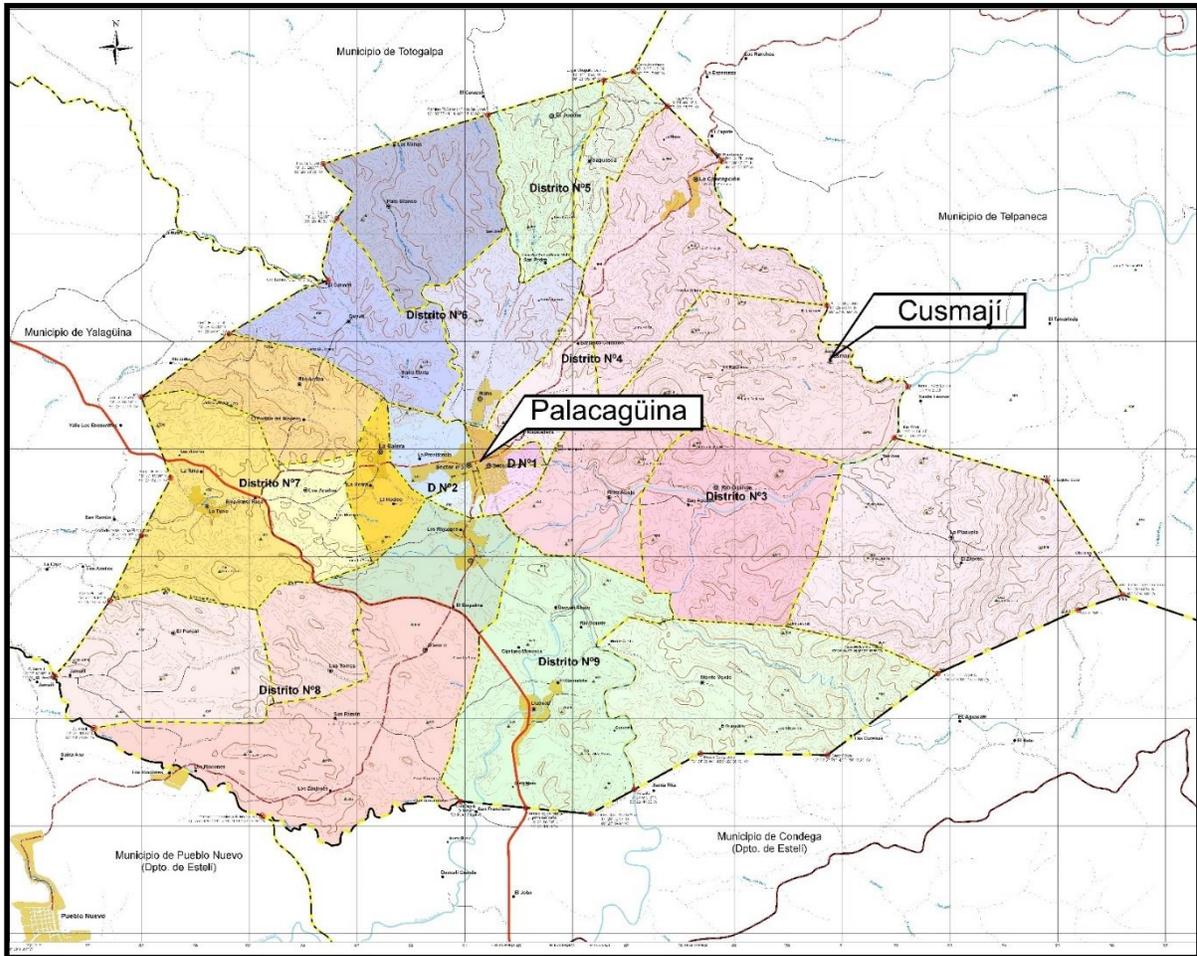
Ilustración 1: Macro localización



Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Micro localización

Ilustración 2: Micro localización de la comunidad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3: Imagen satelital de la comunidad de Cusmaji



Fuente: Elaboración propia con imagen Google Earth

3.4.3. Ubicación geográfica y extensión territorial

Según Alcaldía Palacagüina, la comunidad de Cusmaji se ubica en las coordenadas 13°28'22" LN y 86°20'51" LW con una extensión territorial de aproximadamente 20 km². Está ubicado a 23.5 km de la cabecera departamental de Madriz. La comunidad de Cusmaji está ubicada a 7.7 km del casco urbano de la ciudad de Palacagüina.

- **Limites**

La comunidad de Cusmaji limita con los siguientes puntos según Alcaldía Palacagüina.

- Al Norte : Limita con El limón
- Al Sur : Limita con La plazuela
- Al Este : Limita con Malaladera
- Al Oeste : Limita con Santa Leonor

3.4.4. Características del sitio

- **Topografía y clima de Cusmaji**

El relieve de la zona de la comunidad es variado desde sus planicies en zonas de valles del sur de la comunidad hasta zonas escarpadas en las partes altas de las colinas y cerros, este tipo de relieve influye directamente en el régimen de lluvias, teniendo un clima tropical de sabana o tropical húmedo-seco.

- **Actividades económicas**

La actividad de la población está concentrada mayoritariamente en granos básicos con el cultivo de frijol, maíz y ganadería extensiva. En el ambiente comercial están concentradas en pequeñas pulperías que distribuyen abarrotería, productos alimenticios incluyendo granos básicos propios de la dieta diaria.

Otra fuente de empleo son las labores del campo, en temporada en el corte de café, tabaco y la floristería de Estelí, también en la crianza de gallina, cerdos, pequeños negocios familiares, quienes contribuyen a la economía de sus hogares.

- **Vialidad y transporte**

Según Alcaldía de Palacagüina, la comunicación hacia la cabecera municipal consiste con un camino de 7.7 km, al cual se les realizó un mejoramiento para el tránsito vehicular, pero en épocas de lluvias dicho camino es afectado por pegaderos que se forman. En la comunidad actualmente no existe transporte público, pero la población se moviliza en transporte selectivo como taxi, moto-taxi y vehículos particulares como motocicletas entre otros.

- **Características hidrológicas**

El municipio tiene una amenaza alta de sequía ya que se ubica territorialmente en el centro del corredor seco de las Segovias. En el municipio se pueden observar dos niveles de precipitaciones:

Seco: La mayoría del municipio presenta este tipo de nivel de precipitación a excepción de dos pequeños microclimas que se observan en el mapa municipal.

Semi seco: Las comunidades que registran estas características son una parte de Cusmaji.

3.4.5. Aspectos socioeconómicos, cantidad - calidad del agua y demanda

3.4.5.1. Censo poblacional

Se realizó un censo poblacional en la comunidad de Cusmaji, utilizando el formulario del anexo 1, de encuesta tipo FISE. Se indagaron tópicos demográficos, económicos, servicios, agua y saneamiento. Los resultados se procesaron con el software Excel, con el cual se obtuvieron tablas de frecuencias y gráficos.

3.5. Estudio topográfico

El estudio topográfico se realizó con el propósito de conocer las distancias y cotas para la elaboración de planos de planta y perfiles longitudinales del terreno, datos que servirán para caracterizar el terreno y para realizar el diseño hidráulico.

Este levantamiento topográfico se realizó mediante el método taquimétrico, con una estación total Leica TS02 con su respectivo prisma, bastón, brújula y una cinta métrica para medir alturas en cada punto de cambio.

El levantamiento se inició con localización de dos BM mediante GPS, se hicieron estaciones cada 20 metros o menos en los tramos de terrenos irregulares.

Se realizó levantamiento de la fuente y posible localización del tanque y los tramos por donde pasaría la línea de conducción y red de distribución, así mismo se georeferenciaron casas y edificios públicos.

3.6. Aforo de la fuente método sección-velocidad

Este estudio se realizó en el río Estelí que pasa a orillas de la comunidad Cusmaji, y para realizar el aforo se utilizó un molinete Gurley. El método de sección velocidad aplacado, fue realizando con el siguiente procedimiento:

- Localización de la sección en un sitio conveniente del río
- Medidas cada 0.50m a lo largo de la sección transversal del río tomando datos de longitud y profundidad

- El molinete se colocó al 60% de la profundidad repitiendo el procedimiento cada 0.50m a lo largo de la sección, obteniéndose las revoluciones del molinete
- Se calculó la velocidad de flujo utilizando las revoluciones del molinete y aplicando la ecuación 1

$$V = 0.672 n + 0.005 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

V: Velocidad de flujo, m/s.

n: Revoluciones del molinete, rps

- Se dibujó el esquema de la sección transversal del río donde se realizó la prueba y se calculó el área de la misma con la ecuación 2

$$A = \frac{b2 - b1}{2} h \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

A: Área de sección, m².

b1: Base menor, m.

b2: Base mayor, m.

h: altura, m.

- Se calculó el caudal utilizando la ecuación 3

$$Q = V \times A \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Q: Caudal, m³/s.

V: Velocidad, m/s.

A: Área, m².

3.7. Estudio físico químico y bacteriológico

La toma de muestras para el análisis de agua, se llevó a cabo bajo los parámetros CAPRE, etapas 1 y 2 (CAPRE, Pagina 8).

3.7.1. Tratamiento de agua superficial

Para el tratamiento del agua se propuso la implementación de filtración en múltiples etapas (FIME), basado en regulaciones de la OPS (OPS, 2004).

3.8. Estudio poblaciones

Para llevar a cabo el diseño del mini acueducto por bombeo eléctrico, previamente se realizó un estudio socioeconómico, el cual permitió conocer las necesidades básicas y situación económica, obteniéndose de este modo datos confiables para el diseño del sistema.

3.8.1. Proyección de la población y demanda

La población se proyectará con el método geométrico que recomienda la norma (MIFIC, 2019, pág. 8)

3.8.2. Dotación

Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias, en comunidades dispersas se adoptó un caudal de 80 lppd (MIFIC, 2019, pág. 10).

3.8.3. Consumo domestico

Para el cálculo del consumo doméstico se utilizó la ecuación 4:

$$CD = \frac{Pf \times Dot}{86400s} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

CD: Caudal doméstico. l/s

Pf: Población, habitantes

Dot: 80, lppd

3.8.4. Factores de consumo

Para los factores de consumo solo se tomó en cuenta el consumo público o institucional (CPI), esto es debido a que según el plan de desarrollo municipal o se prevea el desarrollo de centros comerciales o industriales.

Para el cálculo del consumo institucional se utilizó la siguiente ecuación 5:

$$CPI = CD \times \frac{7}{100} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

CPI: Consumo público o institucional, l/s

CD: Consumo domiciliar, l/s

3.8.5. Consumo Promedio Diario

Para calcular el consumo promedio diario (CPD) se utilizó la siguiente ecuación 6:

$$CPD = CD + CPI \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

CPD: Consumo promedio diario, l/s

CD: Consumo doméstico, l/s

CPI: Consumo público o institucional, l/s

3.8.6. Fuga o pérdida de sistema

Para el cálculo de fuga o pérdida de sistema se utilizó la ecuación 7, se adoptó el 15% del consumo promedio diario debido a que la comunidad tiene menos de 500 viviendas.

$$P = CPD \times \frac{15}{100} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

P: Perdidas en el sistema, l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

3.8.7. Consumo máximo diario

Para calcular el consumo máximo diario (CMD) se utilizó la siguiente ecuación 8:

$$CMD = 1.5 \times CPD + P \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

CMD: Consumo máximo diario, l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

P: pérdidas en el sistema, l/s

3.8.8. Consumo máximo horario

Para calcular el consumo máximo horario (CMH) se utilizó la siguiente ecuación 9:

$$CMH = 2.5 \times CPD + P \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

CMH: Consumo máximo horario, l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

P: pérdidas en el sistema, l/s

3.9. Diseño hidráulico del sistema

Para el diseño hidráulico de la línea de conducción y la red de distribución se utilizó el software EPACAD, EPANET y Excel, utilizando los datos obtenidos en el levantamiento topográfico. Se obtuvieron, presiones, velocidades y perfiles de cotas, alturas piezométricas y presiones.

3.9.1. Columna de bombeo

Para la selección del diámetro de la columna de bombeo se utilizó la tabla de caudales y diámetros estipulados en la norma, la cual se aplicó con el valor del consumo máximo diario el cual corresponde a 16 horas de bombeo (MIFIC, 2019. Pag.24).

Así mismo se calculó la velocidad de flujo mediante la ecuación 10:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

v: Velocidad de flujo, m/s

Q: Caudal, m³/s

D: Diámetro comercial, m

Para diseñar la columna de bombeo se utilizó la ecuación 11 de Hazen-William para determinar la pérdida de carga por fricción, la longitud se calculó en base al nivel dinámico más una sumergencia de 6 m.

$$h_f = 10.657 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \right) L \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

h_f: Perdidas por fricción, m

Q: Caudal, m^3/s

C: Coeficiente de rugosidad de la tubería, adimensional

D: diámetro comercial, m

Finalmente, basados en criterios de diseño que establece las normativas (MIFIC, 2019, pág. 22), la cual expresa que la pérdida de carga en la columna de bombeo debe ser menor a un 5% de la longitud de la misma como se observa en la ecuación 12.

$$h_f < 0.05Lc \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

h_f : Pérdidas por fricción, m

Lc : Longitud de columna de bombeo, m

3.9.2. Diseño de sarta

Para el diseño de la sarta el diámetro se seleccionó con los recomendados en la norma (MIFIC, 2019, pág. 24), en dependencia del caudal máximo diario.

Así mismo se calculó la velocidad de flujo en la sarta con la ecuación 10, éstas luego se compararon con las velocidades mínimas y máximas estipuladas en la normativa (MIFIC, 2019, págs. 24-25), las cuales deben estar en el rango de 0.6 m/s y 1.5 m/s.

Seguidamente se calcularon las pérdidas por fricción en el sistema utilizando la ecuación 11 y las pérdidas locales por accesorios ecuación 13.

$$h_l = \sum K \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

h_l : Pérdidas locales, m

v : Velocidad de flujo, m/s

g : Aceleración de gravedad, m/s^2

3.9.3. Línea de impulsión

Para determinar el diámetro de la línea de conducción se aplicó la fórmula similar a la de Bresse, con la cual se obtuvo un diámetro teórico, a partir del cual se tomó un diámetro comercial de tubería PVC.

Una vez obtenido el diámetro comercial se procedió a tomar dos diámetros superiores y dos inferiores comerciales con el fin de calcular el diámetro más económico en la línea de conducción, en el cual el costo anual de tubería (CAT) y costo anual de energía (CAE) se equilibrarán. El mínimo valor de CAE indica el diámetro comercial más económico para la línea de conducción por bombeo.

Con el caudal de diseño, el diámetro seleccionado y la ecuación 10, se procedió a calcular la velocidad de flujo, la cual se comparó con las velocidades recomendadas por la norma, que oscilan entre 0.6 m/s y 1.5 m/s.

Para el cálculo de las pérdidas en la línea de conducción se utilizó la ecuación 8, utilizando un coeficiente de Hazen-Williams de 150 para ductos de PVC.

Finalmente se calculó la carga dinámica total (CDT) por medio de la siguiente ecuación 14.

$$CDT = h_f + h_l + h_g \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

CDT: Carga dinámica total, m

hf: Perdidas por fricción, m

hl: Perdidas locales, m

hg: Carga estática, m

3.9.4. Golpe de ariete

En el diseño hidráulico se analizó la sobrepresión que soportará la tubería, ocasionada por el golpe de ariete, por esto se procedió al cálculo de la celeridad.

Una vez calculada la constante (K) con la ecuación 15, se procedió al cálculo de la celeridad del flujo por medio de la ecuación 16.

$$k = \frac{10^{10}}{\varepsilon} \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

K: Constante de la tubería.

ε : Elasticidad ($3 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2$)

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D}{e}}} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

a: Celeridad de la onda elástica del fluido en la tubería, m/s

k: Constante de la tubería

D: Diámetro de la tubería, mm

e: Espesor de la tubería, mm

También se calculó el tiempo en la que la onda de presión recorre la tubería por medio de la ecuación 17.

$$T_c = \frac{2l}{a} \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

Tc: Tiempo crítico, s

L: Longitud, m

a: Celeridad, m/s

Posterior mente se calculó el tiempo de parada basado en la ecuación 18 de Mendeluce.

$$T = C + \frac{K \times L \times V}{g \times h_m} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

C: Coeficiente que depende de la pendiente hidráulica

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

L: longitud, m

V: Velocidad, m/s

g: Gravedad, m/s²

hm: altura manométrica, m

Teniendo en cuenta el tiempo de recorrido de la onda en la tubería y el tiempo de parada se procedió a evaluar tipo de cierre por medio de la ecuación 19.

$$T < \frac{2L}{a} : CR ; T > \frac{2L}{a} : CL \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

T: Tiempo de parada del agua, s

L: Longitud de la tubería, m

a: Celeridad, m/s

CR: Cierre rápido

CL: Cierre lento

Así mismo se calculó la longitud crítica por medio de la siguiente ecuación 20.

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

Donde:

Lc: Longitud crítica, m

a: Celeridad, m/s

T: Tiempo de parada del agua, s

Teniendo en cuenta los cálculos obtenidos anteriormente se calculó la sobrepresión en el sistema por medio de la ecuación 21 de Allievi.

$$\Delta H = \frac{a \times V}{g} \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

ΔH = Sobrepresión del golpe de ariete, mca

a: Celeridad de la onda, m/s

v: Velocidad, m/s

g: Aceleración de la gravedad, m/s^2

3.9.5. Selección de la bomba

Teniendo en cuenta la carga dinámica total, el caudal de bombeo, se procedió a calcular la potencia teórica de la bomba con la siguiente ecuación 22.

$$P = \frac{\gamma \times CDT \times Q}{EB(756)}$$

Ecuación 22

Donde:

P: Potencia de la bomba, Hp

γ = Peso específico del agua, kg/m³

CDT: Carga dinámica total, mca

Q: Caudal, m³/s.

Eb: Eficiencia de la bomba, 70%

Seguidamente utilizando la curva H-Q de una bomba comercial se localizará el punto de operación óptimo de bomba, con lo cual se conocerá la potencia de la bomba y la eficiencia de operación de la misma.

3.9.6. Volumen del taque

Para el diseño del tanque de almacenamiento se utilizaron los siguientes criterios de dimensionamientos que se señalan en las normas, la cual indica que el depósito debe tener un volumen compensador del 25% del consumo promedio diarios (CPD) y un volumen de reserva de 15% del CPD (MIFIC, 2019, pág. 33).

3.9.7. Desinfección

Según la norma (INAA, 1999) el agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente un agua exenta de organismos patógenos que evite brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico.

Dado esto, se utilizará el cloro, ya que es el desinfectante utilizado universalmente dado a sus propiedades a oxidantes y su efecto para eliminar estas contaminaciones, aparte de ser la sustancia química más económica y segura al usar para la desinfección.

La capacidad de cloro se calculó de la siguiente ecuación 23:

$$C_a = \frac{Q \times C}{1000}$$

Ecuación 23

Donde:

Ca: Capacidad de diseño de la estación de cloración, kg Cloro/día

Q: Caudal de agua, Máximo horario, m³/día

C: dosis de cloro a aplicar, mg/día

3.10. Saneamiento

Se fijaron las condiciones de construcción de letrinas sanitarias en las casas de personas que no cuenten con una, con el fin de resguardar la higiene del medio ambiente, ya que la comunidad carece de sistemas de alcantarillado sanitario.

Se aplicará solamente el uso de letrinas sanitarias sin arrastre de aguas, en la que se depositará solamente excretas humanas para su descomposición anaeróbica. Se utilizarán en viviendas y escuelas del área.

3.11. Presupuesto

Para elaborar el presupuesto del proyecto se siguieron los siguientes pasos:

1. Estimar cantidades de obras en base a los planos constructivos.
2. Organizar las actividades en etapas y subetapas.
3. Utilizar los costos unitarios del FISE, para calcular el presupuesto con el software Excel.

Capítulo 4 Análisis y presentación de resultados

4.1. Estudios socioeconómicos

Se realizó un estudio socioeconómico en la comunidad de Cusmaji del municipio de Palacagüina, en el cual se realizó un censo a 159 familias, con la finalidad de conocer las características demográficas, situación económica de la familia, condiciones de la vivienda, servicios y saneamiento. A continuación, se describe cada uno de los ítems estudiados.

4.1.1. Características demográficas

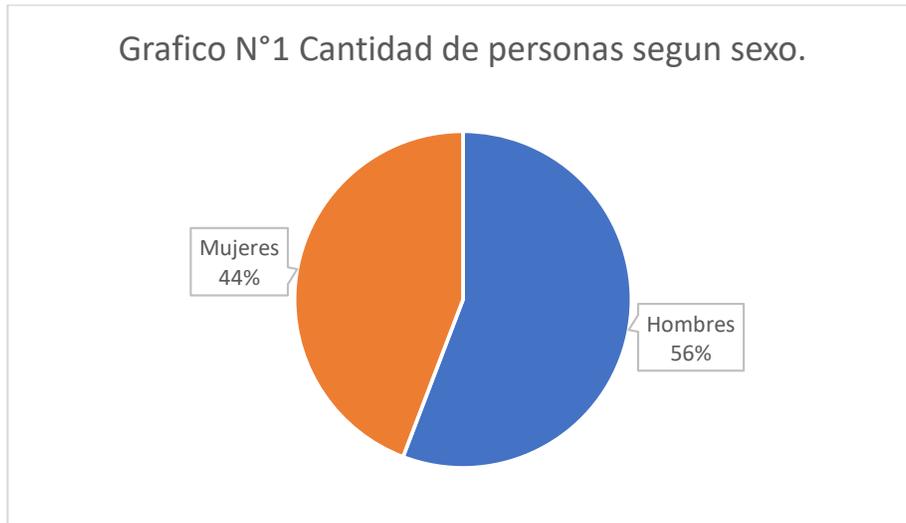
La comunidad de Cusmaji tiene una población de 518 habitantes según el censo realizado. Se encontró un total que el 44.3% son mujeres y el 55.7% hombres, como se muestra en la tabla 8 y el gráfico 1.

Tabla 8: Características demográficas

Sexo	Cantidad de habitantes	%
Hombres	289	55.7%
Mujeres	229	44.3%
Total:	518	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Población por sexo



Fuente: Elaboración propia

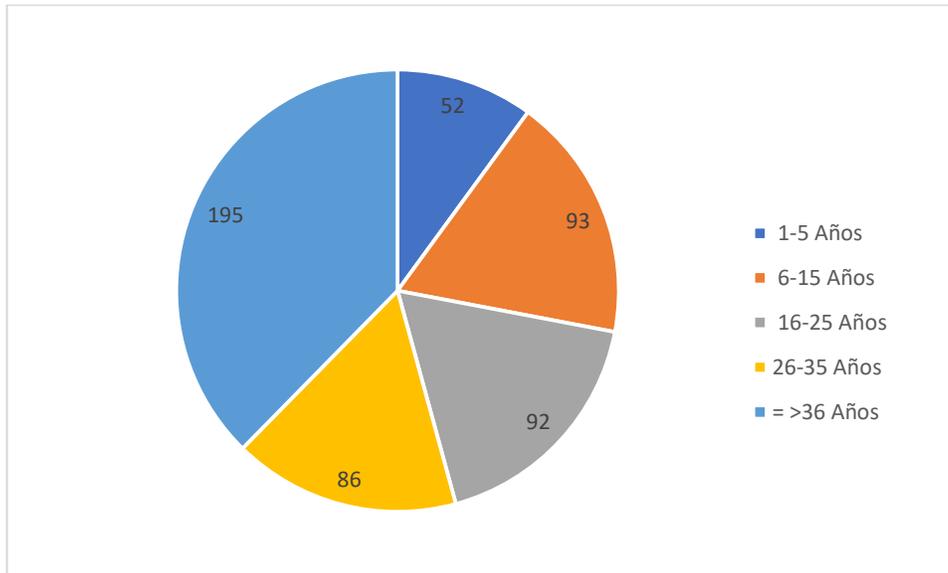
También se analizó la población por rango de edad, como se muestra en la tabla 9, encontrándose un 10% en el grupo de 1 a 5 años, un 18% de 6 a 15 años, lo que representa un 18% de la población que corresponde a niños y adolescentes. Además, en el rango de 16 a 25 años fue de 18% y en el grupo 26 a 35 años fue de 16%, lo que alcanza un 44% de la población joven y adulta. Finalmente, en el rango mayor a 36 años, se encontró un 38% de población que corresponde a adultos y adultos mayores. En el gráfico 2 se muestra la distribución por edades.

Tabla 9: Población por rango de edad

Rango de edades	1-5 Años	6-15 Años	16-25 Años	26-35 Años	= >36 Años
Frecuencia	52	93	92	86	195
%	10%	18%	18%	17%	38%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Población por rango de edad



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Situación económica de la población

La situación económica de la población tomó en cuenta el entorno laboral de la familia y los espacios donde se desempeñan, analizando los rubros que con más frecuencia se dan entre los habitantes.

A continuación, se describen los resultados de la situación económica de la comunidad.

4.1.2.1. Personas con trabajo remunerados

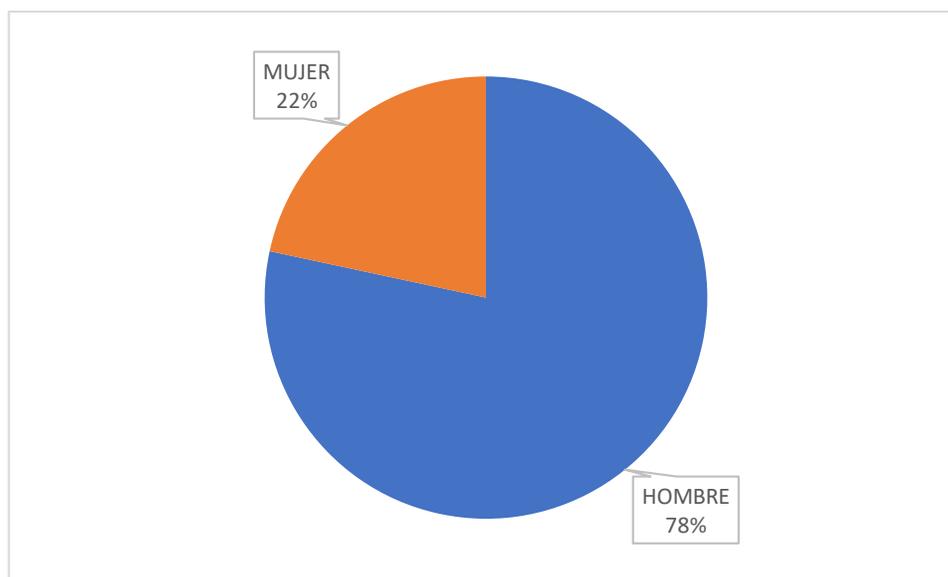
De acuerdo a los resultados de las 159 encuestas realizadas en la comunidad se encontró que 208 personas cuentan con un empleo remunerado, de los cuales el 78.3% son hombre y el 21.6% son mujeres como se muestra tabla 10 y el gráfico 3.

Tabla 10: Personas con trabajos remunerados

Sexo	Cantidad	%
Mujer	45	21.6%
Hombre	163	78.4%
Total	208	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3: Personas con trabajos remunerados



Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2. Ingreso familiar mensual

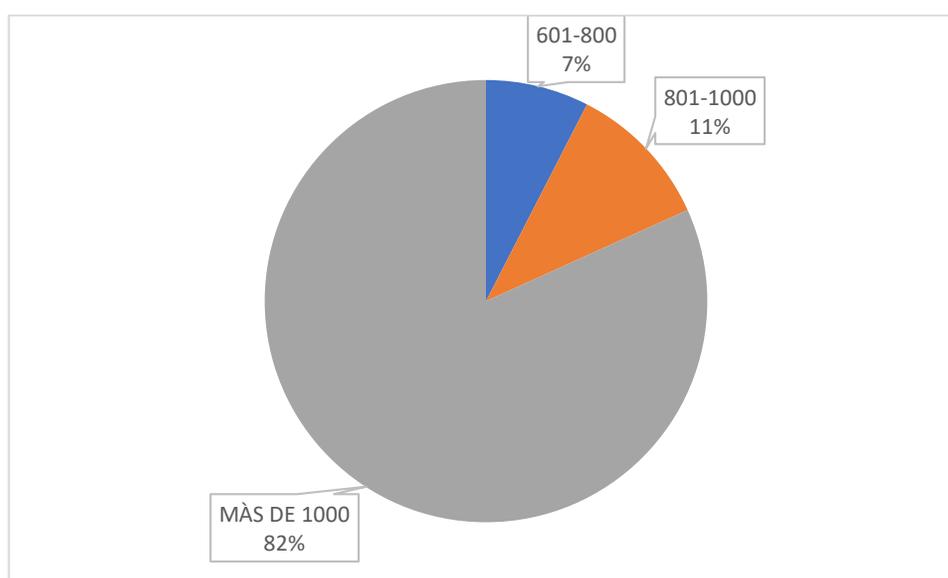
También se conoció el ingreso mensual familiar (Tabla 11 y Gráfico 4), el cual fue dividido en seis clases, siendo los ingresos mayores a C\$2,000.00 los más frecuentes con 81.8%, seguida del ingreso de C\$1,600.00 a C\$2,000.00, con 10.7%. Así mismos un menor número de hogares tuvo ingresos menores de C\$1200, lo que corresponde a un 7.5%.

Tabla 11: Ingresos mensuales

Ingresos del mes (C\$)	Hogares	%
1200-1600	12	7.5%
1600-2000	17	10.7%
Más de 2000	130	81.8%
Total	159	100%

Fuente: elaboración propia

Gráfico 4: Rango de ingresos



Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Ocupación de miembros de familia

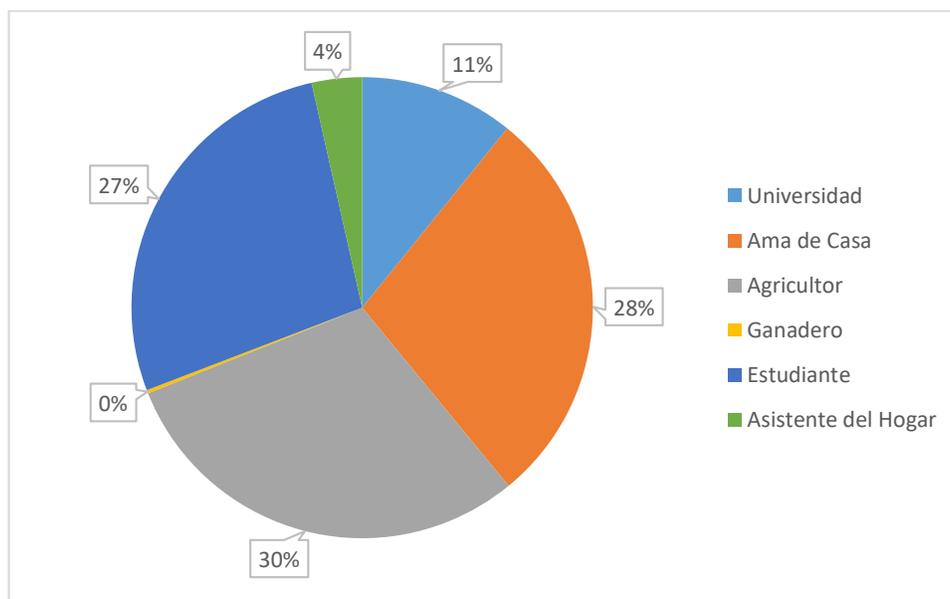
De las actividades económicas realizadas en la comunidad, se observó que en su mayoría son de trabajos variados (Agricultor, ganadero, ama de casa, estudiante, etc.) 127 personas que corresponde al 29.8% se dedican a la agricultura, seguido con 120 amas de casa con 28.2%, mientras 116 personas que representan a un 38% son estudiantes entre nivel primaria a universitaria. Lo resultados se muestran en tabla 12 y gráfico 5.

Tabla 12: Ocupación de los miembros de familias

Ocupación	Cantidad	%
Universidad	46	10.82
Ama de casa	120	28.24
Agricultor	127	29.88
Ganadero	1	0.24
Estudiante	116	27.29
Asistente del hogar	15	3.53
Total	425	100

Fuente: elaboración propia

Gráfico 5: Ocupación de los miembros de familia



Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Viviendas

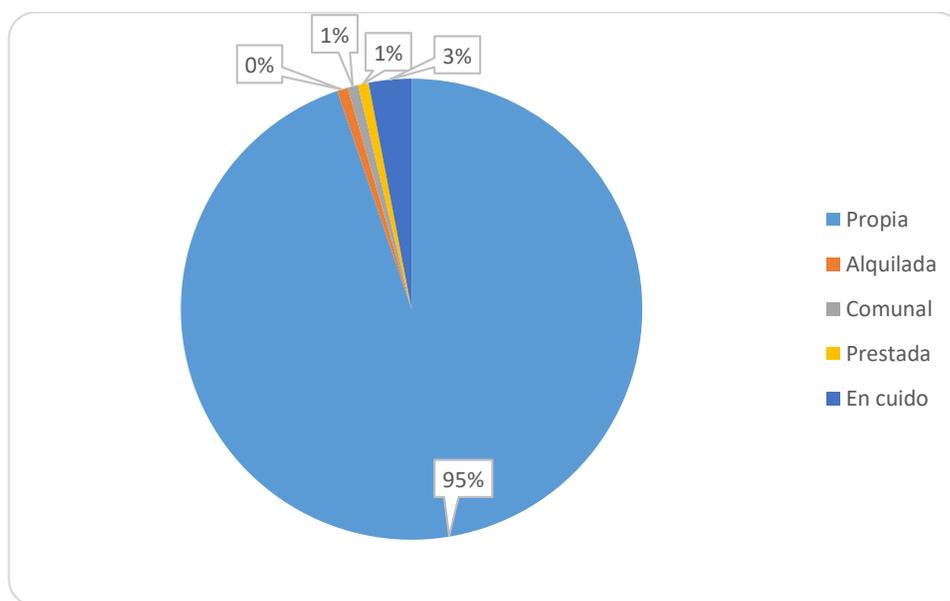
En la comunidad según la tabla 13 y gráfico 6, se muestra que 151 viviendas son propias y corresponde al 95.58%, mientras que 1 vivienda es alquilada, 1 vivienda es prestada y 1 vivienda es comunal, y representan cada una el 0.63%, sí mismo 4 viviendas se encuentran en cuido y corresponden a un 2.53%.

Tabla 13: Tenencia de viviendas

Tenencia de vivienda	Hogares	%
Propia	151	95.58%
Alquilada	1	0.63%
Comunal	1	0.63%
Prestada	1	0.63%
En cuido	5	2.53%
Total	159	100

Fuente: elaboración propia

Gráfico 6: Tenencia de vivienda



Fuente: Elaboración propia

- **Estructura de la vivienda**

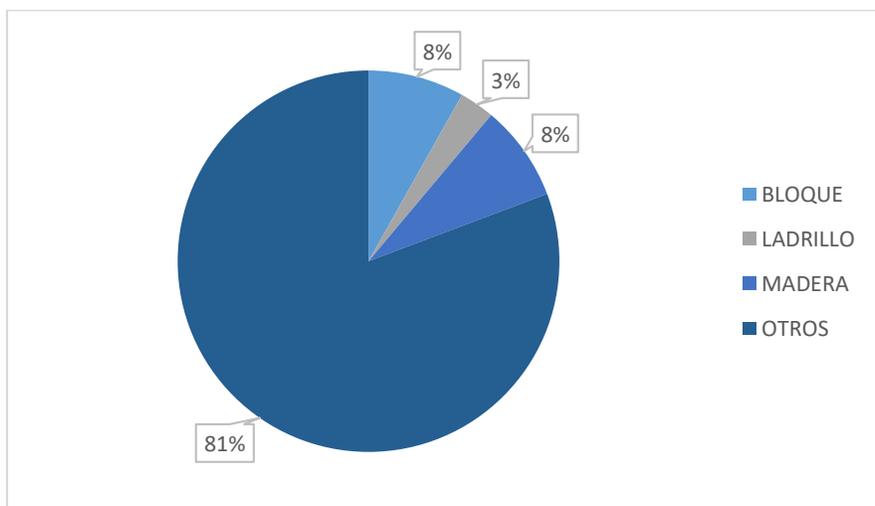
Se observó que las viviendas están construidas de bloque, ladrillo, madera y adobe, en la tabla 14 y gráfico 7 se muestra que 13 están construidas de bloque y son el 8%, 5 de ladrillo que representa el 3%, 13 de madera que corresponde al 8% y 128 viviendas están construidas con adobe, las cuales son el 81%, siendo éstas la mayoría.

Tabla 14: Estructura de la vivienda

Tipo de material	Cantidad de vivienda	%
Ladrillos	5	3.0%
Bloque	13	8.0%
Madera	13	8.0%
Otro	128	81%
Total	159	100%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7: Estructura de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

- **Tipos de piso de las vivienda**

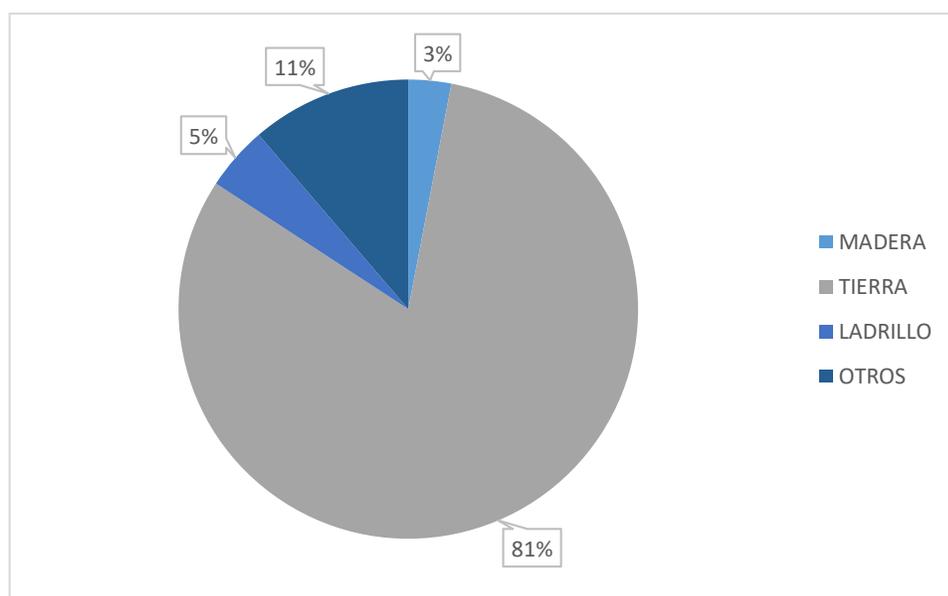
En la comunidad según la tabla 15 y el gráfico 8, también se observó que los pobladores poseen variedades de pisos dentro de sus viviendas, en la tabla 16 y gráfico 8, se muestra que 5 viviendas tienen pisos de madera siendo éstas el 3%, otras 7 son de ladrillo que representan el 4.5%, 18 tienen distintos tipos de pisos como embaldosados y corresponden al 11%, no obstante la mayor parte de las viviendas 129 casas, tienen piso de tierra y representan el 81% del total en la comunidad.

Tabla 15: Tipos de pisos de las viviendas

Tipo de material	Cantidad de vivienda	%
Ladrillos	7	4.50%
Tierra	129	81.21%
Madera	5	3.01%
otro	18	11.28%
Total	159	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8: Pisos de las viviendas



Fuente: Elaboración propia

- **Materiales de techo de las viviendas**

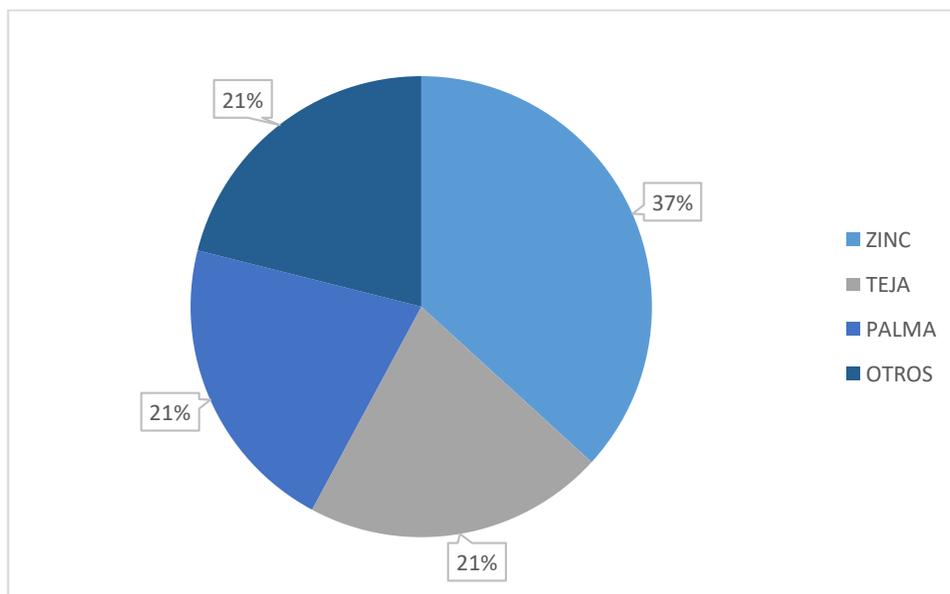
También se pudo constatar que las viviendas de la comunidad poseen variedades de techos con respecto a sus materiales, se contabilizaron 58 que corresponde al 36.8% de hogares con techos de zinc, 34 con teja, otras 34 con techos de palma y 33 más con materiales distintos a los ya antes mencionados y representan respectivamente el 21% de las viviendas, como se muestra en la tabla 16 y el gráfico 9.

Tabla 16: Material de techos de las viviendas

Tipo de material	Cantidad de vivienda	%
Zinc	58	36.70%
Teja	34	21.10%
Palma	34	21.10%
otro	33	21.10%
Total	159	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9: Material de techos de las viviendas



Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Servicios

- **Acceso a energía eléctrica**

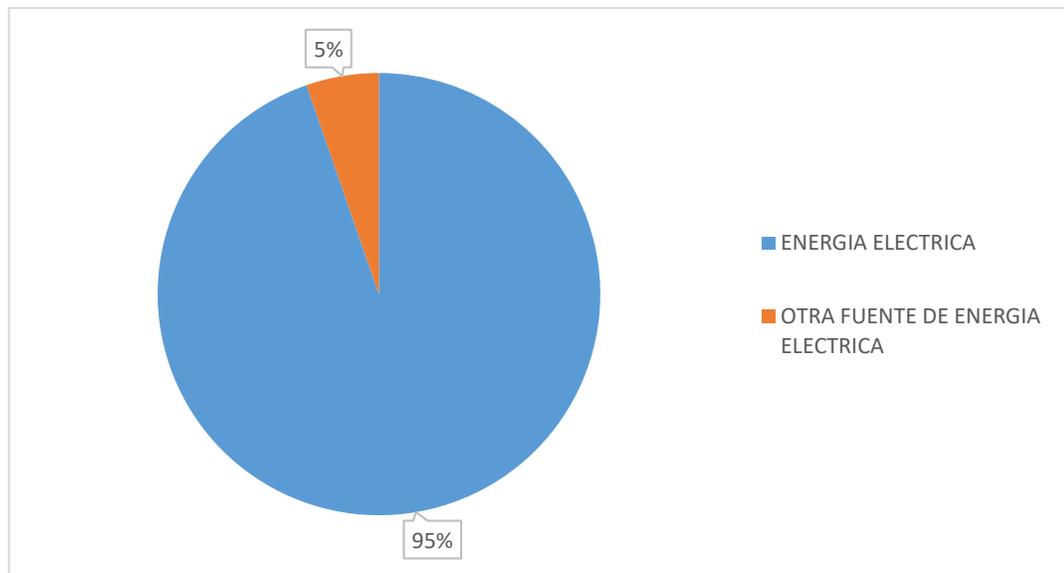
Se encontró que la mayor parte de la comunidad cuenta con servicio de energía eléctrica como se observa en la tabla 17 y gráfico 10, observándose que 149 o sea el 94.6% hogares tienen energía eléctrica, mientras que otros 10 hogares que representan el 6.4% poseen otras fuentes de energía eléctrica como energía solar producida a través de paneles.

Tabla 17: Acceso a energía eléctrica

Fuente de acceso	Hogares	%
Energía eléctrica	149	94.6%
Otras fuentes	10	6.4%
Total	159	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 10: Servicios básico



Fuente: Elaboración propia

- **Costo promedio electricidad**

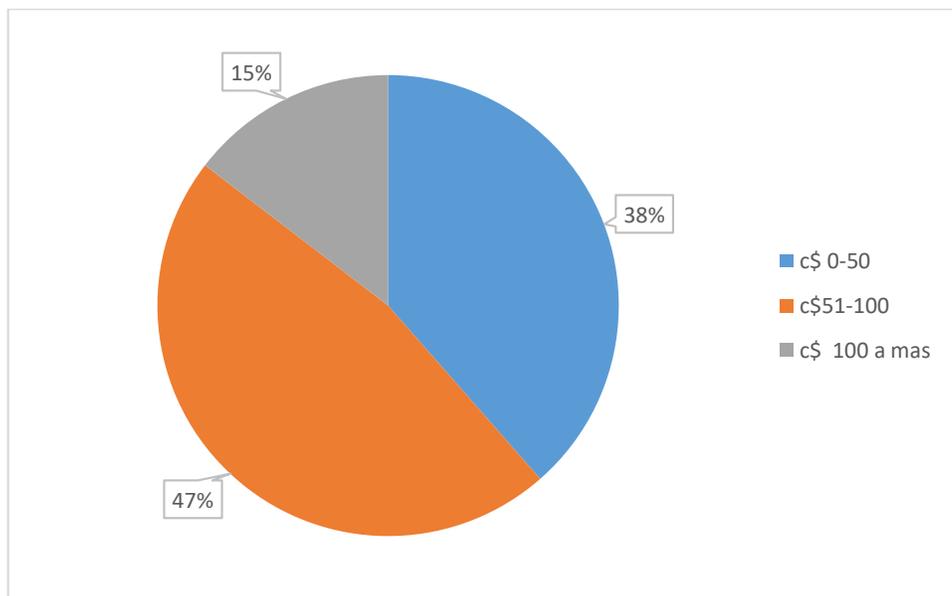
Con respecto al costo de la energía eléctrica que se observa en en tal tabla 18 y el gráfico 11, fue notorio que costos menores a 50 córdobas correpondieron al 38.5% de los hogares, mientras que costos entre 51 y 100 córdobas representaron al 46.9%, de la familias, así mismo costos mensuales de más 100 córdobasa se observaron en un 14.6% de los hogares.

Tabla 18: Costo promedio electricidad

Rangos de precios	Hogares	%
C\$ 0-50	61	38.5%
C\$51-100	74	46.9%
c\$100 a más	24	14.6%
Total	159	100%

Fuente: elaboración propia

Gráfico 11: Costo promedio electricidad



Fuente: Elaboración propia

- **Tipo de abastecimiento de agua potable**

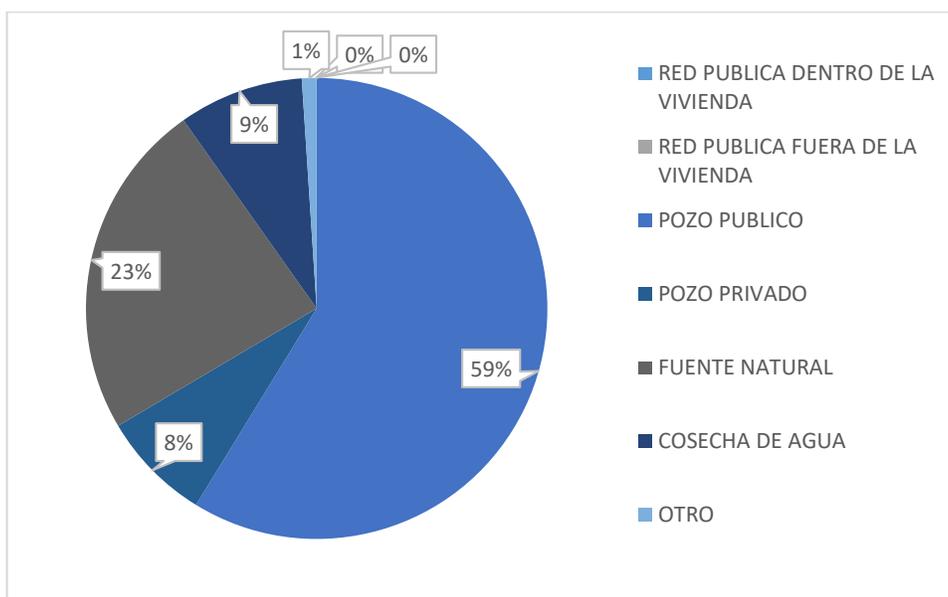
Actualmente la comunidad no posee una red de abastecimiento de agua y en la tabla 19 y gráfico 12, se identifican los tipos de servicios de los cuales los pobladores se abastecen, observándose que 98 hogares que corresponden al 58.8% se abastecen de pozos públicos, además 13 hogares que representan el 7.7% se reciben de pozos privados, otros 37 hogares, siendo el 23.7% aprovechan fuentes naturales, así mismo 14 hogares con un 8.8% del total hacen de cosecha de agua, mientras que sólo 2 hogares que corresponden al 1% adquieren el agua por otros medios fuera.

Tabla 19: Tipo de abastecimiento de agua potable

Tipo de abastecimiento	Hogares	%
Red pública dentro de la vivienda	0	0%
Red pública fuera de la vivienda	0	0%
Pozo publico	93	58.8%
Pozo privado	13	7.7%
Fuente natural	37	23.7%
Cosecha de agua	14	8.8%
Otros	2	1%
Total	159	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12: Tipo de abastecimiento de agua potable



Fuente: Elaboración propia

- **Distancia recorrida para acarreo de agua**

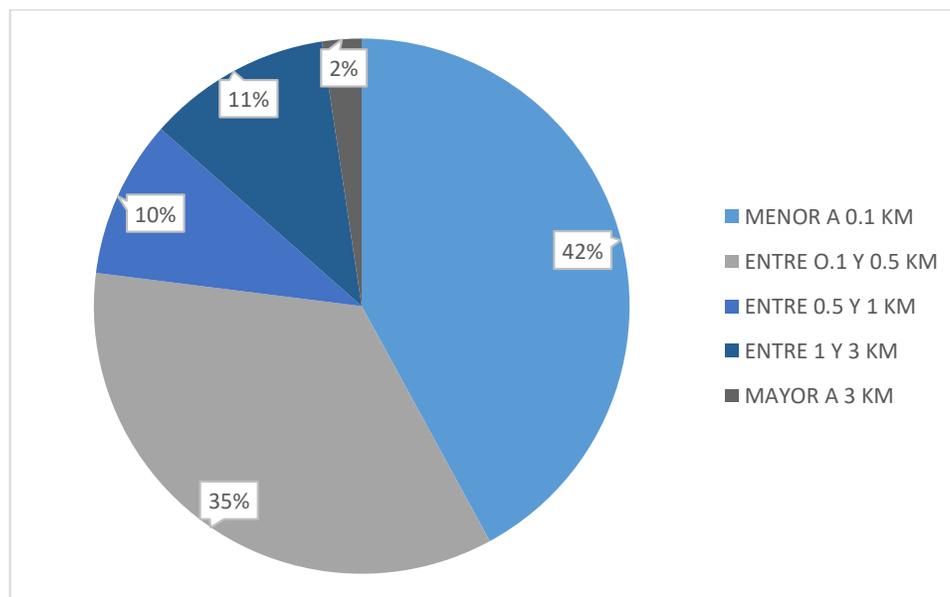
Se observó que un 42% recorre menos de 0.1 km, un 35% recorre entre 0.1 a 0.5 km, un 10% entre 0.5 a 1 km, un 11% recorre entre 1 a 3 km y sólo el 2% recorre distancias mayores a 3 km de distancia. En la tabla 20 y el gráfico13 se presentan los resultados.

Tabla 20: Distancia recorrida para acarreo de agua

Distancia recorrida	Hogares	%
Menor a 0.1 km	66	42.0%
Entre 0.1 y 0.5 km	56	35.0%
Entre 0.5 y 1 km	16	10.0%
Entre 1 y 3 km	17	11.0%
Mayor a 3km	4	2.0%
Total	159	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13: Distancia recorrida para acarreo de agua



Fuente: Elaboración propia

- **Personas que acarrean el agua**

De acuerdo a los resultados, los pobladores no pagan por servicio de transporte para el acarreo de agua; siendo los niñas y niños menores de 12 años que representan el 3.7% y 5.29% respectivamente, los varones y mujeres menores de

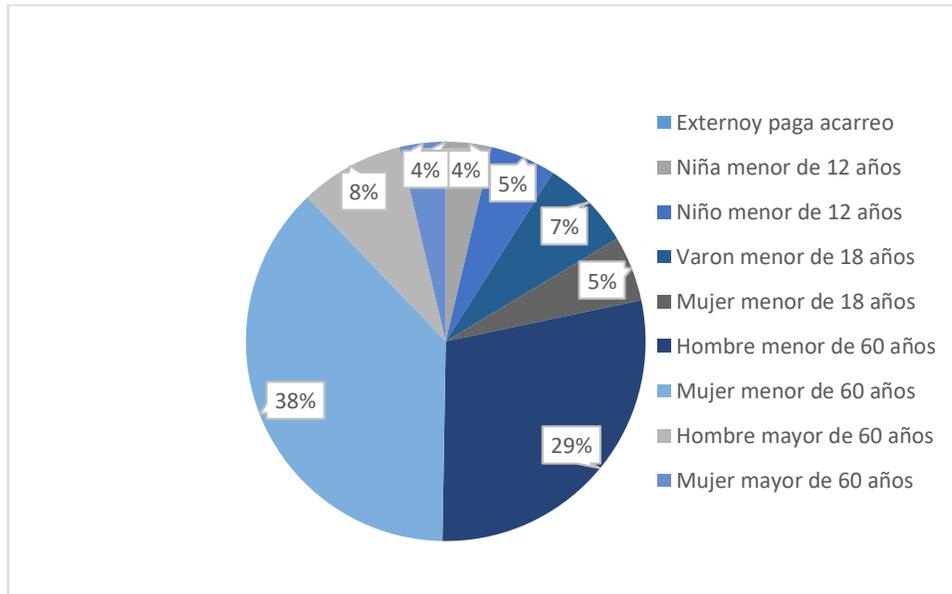
18 años con 7.41% y 5.29% respectivamente, los hombres y mujeres menores de 60 años que representan el 28.57% y 37.57%, así como hombres y mujeres mayores de 60 años que corresponden el 8.47% y 3.7% respectivamente, son quienes acarrear el agua para el uso en los hogares. En la tabla 21 y en el grafico 14 se presentan todos los resultados.

Tabla 21: Personas que acarrear el agua

Persona que acarrea agua	Personas	%
Externo y paga acarreo	0	0%
Niña menor de 12 años	7	3.7%
Niño menor de 12 años	10	5.29%
Varón menor de 18 años	14	7.41%
Mujer menor de 18 años	10	5.29%
Hombre menor de 60 años	54	28.57%
Mujer menor de 60 años	71	37.57%
Hombre mayor de 60 años	16	8.47%
Mujer mayor de 60 años	7	3.70%
Total	189	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 14: Personas que acarrean el agua



Fuente: Elaboración propia

- **Medios para acarreo de agua**

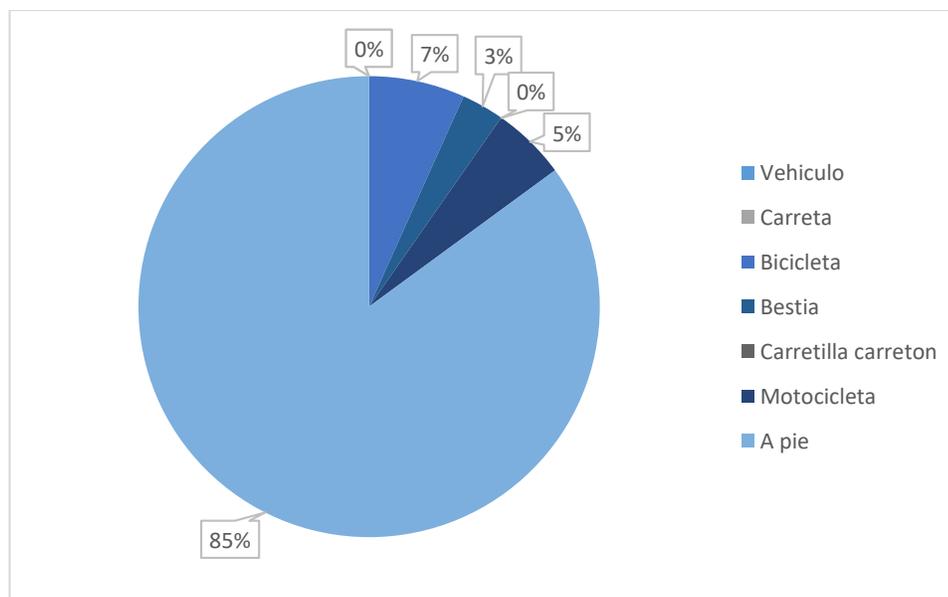
La mayor parte de las familias de la comunidad no cuentan con medios de transportes personales, ya sean vehículos o motocicletas, debido a esto un 85.07% de los pobladores acarrean el agua hasta sus hogares a pie, un 6.72% lo hace por medio de bicicletas, 5.22 % en motocicletas y un 2.99 % en bestias. Como se muestra en tabla 22 y el gráfico 15.

Tabla 22: Medios para acarreo de agua

Medios para transporte de agua	Cantidad	%
Vehículos	0	0%
Carreta	0	0%
Bicicleta	9	6.72%
Bestia	4	2.99%
Carretilla	0	0%
Motocicleta	7	5.22%
A pie	114	85.07%
Total	134	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15: Medios para acarreo de agua



Fuente: Elaboración propia

- **Cantidad de agua acarreada por viaje**

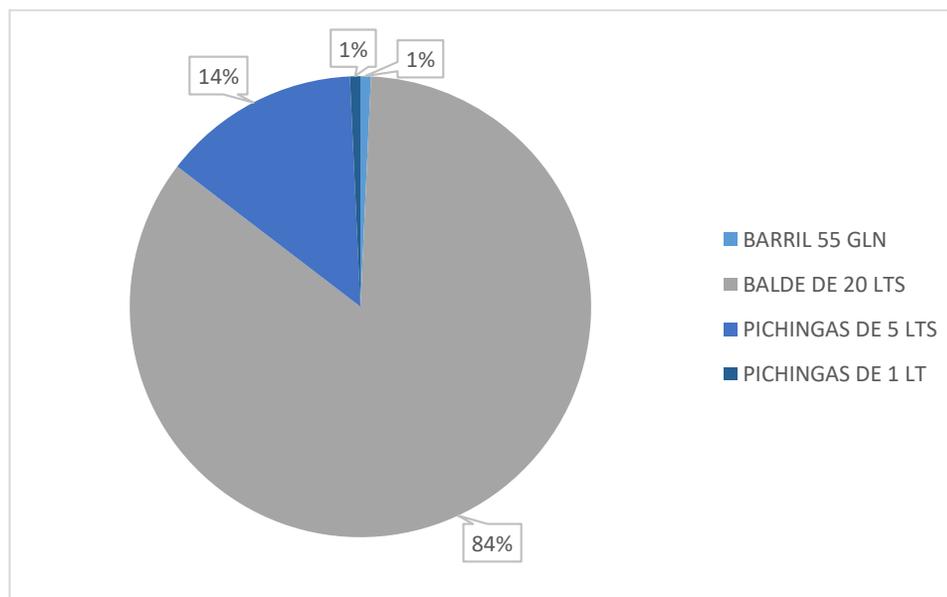
De acuerdo con la cantidad de agua que las personas trasladan a sus hogares, el 84.67 % de los habitantes acarrean el agua en baldes de 20 litros, un 13.87 % lo hace, en pichingas de 5 litros, y el 0.73% lo hace en barriles de 55 Gln y pichinga de 1 litro respectivamente, como se muestra en tabla 23 y el grafico 16.

Tabla 23: Cantidad de agua acarreada por viaje

Barril 55 Gln	Balde de 20 l	Pichingas de 5 l	Pichingas de 1 l	Total
1	116	19	1	137
0.73%	84.67%	13.87%	0.73%	100%

Fuente: Elaboracion Propia

Gráfico 16: Cantidad de agua acarreada por viaje



Fuente: Elaboración propia

- **Cantidad de viajes realizados**

Según los datos resultantes del censo la cantidad de viajes que realizan las personas para abastecer sus hogares con agua oscilan entre 1 a más de 5 viajes por día, como se observa en la tabla 24 y gráfico 17, un 20.63% de los pobladores

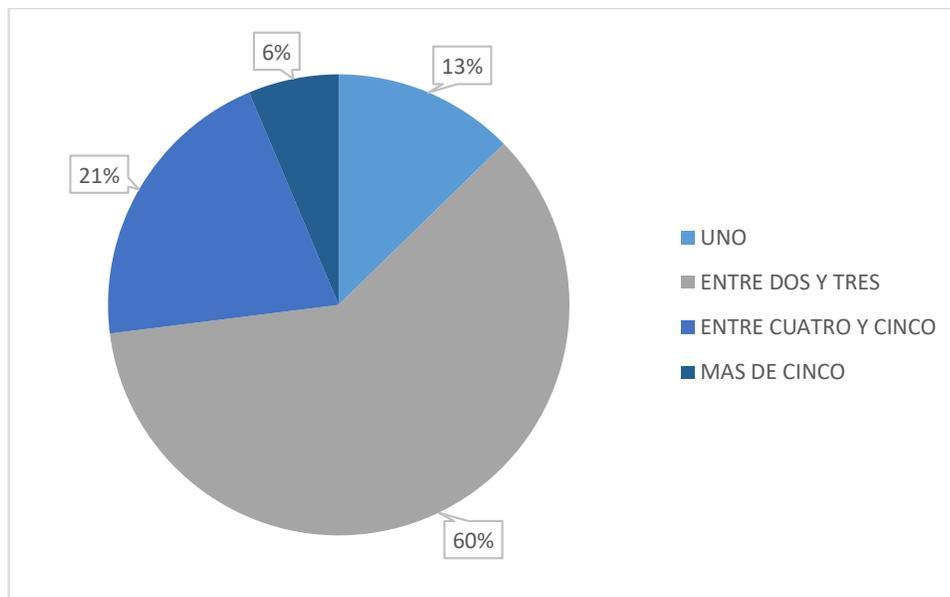
realizan entre 2 a 3 viajes por día, 6.35% realizan más de 5 viajes, el 12.70 % hacen solo 1 viaje y la mayoría con un 60.32 % hacen entre 2 a 3 viajes por día.

Tabla 24: Cantidad de viajes realizados

Uno	Entre dos y tres	Entre cuatro y cinco	Mas de cinco	Total
16	76	26	8	126
12.70%	60.32%	20.63%	6.35%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17: Cantidad de viajes realizados



Fuente: Elaboración propia

- **Disposición de agua por hogar**

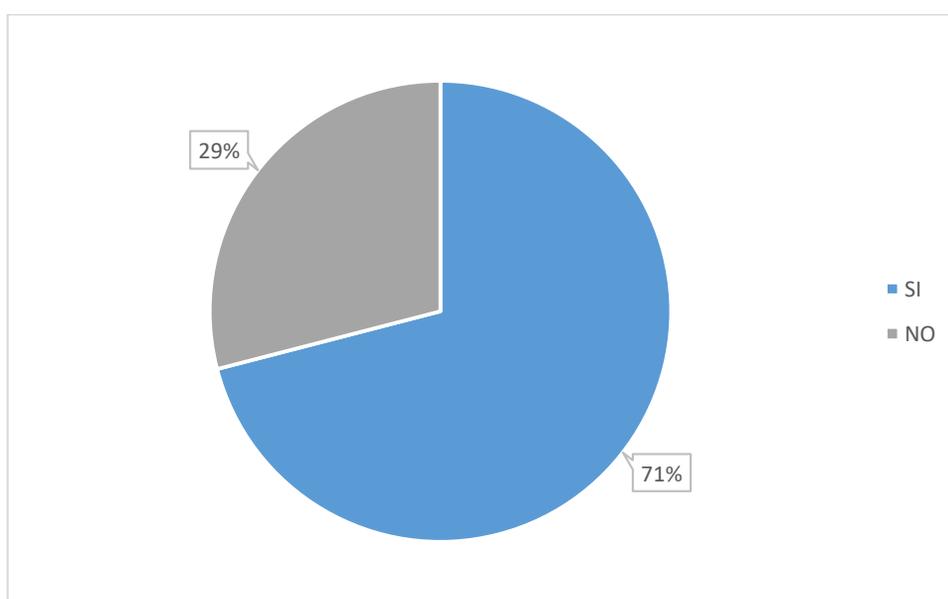
Actualmente los pobladores de la comunidad que se abastecen de agua a través de pozos artesanales, dan a conocer su actual estado conforme a la disposición de agua por hogar, según la tabla 25 y el grafico 18, se muestra que un 71% de la población se puede abastecer con el agua acarreada por día a sus hogares y un 29% no se pueden abastecerse con el agua acarreada por día a sus hogares.

Tabla 25: Disposición de agua por hogar

SI	NO	Total
88	36	124
70.97%	29.03%	100%

Fuente: elaboración propia

Gráfico 18: Disposición de agua por hogar



Fuente: Elaboración propia.

- **Condiciones del agua**

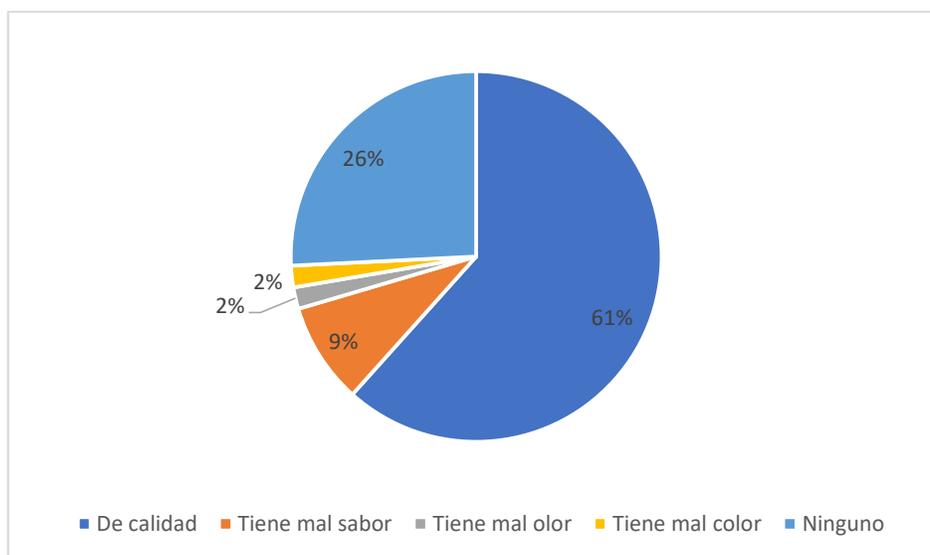
Considerando de mucha importancia la opinión de la población acerca de la calidad del agua, se consultó bajo las categorías de buena, tiene mal sabor, tiene mal color y un mal olor. Como se puede apreciar en la tabla 26 y el gráfico 19, un 61.64 % de los habitantes indican tener un agua aceptable para consumo, por otra parte, un 8.81% indicó la presencia de mal sabor, mientras que un 1.89 % indicó mal olor y color respectivamente, así mismo un 25.77 % de los habitantes no muestran ninguna molestia o aprobación con la calidad del agua.

Tabla 26: Condiciones del agua

Condición del agua	Cantidad	%
Aceptable para consumo	98	61.64%
Tiene mal sabor	14	8.81%
Tiene olor	3	1.89%
Tiene mal color	3	1.89%
Ninguno	41	25.77%
Total	159	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19: Condiciones del agua



Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Saneamiento

- **Letrinas**

Con relación al saneamiento en la comunidad, se observó que el 78.62 % de los encuestados posee letrinas, mientras que un 21.38% no pose. De ellas el 45% se encuentran en estado regular, un 36.42% se encuentran en buen estado y un 18.52

% se encuentra en una mala condición, como se muestra en la tabla 27 y 28, así como en los gráficos 20 y 21.

Tabla 27: Saneamiento

Tiene instalación de saneamiento		
Si	No	Total
125	34	159
78.62%	21.38%	100%

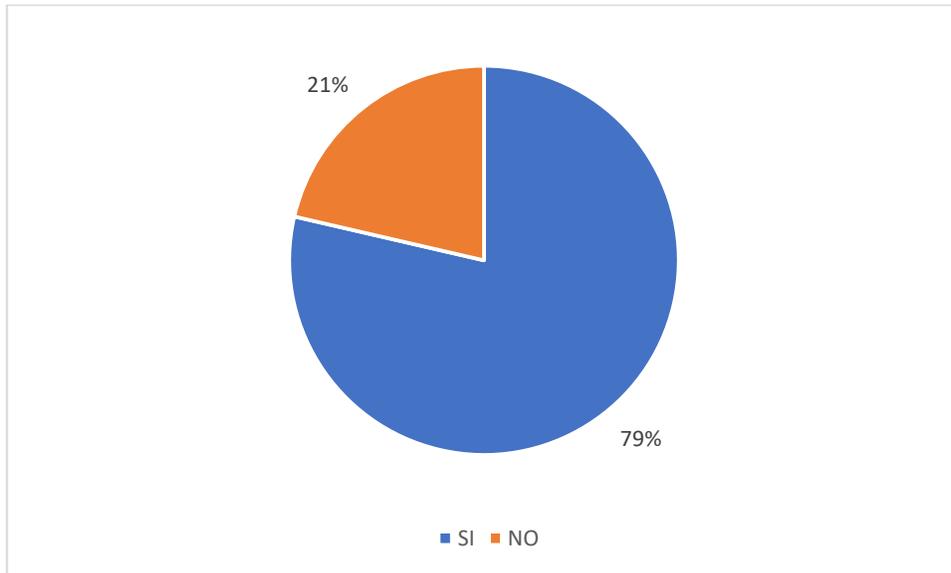
Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Estado de unidad de saneamiento

Estado de la opción de saneamiento			
Buena	Regular	Mala	Total
59	73	30	162
36.42%	45.06%	18.52%	100%

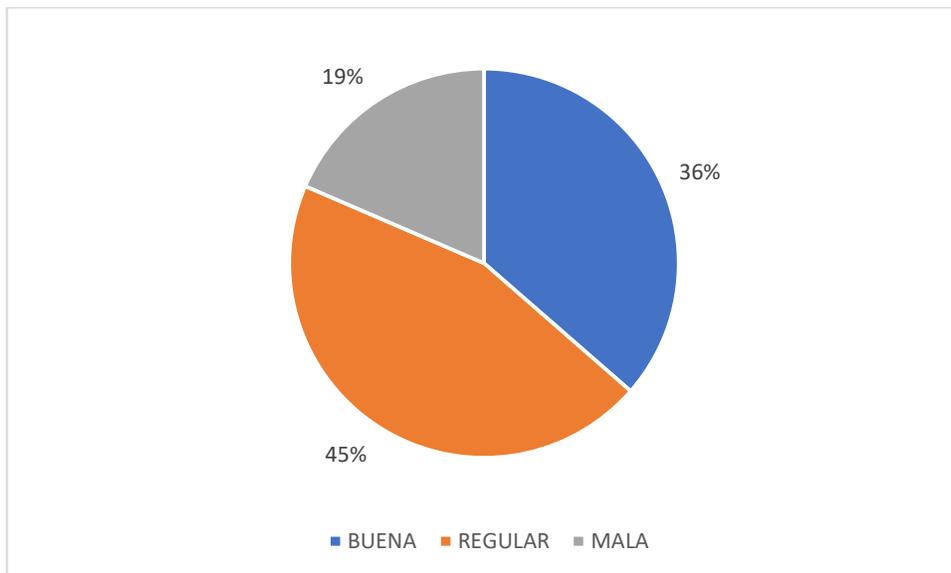
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 20: Saneamiento



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 21: Estado de unidad de saneamiento



Fuente: Elaboración propia

- **Opción de saneamiento que posee**

En los tipos de opciones de saneamiento que poseen los hogares, se observó que la mayoría tiene letrinas ventiladas y éstas representan un 78%, así mismo el 21% no posee ninguna opción de saneamiento como se muestra en la tabla 29 y gráfico 22.

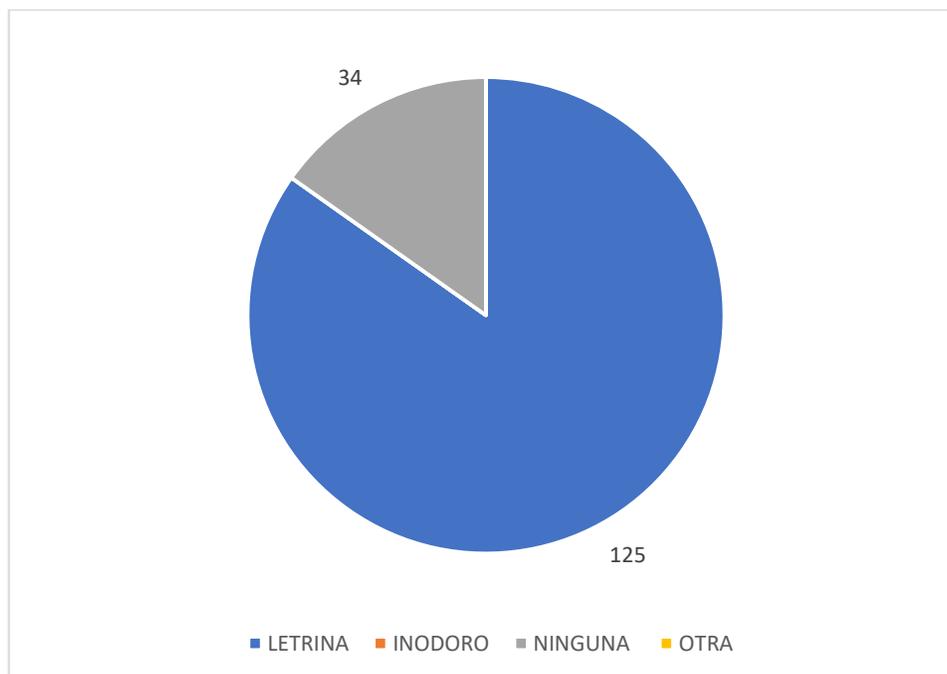
Tabla 29: Opción de saneamiento

Letrina	Inodoro	Ninguna	Otra	Total
124	0	34	0	158
78.48%	0%	21.52%	0%	100%

Fuente:

Elaboración propia.

Gráfico 22: Opción de saneamiento



Fuente: Elaboración propia

- **Calidad de mantenimiento a la unidad de saneamiento**

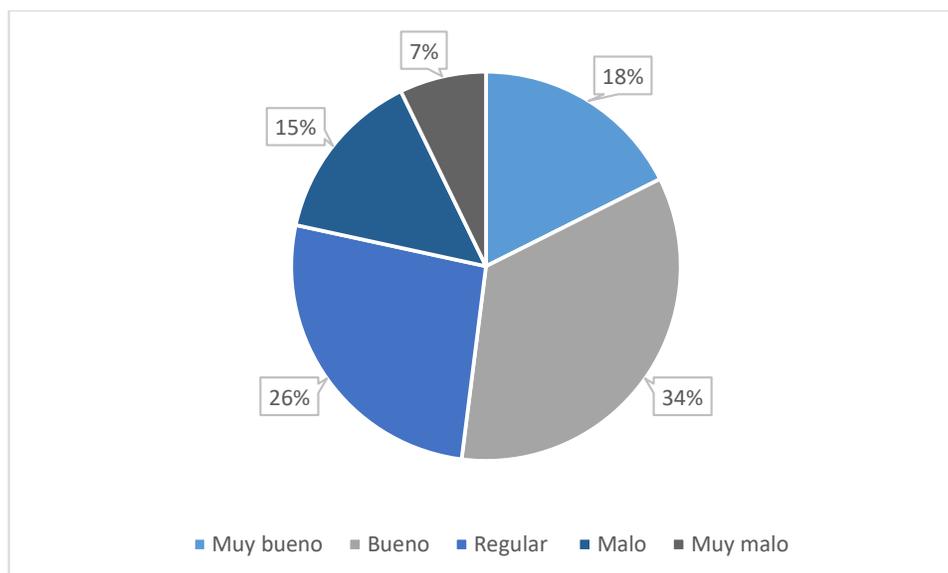
De las familias que cuentan con una unidad de saneamiento se recopiló información sobre la calidad del mantenimiento que se le proporciona en las categorías indicadas en la tabla 30 y gráfico 23, observándose que un 17.6 % indicaron tener una calidad de mantenimiento muy buena, mientras que un 34.4 % indicaron que su calidad de mantenimiento es buena, así mismo un 26.4% manifestó que es regular y 14.4 % dijo que es malo y finalmente y un 7.2% indicó muy mal mantenimiento.

Tabla 30: Calidad de mantenimiento

Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	Total
22	43	33	18	9	125
17.6%	34.4%	26.4%	14.4%	7.2%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 23: Calidad de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

- **Ubicación de la unidad de saneamiento**

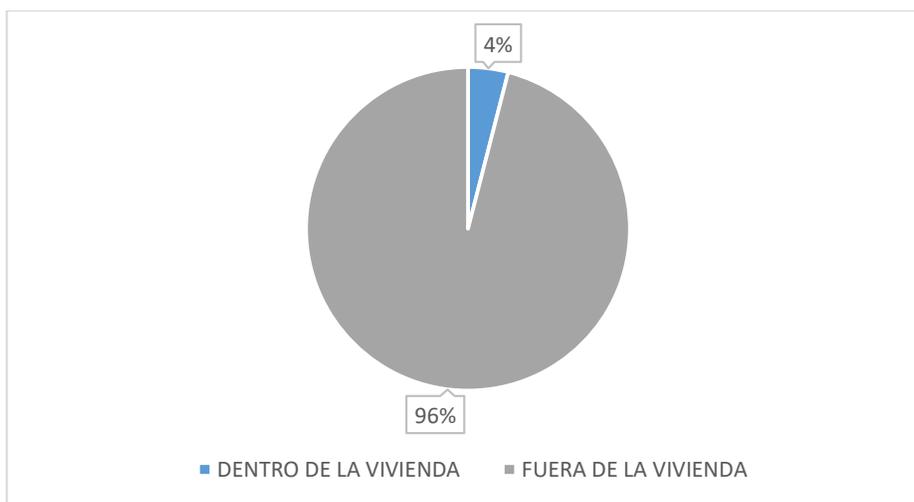
A las familias que cuentan con servicios higiénicos se les recopiló información sobre donde tienen ubicada la unidad de saneamiento, como resultado se conoció que un 99.2% de ellas tienen su unidad de saneamiento fuera de sus hogares y de igual manera se recopiló las distancias que recorren, encontrándose que el 45% de las familias recorre una distancia entre 10m y 20 m, mientras el 26% tiene distancias menores a 10m y un 29% tiene distancias mayores de 20m. En la tabla 31 y además en los gráficos 24 y 25 se presenta los resultados detallados.

Tabla 31: Ubicación de la unidad de saneamiento

Dentro de la vivienda	Fuera de la vivienda	Total
1	124	125
0.80	99.2%	100%

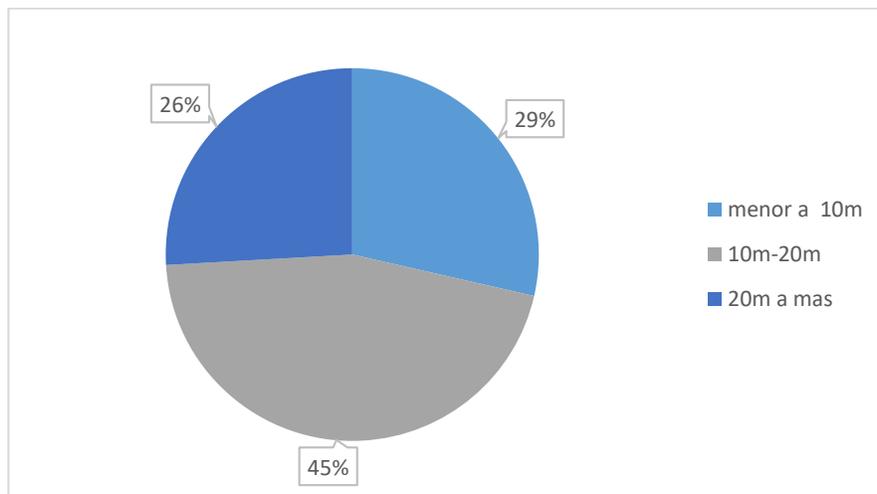
Fuente: elaboración promedio.

Gráfico 24: Ubicación de la unidad de saneamiento



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 25: Distancia recorrida para opciones de saneamiento



Fuente: Elaboración propia

- **La unidad de saneamiento es de uso exclusivo**

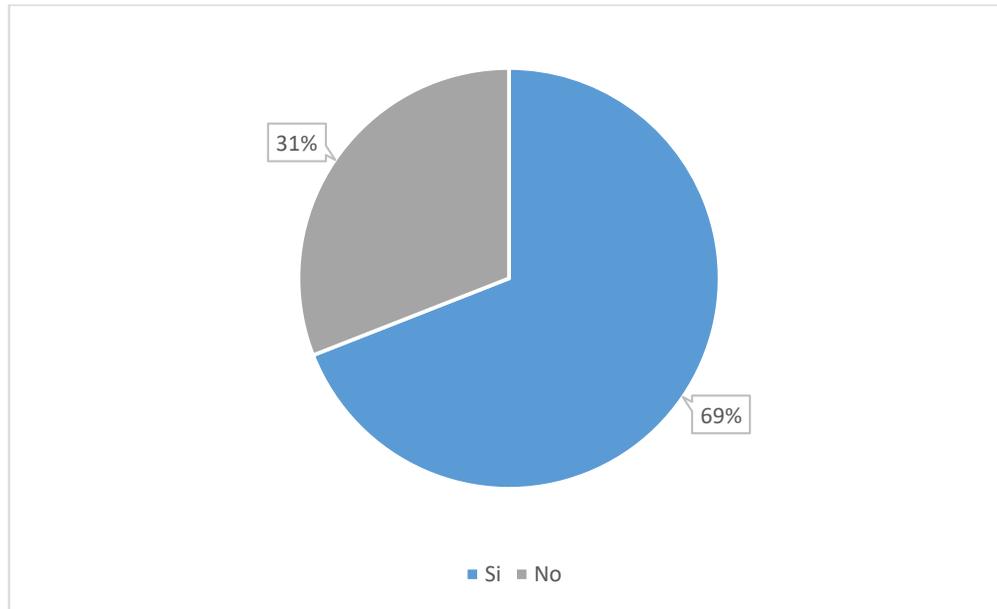
De las 125 viviendas que contaban con unidades de saneamiento se supo que un 69% de las unidades son de uso exclusivo para los miembros del hogar y el otro 31% de los habitantes comparten su unidad de saneamiento con personas externas a su hogar. Como se muestra en la tabla 32 y gráfico 26.

Tabla 32: Uso exclusivo de unidad de saneamiento

Es de uso exclusivo		
Si	No	Total
87	39	126
69.05%	30.95%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 26: Es de uso exclusivo



Fuente: Elaboración propia

- **Satisfacción con su unidad de saneamiento**

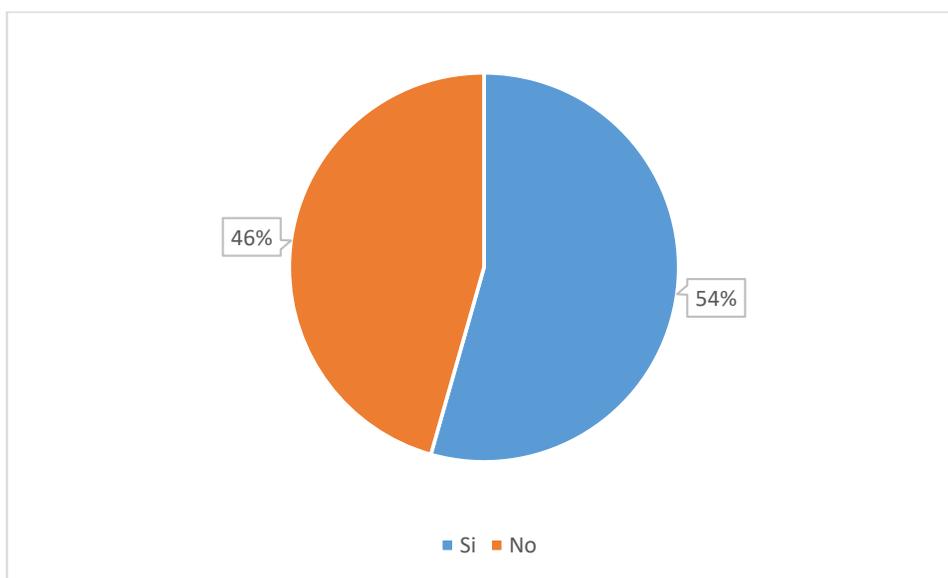
Se supo que un 54.4% de los hogares están satisfecho con su situación actual de saneamiento, mientras que un 45.6% no está satisfecho con la infraestructura actual de su unidad de saneamiento. Como se muestra en la tabla 33 y el gráfico 27.

Tabla 33: Satisfacción con la opción de saneamiento

Están satisfechos con su opción de saneamiento		
Si	No	Total
68	57	125
54.4%	45.6%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 27: Satisfacción con la opción de saneamiento



Fuente: Elaboración propia

- **Disposición para la construcción de unidades de saneamiento.**

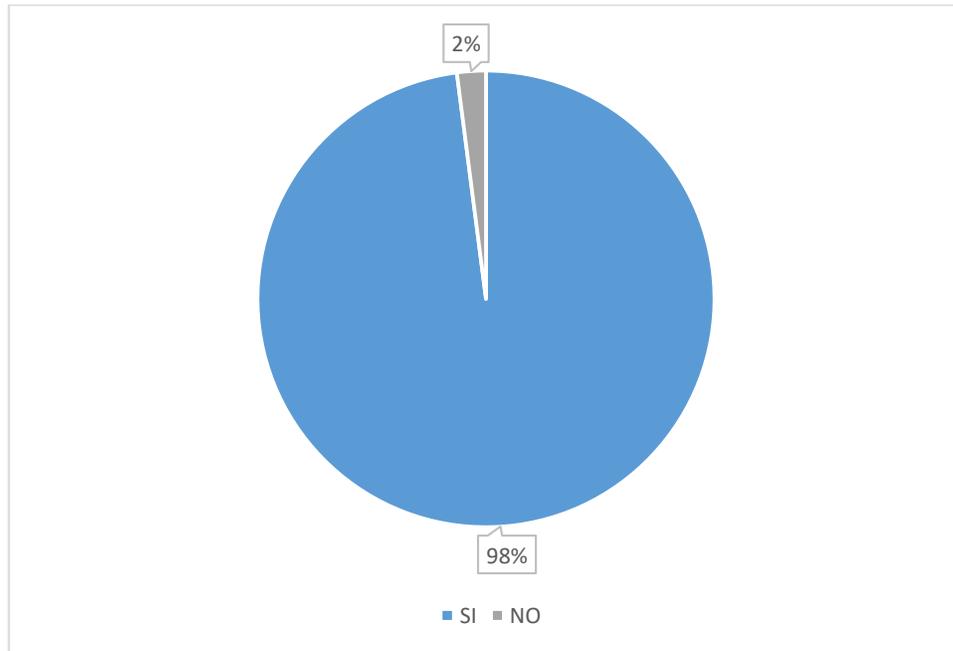
De la totalidad de los hogares censados el 97.6% de están dispuestos a apoyar proyectos de mejora de saneamiento y el 4.4% está indispuesto. Los resultados se muestran en tabla 34 gráfico 28.

Tabla 34: Disposición a proyectos de saneamiento

Estaría dispuesto a apoyar la construcción del saneamiento		
Si	No	Total
122	3	125
97.6%	2.4%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 28: Disposición a proyecto de saneamiento



Fuente: Elaboración propia.

- **Acceso a lavaderos**

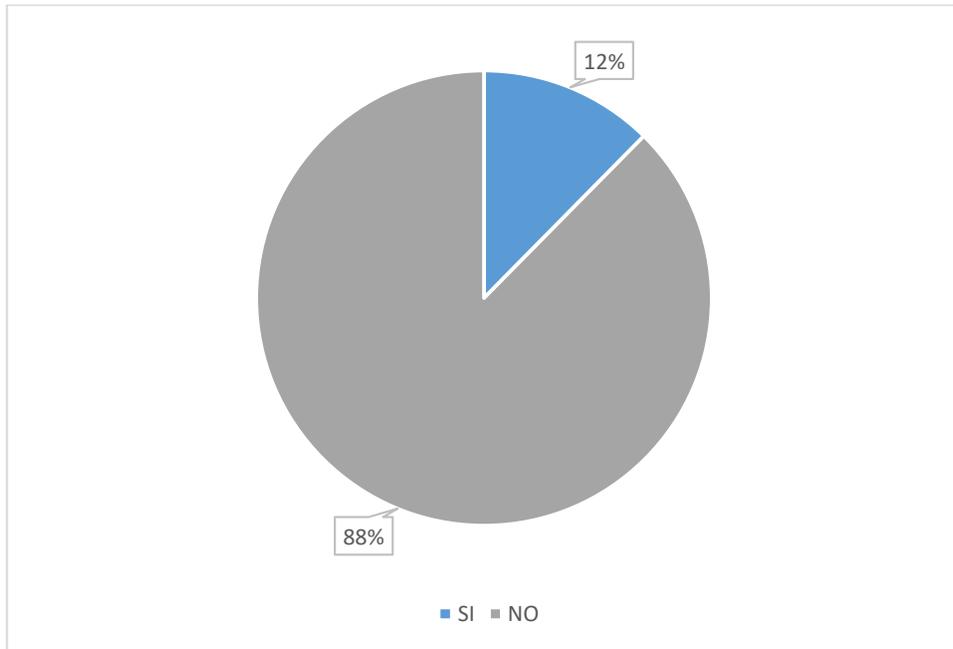
Sabiendo que 125 viviendas cuentan con unidades de saneamiento, se recopiló información sobre si se tiene acceso a lavaderos para mantener una buena higiene en los hogares, encontrándose que 99 de las viviendas tiene lavaderos los que equivale a un 79.2%, así mismo 26 no cuentan con lavaderos y corresponde al 20.8%, como se muestra en la tabla 35 y el gráfico 29.

Tabla 35: Acceso a lavaderos

Tiene lavadero		
Si	No	Total
99	26	125
79.2%	20.8%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 29: Acceso a lavaderos



Fuente: Elaboración propia.

- **Utilización de aguas grises**

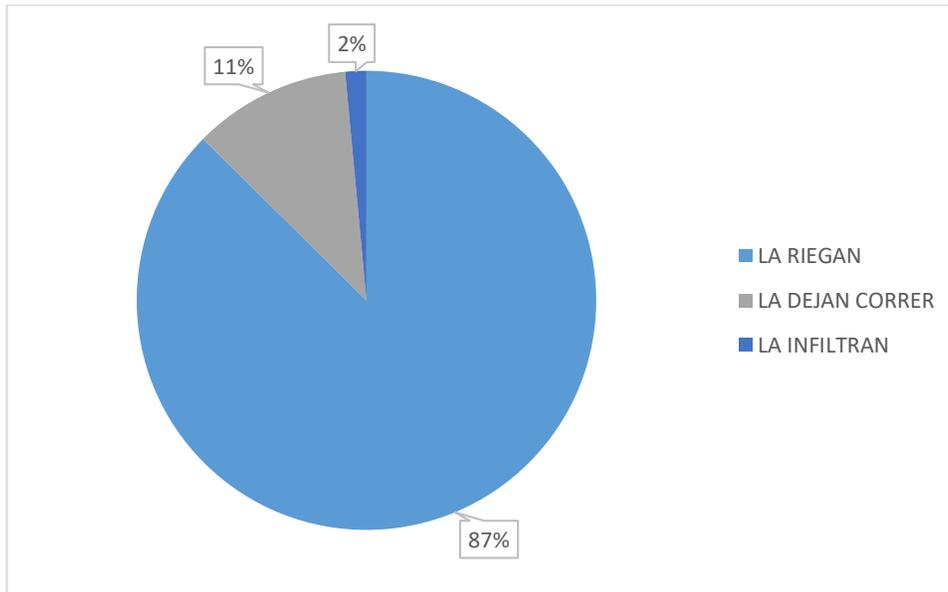
Con respecto a la utilización de las aguas grises de las viviendas de la comunidad el 87.4 % la ocupan para riego de plantas, 11.12 % las dejan correr por los patios y sólo el 2% tienen pozos de absorción. Los resultados se muestran en la tabla 36 y en el gráfico 30.

Tabla 36: Utilización de aguas grises

La riegan	La dejan correr	La infiltran	Total
118	15	2	135
87.4%	11.12%	1.48%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 30: Utilización de aguas grises



Fuente: Elaboración propia

- **Eliminación de basura**

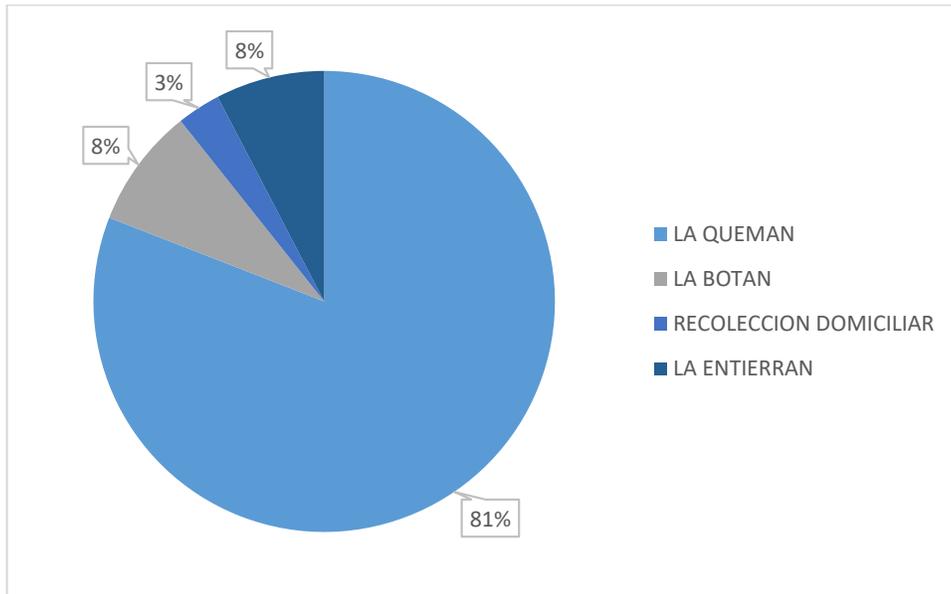
La basura se elimina mediante la quema, esta actividad la realizan el 80.92% de los hogares, otros un 8.40% la botan, un 7.63% entierran en sus patios y un 3.05% hacen recolección domiciliar, como se muestra en la tabla 37 y gráfico 31.

Tabla 37: Eliminación de basura

La queman	La botan	Recolección domiciliar	La entierran	Total
106	11	4	10	131
80.92%	8.40%	3.05%	7.63%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 31: Eliminación de basura



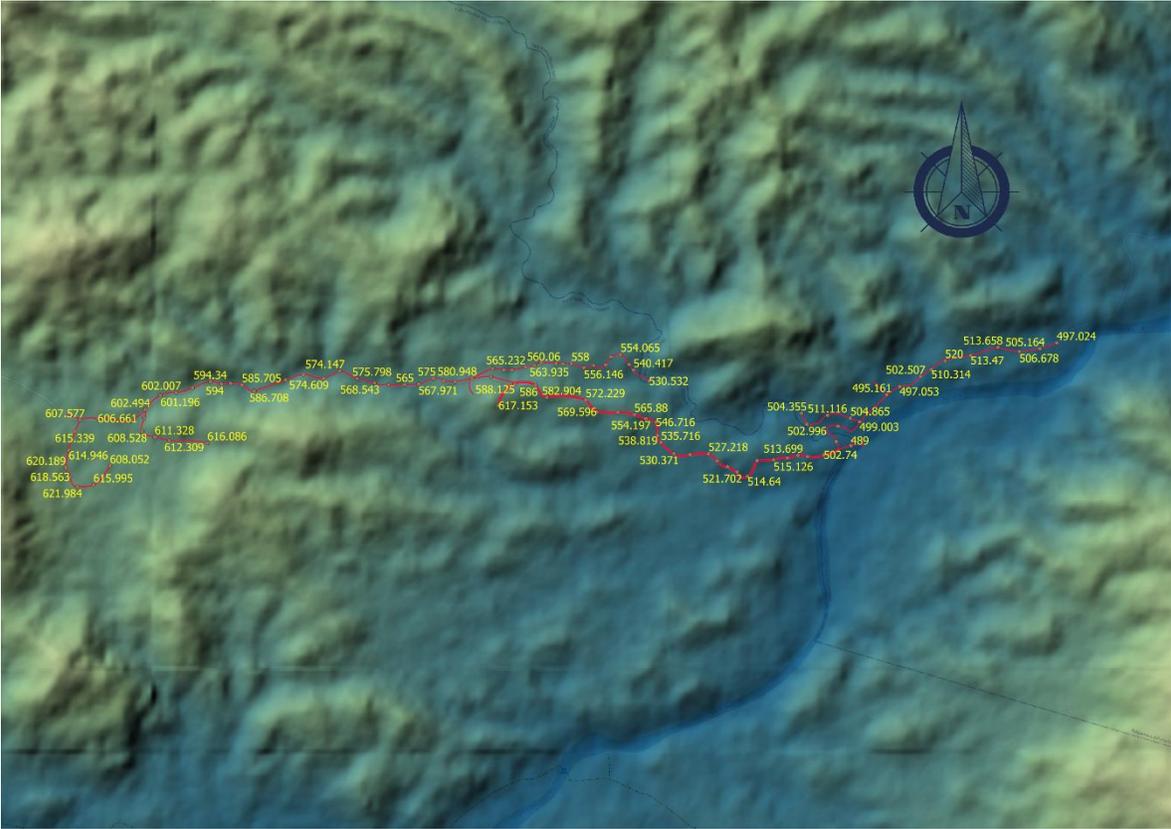
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico en la comunidad Cusmaji, donde se tomó en cuenta todos objetos espaciales representativos del terreno de la comunidad, así mismo se localizaron los puntos para el trazado del eje de la línea de conducción, red distribución, ubicación del tanque de almacenamiento y fuente de abastecimiento de agua.

El relieve de la comunidad es irregular como se observa en la ilustración 5, con elevaciones que varían entre los 481 msnm y los 632.56 msnm. También se presenta en el relieve el sistema de drenaje del río Estelí, el cual es el accidente geográfico de mayor importancia.

Ilustración 4: Relieve de la comunidad



Fuente: Elaboración propia

También se elaboraron los planos donde se observan las curvas de nivel para el sitio de donde se ubicará el mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), se realizó un mapa de georreferenciación y también los perfiles longitudinales de la red, como se observa en los anexos en las lámina 1 a 14.

Tabla 38: Lista de planos topográficos

Planos topográficos	Número de lámina
Plano topográfico de distribución tramo 1	Lámina 1 a 4
Plano topográfico de distribución tramo 2	Lámina 5 a 8
Plano topográfico de ramal 1	Lámina 9
Plano topográfico de ramal 2	Lámina 10
Plano topográfico de ramal 3	Lámina 11
Plano topográfico de línea de conducción	Lámina 12 a 14

4.3. Aforo Fuente superficial en el río Estelí

Se realizó un aforo con molinete Gurley modelo 622D el día 24 de julio del 2021, en el río Estelí que se encuentra en las coordenadas 572234 este y 1489182 norte. Para calcular la velocidad del flujo se utilizó la ecuación 1, obteniéndose un valor de 0.28m/s. A continuación, se presentan los resultados.

$$n = R/t$$

$$n = 55r /60s$$

$$n = 0.917 r.s$$

$$v = 0.672 n + 0.005$$

$$v = 0.672 (0.917) + 0.005$$

$$v = 0.28 m/s$$

También se calculó el área de una sección del tramo aforado utilizando la ecuación 2, donde se obtuvo un resultado de 0.091 m².

$$A_s = \left(\frac{b_2 - b_1}{2} \right) L$$

$$A_s = \left(\frac{0.50 - 0.25}{2} \right) \times 0.73$$

$$A_s = 0.091 \text{ m}^2$$

Con lo datos anteriormente calculados se utilizó la ecuacion 3 para el calculo del caudal del río:

$$Q = A * v$$

$$Q = 0.091\text{m}^2 * 0.49\text{m/s}$$

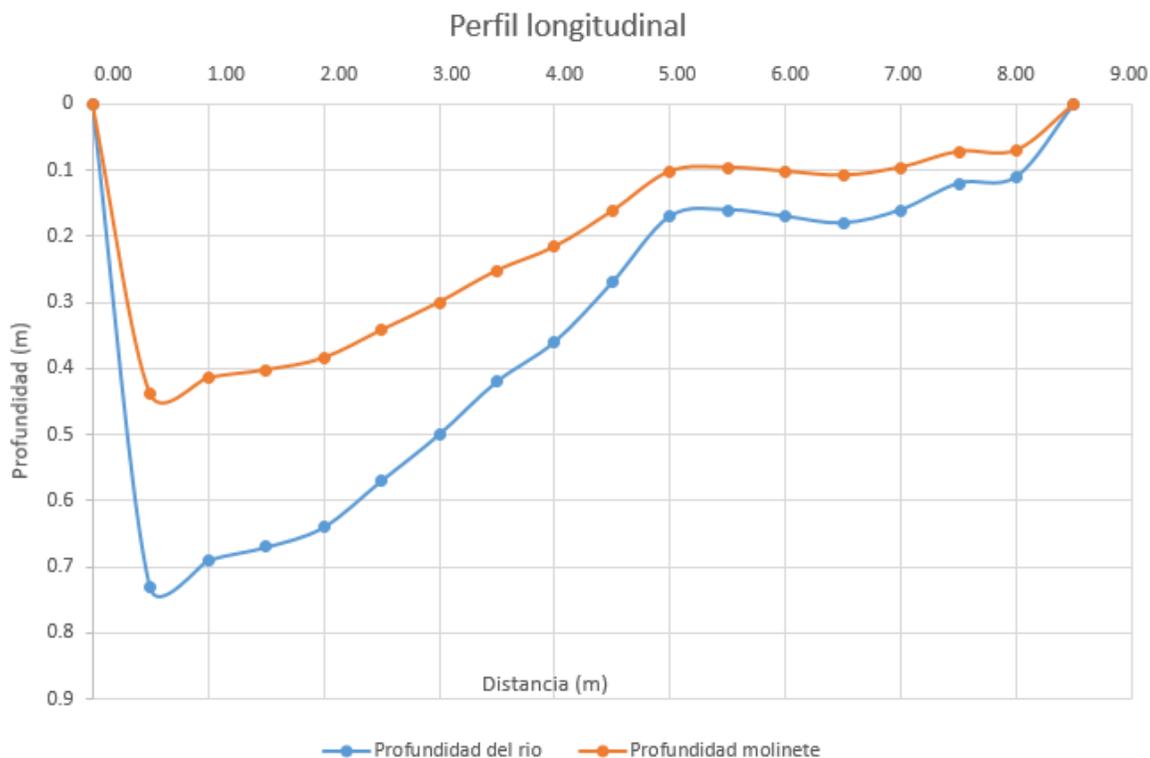
$$Q = 0.05\text{m}^3/\text{s}$$

Finalmente se procedio a realizar una sumatoria de los caudales de cada seccio del rio el cual dio como resultado un caudal total de 0.84 m³ /s

Tabla 39: Datos obtenidos del método de molinete

Aforo con molinete Gurley modelo 622D	
Descripción	Resultados
Fecha	24-abril-2021
Coordenadas	Zona 16 P, E 572234 N 1489182
Elevación	488 msnm
Caudal de la fuente	13353.9 gpm (842.5lps)
Profundidad	0.329m
Ancho de la sección	8.50m
Temperatura	30.16°

Ilustración 5: Sección transversal del cauce



Fuente: Elaboración propia

4.4. Estudio fisicoquímico y bacteriológico

Se realizó examen de calidad del agua a la fuente disponible, ubicada en las coordenadas UTM Coordinadas 1489182.36 m, 572210.10 m, con una elevación 482 msnm se realizó examen de calidad del agua, físico químico y bacteriológico, según muestra tomada el 10 de febrero del 2022.

En términos generales, si se analizan los resultados de los análisis físicos químicos y bacteriológicos de las muestras tomadas de la fuente para el proyecto MABE, los resultados indican que las concentraciones para todos los parámetros se encuentran por debajo de los límites de las normas CAPRE, por tanto, desde el punto de vista del análisis de calidad del agua, son aguas aptas para consumo humano. En el Anexo 4 pueden verse los informes completos de las pruebas de

calidad del agua realizadas por PIENSA (Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente).

Algunas recomendaciones en base a los ensayos realizados son:

- Como barrera de protección se recomienda cloración.
- Implementar un plan de protección de cuenca que abarque: campaña en contra del despale, vertidos de desecho químicos e inorgánicos a la fuente.

4.5. Diseño del acueducto

4.5.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño será de 20 años, comprendidos entre 2021 y 2041, el proyecto será diseñado con una capacidad de la fuente de abastecimiento que permite atender la demanda de la población.

4.5.2. Población de diseño

Para la población de diseño se calculó una tasa de crecimiento la cual dio como resultado 1.26% de crecimiento poblacional. Por consiguiente, se procedió a utilizar la mínima estipulada en la normativa, la cual dice que se utilizara una tasa de crecimiento del 2.5%, seguidamente, tomando en cuenta la tasa de crecimiento antes mencionada y los 518 habitantes que corresponde a la población inicial de diseño, se proyectó para 20 años y se obtuvo una población final de 849 habitantes.

A continuación, se presentarán los cálculos utilizando el método geométrico (MIFIC, 2019, pág. 8), donde se muestra la proyección poblacional para el periodo de diseño de 20 años.

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

$$P_n = 510 (1 + 2.5\%)^{20}$$

$$P_n = 849 \text{ hab.}$$

En la tabla 40 se presenta el detalle de la población de la comunidad y su proyección a 20 años.

Tabla 40: Proyección poblacional

Año	Proyección Poblacional
2021	518
2022	531
2023	544
2024	558
2025	572
2026	586
2027	601
2028	616
2029	631
2030	647
2031	663
2032	680
2033	697
2034	714
2035	732
2036	750

2037	769
2038	788
2039	808
2040	828
2041	849

4.5.3. Dotación de agua

Se asignó un caudal de 80 lppd como se indica para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, esto según la normativa (MIFIC, 2019).

Basado en la dotación se realizaron los cálculos que a continuación se presentan:

4.5.3.1. Consumo doméstico

Para determinar el consumo doméstico se utilizó la ecuación 4, tomando en cuenta las consideraciones de la ecuación 4 se encontró que el consumo diario es de 0.786 l/s.

$$CD = \frac{Dotación \times Po}{86400s}$$

$$CD = \frac{80 \text{ lppd} \times 849 \text{ hab}}{86400s}$$

$$CD = 0.786 \text{ l/s}$$

4.5.3.2. Consumo público

Para el cálculo del consumo público se utilizó un 7% del consumo doméstico el cual dio como resultado un consumo de 0.055 l/s, para el consumo público se tomó como consideración la escuela y puesto de salud. El cálculo se hizo con la ecuación 5 que a continuación se describe.

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

$$CPI = 0.786 \text{ l/s} \times \frac{7}{100}$$

$$CPI = 0.055 \text{ l/s}$$

4.5.3.3. Consumo promedio diario

El consumo promedio diario se calculó con la ecuación 6, la cual se describe a continuación.

$$CPD = CD + CPI$$

$$CPD = 0.786 \text{ l/s} + 0.055 \text{ l/s}$$

$$CPD = 0.841 \text{ l/s}$$

4.5.3.4. Caudal por pérdidas o fugas

Según la norma nacional también se requiere estimar las pérdidas, la cual resultó ser de 0.126 l/s. Al aplicar la ecuación 7, se presenta el resultado:

$$P = CPD \times \frac{15}{100}$$

$$P = 0.841 \text{ l/s} \times \frac{15}{100}$$

$$P = 0.126 \text{ l/s}$$

4.5.3.5. Variaciones de consumo

Consumo máximo diario (CMD), el cual es el gasto requerido para el diseño de la línea de conducción, fue de 1.388 l/s, los resultados se presentan a continuación aplicando la ecuación 8:

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

$$CMD = 1.5 \times 0.841 \text{ l/s} + 0.126 \text{ l/s}$$

$$CMD = 1.388 \text{ l/s}$$

Consumo máximo horario (CMH), es el gasto que considera la norma para el diseño de la red de distribución, cuyo resultado fue 2.229 l/s, como se muestra al aplicar la ecuación 9.

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

$$CMH = 2.5 \times 0.841 \text{ l/s} + 0.126 \text{ l/s}$$

$$CMD = 2.229 \text{ l/s}$$

4.5.4. Línea de conducción

En este acápite se describirán los cálculos del diseño de la columna de bombeo de una bomba sumergible, la sarta, así como la línea de impulsión que une la sarta con el tanque. Para el diseño se utilizaron los criterios de diseño de la norma (MIFIC, 2019. Pag.24).

4.5.5. Diseño de la columna de bombeo

- **Diámetro**

Para la columna de bombeo se utilizó un diámetro nominal de 75 mm, debido a que el caudal fue de 1.388 l/s, por tanto, basado en la recomendación de la norma según la tabla 41 (MIFIC, 2019), se seleccionó un diámetro comercial de tubería H°G° clase 40 de 3 pulgadas con diámetro interno de 77.92 mm.

Tabla 41: Diámetros de columna de bombeo en relación al caudal

Diámetro de columna de bombeo (mm)	Caudal de bombeo L/s
75	3.15
100	6.3
150	37.8
200	75.7

(MIFIC, 2019, pág. 22)

- **Longitud**

La longitud fue de 12 metros, la cual incluye una longitud de 1 metro del terreno más nivel dinámico de 5 metros más 6 metros de sumergencia de acuerdo como se indican en las normativas (MIFIC, 2019, pág. 22).

- **Velocidad**

Así mismo se calculó la velocidad de flujo con la ecuación 10 obteniendo un valor de 0.3 m/s como se observa a continuación.

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

$$v = \frac{0.0138 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi \times (0.07792\text{m})^2}{4}}$$

$$v = 0.3 \text{ m/s}$$

- **Pérdida de carga por fricción**

También se calculó la pérdida de carga por fricción utilizando la ecuación 11 con la cual se obtuvo un valor de 0.0201 m. Los cálculos se presentan a continuación.

$$h_f = 10.679 \left[\frac{(0.00143\text{m}^3/\text{s})^{1.85}}{130^{1.85} \times (0.07792\text{m})^{4.87}} \right] \times 12 \text{ m}$$

$$h_f = 0.0201\text{m}$$

Finalmente, basado en el criterio de diseño que establece la norma (MIFIC, 2019, pág. 22), la cual expresa que la pérdida de carga en la columna de bombeo debe de ser menores aun 5% de la longitud de la misma. Aplicando el mencionado criterio se encontró que las pérdidas de carga por fricción fueron menores al 5% como se observa a continuación.

$$0.0201 < 0.05 Lc$$

$$0.0201 < 0.6 \text{ Cumple}$$

4.5.6. Diseño de la sarta

- **Diámetro**

Para el diseño de la sarta se utilizó un diámetro nominal de 50 mm, debido a que el caudal fue de 1.388 l/s, por tanto, basado en la recomendación de norma descrita en la tabla 42, se seleccionó un diámetro comercial de tubería H°G° clase 40 de 2 pulgadas con diámetro interno de 52.48 mm.

Tabla 42: Diámetros de sarta en relación al caudal

Diámetro de sarta (mm)	Rango de caudal L/s	
50	5.05	-
75	5.05	12.6
100	12.6	25.2
150	25.2	56.8
200	56.8	75.7
250	75.7	101

Fuente: MIFIC, 2019, pág. 24

- **Longitud**

La longitud de la sarta fue de 6 metros como se indica en los planos típicos del FISE para proyectos de agua potable con diámetros de 2 pulgadas en las zonas rurales, como se observa en el plano lámina 17.

- **Velocidad**

La velocidad de flujo en la sarta se calculó con la ecuación 10 cuyo resultado fue de 0.65 m/s, valor que cumple con la norma que establece una velocidad mínima de 0.6 m/s. A continuación, se presentan los resultados.

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

$$v = \frac{0.001388 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi(0.052\text{m})^2}{4}}$$

$$v = 0.653 \text{ m/s}$$

- **Pérdidas por fricción en la sarta**

También se calculó la pérdida de carga por fricción utilizando la ecuación 11 con la cual se obtuvo un valor de 0.072 m. Los cálculos se presentan a continuación.

$$h_f = 10.657 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \right) L$$

$$h_f = 10.679 \left[\frac{(0.00138\text{m}^3/\text{s})^{1.85}}{130^{1.85}(0.052\text{m})^{4.87}} \right] \times 6 \text{ m}$$

$$h_f = 0.072 \text{ m}$$

- **Pérdidas locales en la sarta**

Además, se calcularon las pérdidas locales utilizando la ecuación 13 y los coeficientes de pérdidas por accesorios descritos en la tabla 43, con la cual se obtuvo un valor de 0.176 m. Los cálculos se presentan a continuación.

Tabla 43: Accesorios de sarta

Accesorios	Cantidades	K	Kt
Tee lateral 2" HG	1	1.8	1.8
Tee recta 2" HG	1	0.3	0.3
Reductor 3"x2" HG	1	0.15	0.15
Macro medidor 2"	1	2.47	2.47
Unión dresser 2" HG	1	0.3	0.3
Val. De compuerta 2" HG	1	0.2	0.2
Val. De retención 2" HG	1	2.5	2.5
Codo 45 HG	2	0.2	0.4
Total $\sum K$			8.12

Fuente: Elaboración propia

$$h_l = \sum K \frac{v^2}{2g}$$

$$h_l = 8.12 \times \frac{0.653^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_l = 0.176 \text{ m}$$

Finalmente, se realizó la sumatoria de las pérdidas por fricción y locales de la sarta la cual da como resultado 0.248 m.

$$h_s = h_l + h_f$$

$$h_s = 0.176 \text{ m} + 0.072 \text{ m}$$

$$h_l \text{ sarta} = 0.248 \text{ m}$$

4.5.7. Línea de impulsión

- **Diámetro**

Para el dimensionamiento de la línea de conducción se utilizó la ecuación similar a Bresse, se encontró un diámetro óptimo teórico de 0.0472m. Seguidamente se presentan los cálculos.

$$D = 0.9 \times Q^{0.45}$$

$$D = 0.9 \left(0.00138 \frac{m^3}{s} \right)^{0.45}$$

$$D = 0.0472m$$

- **Análisis económico**

Para el análisis económico primero se calculó el valor presente, seguidamente se calculó el factor de recuperación del capital, finalmente se determinó el costo anual de tubería, este proceso se realizó en cada uno de los diámetros descritos en la tabla 44, de la cual resulto la tubería PVC de 1" SDR 13.5 como la más económica con un valor de C\$ 8,043.34.

Seguidamente se realizó el análisis del costo anual de la energía como se muestra en la segunda columna de la tabla 44, resultando que el diámetro más económico desde el punto de vista energético fue de la tubería PVC de 3" SDR 13.5 con un costo de C\$ 2,864.15.

Finalmente se calculó el costo anual equivalente la cual es la suma del costo anual de tubería y el costo anual de energía como se observa en la columna 3 de la tabla 44, resultando que la tubería de 2" SDR 13.5 fue la que dio el costo más equilibrado entre las seleccionadas, dando como resultado un valor de C\$12,542.55.

A continuación, se describen los cálculos detallados del análisis técnico económico de la tubería PVC de 2" SDR 13.5, que resultó favorecida con el análisis técnico económico.

- **Costo anual de tubería**

Valor presente

$$Vp = \frac{Vf}{(1 + i)^n}$$

Donde:

Vp: Valor presente, C\$

Vf: Valor futuro, costo de la línea de conducción, C\$

i: Tasa de interés

n: Número de años

$$Vp = \frac{78172 \text{ C\$}}{(1 + 0.12)^1}$$

$$Vp = 69,796.428 \text{ C\$}$$

Factor de recuperación del capital

$$FRC = \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Donde:

FTC: Factor de recuperación de capital

i: Tasa de interés

n: Número de años

$$FRC = \frac{0.12(1 + 0.12)^{20}}{(1 + 0.12)^{20} - 1}$$

$$FRC = 0.134$$

Costo anual de tuberías (CAT)

$$CAT = Vp \times FRC$$

Ecuación 24

Donde:

CAT: Costo anual de tubería, C\$

Vp: Valor presente, C\$

FRC: Factor de recuperación de capital

$$CAT = 69,796.428C\$ \times 0.134$$

$$CAT = 9,352.721 C\$$$

Costo anual de energía (CAE)

$$CAE = \frac{Qb \times tb \times CTD \times \frac{C\$}{Kw/h} \times 0.746 \times 365}{3,960 \times eb \times em} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

CAE: Costo anual de energía, C\$

Qb: Caudal de bombeo, GPM

tb: Tiempo de bombeo, hrs

CTD: Carga dinámica total, pies

eb: Eficiencia de la bomba, 70%

em: Eficiencia del motor, 80%

$$CAE = \frac{1.388 \times 16 \times 174.4 \times 6.7406 \times 0.746 \times 365}{3960 \times 0.7 \times 0.8}$$

$$CAE = 3,189.83C\$$$

Costo anual equivalente (CAEq)

$$CAEq = CAT \times CAE \quad \text{Ecuación 26}$$

$$CAEq = 9,352.721 C\$ + 3,189.83 C\$$$

$$CAEq = 12,542.55 C\$$$

Tabla 44: Análisis técnico económico con diferentes diámetros de tuberías

Tubería	CAT	CAE	CAEq (c\$)
PVC 1 1/4" SDR 13.5	8043.34043	4987.36	13030.70
PVC 1 1/2" SDR 13.5	8791.55814	3938.46	12730.02
PVC 2" SDR 13.5	9352.72143	3189.83	12542.55
PVC 2 1/2" SDR 13.5	10662.1024	2955.58	13617.69
PVC 3" SDR 13.5	14403.191	2864.15	17267.35

Una vez conociendo el diámetro teórico más económico, se procedió a seleccionar un diámetro comercial de tubería PVC adoptándose un diámetro de 2 pulgadas SDR-13.5 ASTM 2241 de 300 psi, con diámetro interno de 51.38 mm, posteriormente se procedió a calcular las velocidades de flujo y su comprobación respecto a sus velocidades de diseño, las cuales según las normas deben estar 0.6 y 1.5 m/s (MIFIC, 2019, págs. 26-27)

- **Velocidad**

La velocidad de flujo se calculó con la ecuación 7 cuyo resultado fue de 0.67 m/s valor que cumple con la norma que establece una velocidad mínima de 0.6 m/s. A continuación, se presentan los resultados.

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

$$v = \frac{4 \times 0.00138m^3/s}{\pi \times (0.0513m)^2}$$

$$v = 0.67m/s$$

- **Longitud de la línea de impulsión**

La longitud de la línea de impulsión fue 2,025.13 m y se obtuvo de los planos topográficos descritos en el estudio topográfico, como se muestra en los planos laminas 12-15.

- **Pérdida de carga por fricción en la línea de impulsión**

Para el cálculo de la pérdida de carga por fricción se utilizó la ecuación 8 con la cual se obtuvo un valor de 20.89 m. Los cálculos se presentan a continuación.

$$h_f = 10.679 \left[\frac{(0.00138 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{150^{1.85}(0.051 \text{ m})^{4.87}} \right] \times 2,131.77 \text{ m}$$

$$h_f = 21.597 \text{ m}$$

- **Carga estática**

Para obtener la carga estática se calculó a partir de la cota del nivel dinámico (cota 1) y la cota de descarga en el tanque (cota 2), obteniendo un resultado de 153.03 m. A continuación, se presentan los resultados.

Cálculo de altura de la carga estática:

$$H_g = \text{cota 1} - \text{cota 2}$$

$$H_g = 481 \text{ m} - 632.53 \text{ m}$$

$$H_g = 153.03 \text{ m}$$

Cálculo de la pérdida por fricción en la línea de conducción, para ellos se utilizaron los cálculos previamente realizados, siendo estos; h_{f1} las pérdidas en la columna de bombeo, h_{f2} las pérdidas en la sarta y h_{f3} las pérdidas en la línea de impulsión. La pérdida por fricción de la línea conducción fue de 21.689 m. A continuación, se presenta los cálculos:

$$h_f = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3}$$

$$h_f = 0.0201 \text{ m} + 0.072 \text{ m} + 21.597 \text{ m}$$

$$h_f = 21.689 \text{ m}$$

Cálculo de la carga dinámica total, la cual toma en cuenta la carga estática, la pérdida por fricción y la pérdida local fue de 174.895 m. A continuación, se presentan los cálculos:

$$CDT = 153.03 \text{ m} + 21.689 \text{ m} + 0.176 \text{ m}$$

$$CDT = 174.895 \text{ m}$$

4.5.8. Golpe de ariete

- **Cálculo de celeridad**

En el diseño hidráulico también se analizó la sobrepresión que soportaría la tubería PVC de 2" SDR-13.5, ocasionada por el fenómeno conocido como golpe de ariete, para esto se procedió al cálculo de la celeridad de la onda de presión, para lo cual se calculó la constante K tomando el módulo de elasticidad del PVC con valor de 3×10^8 Kg/m², luego aplicando la ecuación 16 se obtuvo la celeridad cuyo resultado fue 476.64 m/s, como se muestra en los siguientes cálculos.

$$k = \frac{10^{10}}{3 \times 10^8}$$

$$k = 33.33$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.33 \frac{51.38}{4.47}}}$$

$$a = 476.64 \text{ m/s}$$

- **Tiempo del ciclo de la onda de presión**

También se calculó el tiempo en que la onda de presión recorre la tubería con la ecuación 17, obteniéndose un tiempo de 8.94 s.

$$Tc = \frac{2l}{a}$$

$$Tc = \frac{2 \times 2,131.77 \text{ m}}{476.64 \text{ m/s}}$$

$$Tc = 8.945 \text{ s}$$

- **Tiempo de parada del agua**

Posteriormente se calculó el tiempo de parada basada en la ecuación 18 de Mendiluce teniendo como resultado un tiempo de 1.83 s, como se muestra en las a continuación.

$$T = C + \frac{K \times L \times v}{g \times h_m}$$

$$T = 1 + \frac{1 \times 2,131.77 \text{ m} \times 0.67 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 174.895 \text{ m}}$$

$$T = 1.83 \text{ s}$$

Teniendo calculado el tiempo de recorrido que la onda de presión y el tiempo de parada se procedió a evaluar los resultados con la expresión 19, y dado que el tiempo de parada fue 1.83 s, el cual es menor que el tiempo de la onda de presión cuyo valor fue de 8.945 s, por lo tanto, se considera un cierre rápido como se observa a continuación.

$$T < \frac{2L}{a}; \text{ Cierre Rápido}$$

$$1.83 \text{ s} < 8.945 \text{ s}; \text{ Cierre Rápido}$$

- **Longitud crítica**

Así mismo se calculó la longitud crítica con la ecuación 20, resultando un valor de 421.6 m.

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

$$L_c = \frac{476.64 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1.83 \text{ s}}{2}$$

$$L_c = 436.126 \text{ m}$$

- **Tipo de impulsión**

Debido a que la longitud de la tubería es de 2,050.3 m, la cual es mayor a la longitud crítica de 421.6 m, se considera una longitud larga.

- **Sobrepresión**

Teniendo en cuenta que con los cálculos se obtuvo un cierre rápido y una impulsión larga, se procedió a calcular la sobrepresión con la fórmula de Allievi ecuación 21, obteniendo un valor de sobrepresión de 32.55 m y teniendo en cuenta una presión hidrostática entre la sarta y el tanque de 153.03 m, se obtuvo una presión máxima en la línea de conducción de 185.58 m.

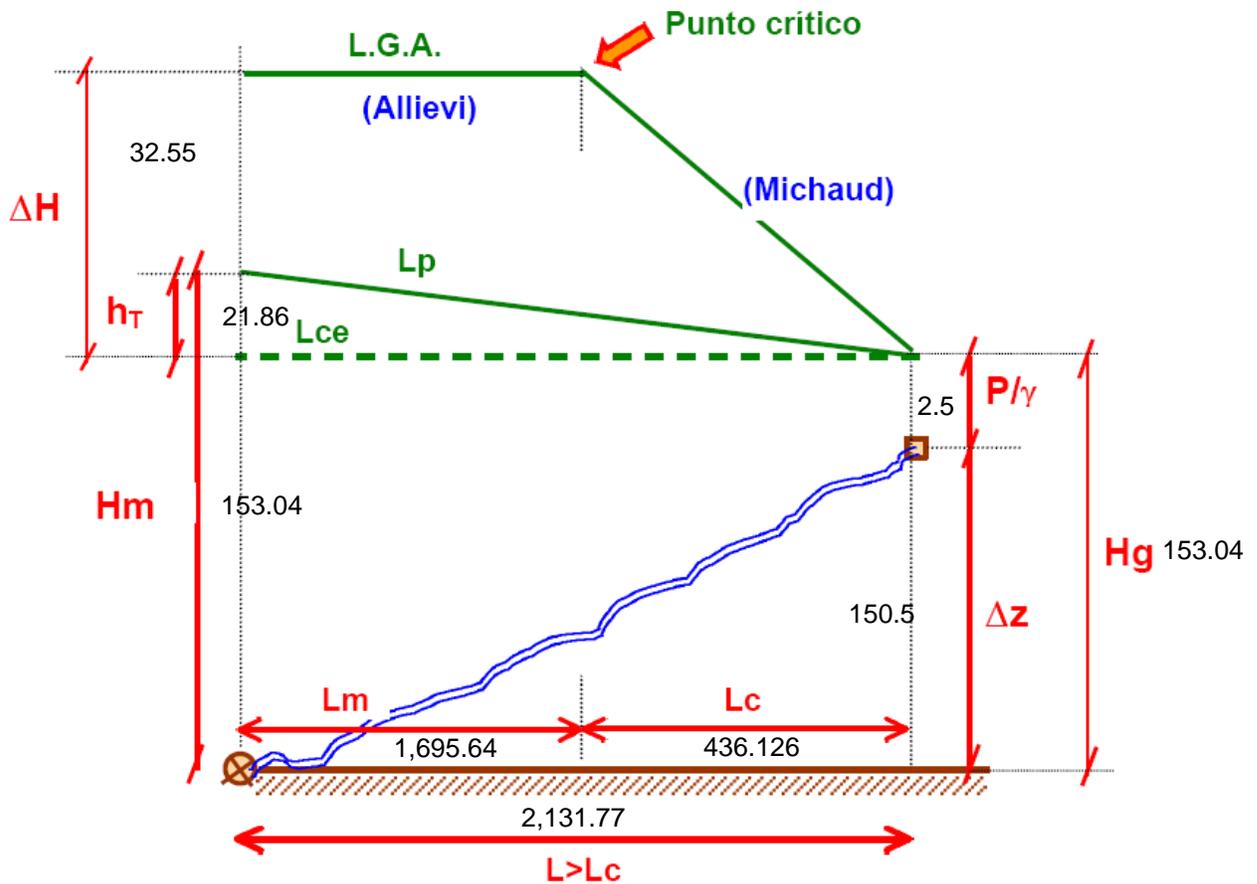
$$\Delta H = \frac{a \times v}{g}$$

$$\Delta H = \frac{476.64 \frac{m}{s} \times 0.67 m/s}{9.81 m/s^2}$$

$$\Delta H = 32.55 m$$

En la ilustración 6 se presenta el esquema de la sobre presión y la disipación de la energía con el modelo Allievi y Maichaud.

Ilustración 6: Esquema de la del efecto del golpe de ariete



Donde:

ΔH : Sobrepresión por golpe de ariete, mca

H_m : Carga dinámica total, m

h_T : Pérdida de carga total, m

L_c : Longitud crítica, m

L : Longitud de la línea de conducción, m

ΔZ : Altura geométrica

H_g : Altura hidrostática

p/γ : Altura del tanque

L_p : Línea piezométrica

Lce: Línea de energía

L.G.A: Línea de disipación de energía causada por el golpe de ariete.

- **Presión máxima en la línea de impulsión**

Se concluye después de analizar los resultados anteriores que la sobrepresión generada por el golpe de ariete y presión hidrostática calculada fue de 185.59 m, es menor que la resistencia de la tubería PVC SDR 13.5 que está diseñada para soportar una presión máxima de 221.83 m.

4.5.9. Selección de la bomba

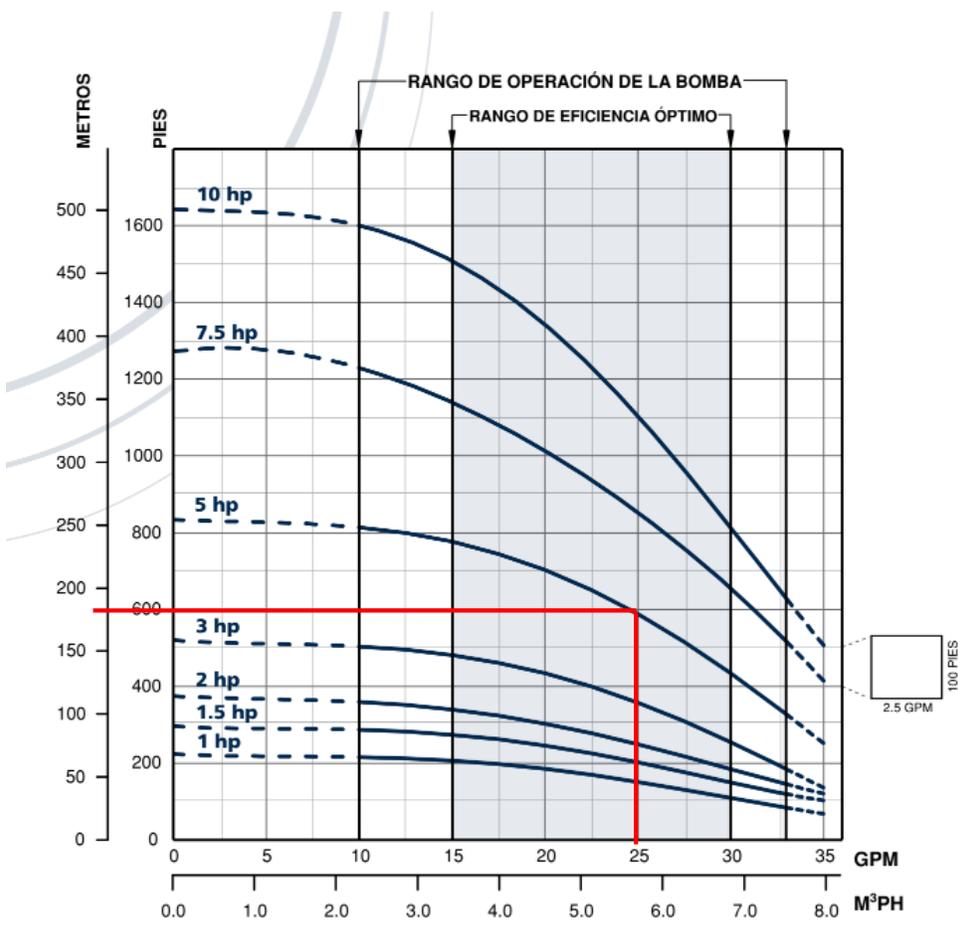
Teniendo en cuenta la carga dinámica total calculada en la línea de conducción con valor de 174.895 m, un caudal de 1.38 l/s y una eficiencia del 70%, se calculó la potencia teórica, obteniendo un resultado de 4.52 Hp.

$$P = \frac{997Kg/m^3 \times 9.81m/s^2 \times 174.895m \times 0.00138m^3/s}{0.7 \times 746}$$

$$P = 4.52 \text{ Hp}$$

Luego se procedió a seleccionar una bomba comercial Franklin Electric FPS 4400 serie triserial de 25 GPM con potencia de 5 Hp, como se observa en la ilustración 7. La mencionada bomba alcanza una altura manométrica de 175 m para un caudal de 1.575 l/s.

Ilustración 7: Curva teórica de la bomba



4.5.10. Capacidad del tanque

Teniendo el volumen del tanque de almacenamiento que fue de 31.795 m³ y se describe a continuación, se procedió a la selección del tipo de tanque, según norma (MIFIC, 2019, pág. 30). También en el anexo plano lamina 20, se observa el tipo de tanque.

$$v = \frac{40}{100} \times 1.38 \frac{l}{s} \times 3600 s \times 10^{-3} \frac{m}{l} \times 16hr.$$

$$v = 31.795 m^3$$

Ubicación del tanque

El tanque de almacenamiento se ubicó en un área dentro de la misma localidad con las coordenadas WGS84 Zona 16 Norte X= 570461.64 m, Y= 1489413.60 m, con una cota de 632.56 msnm, también se tomó en cuenta el perfil topográfico del terreno para que las presiones de servicios sean aceptables en los puntos de distribución como lo recomienda (MIFIC, 2019, pág. 33).

4.6. Desinfección

Se encontró con la ecuación 23 una capacidad de 0.17 kg cloro/día, que será entregado al sistema en forma de hipoclorito de sodio, el cual tiene una concentración de 120 gr cloro/Litro, que será diluido con agua hasta alcanzar una concentración de 1.5%. El producto diluido se aplicará en el tanque a través de un hipoclorador a una tasa de 0.532 L/h.

$$C_a = \frac{Q \times C}{1000}$$

$$C_a = \frac{79.49 \frac{m^3}{d} \times 2.1mg/L}{1000}$$

$$C_a = 0.17 kg \text{ cloro}/d$$

En la tabla 12 se presenta un resumen de los cálculos y en la ecuación 24 se presenta la capacidad de cloración requerida.

Tabla 45: Dosis de cloro para la desinfección del agua con hipoclorador

ITEMS	Cantidades	UDM
Se asume:		
Hipocloración para capacidades menores	1	Kg/día
Caudales como máximo	8.2	L/s
CMD	1.43	L/s
Requerimiento	0.17	Kg/día
Concentración hipoclorito comercial	120	gr/L
Volumen necesario de hipoclorito comercial concentrado 120 gr/L	1.42	L/día
Cálculo de la capacidad		
Bombeo	16	h por día
Volumen x día	82368	L
Q	82.368	m ³ /día
Dosis de cloro a aplicar (C)	2.06	mg/L
Capacidad (Ca)	0.17	Kg Cloro/día
Forma de aplicación		
Dilución a en	8.5	L
Concentración de la solución de hipoclorito diluido	2 %	1.5 - 3 % según la norma
Aplicación de la solución de cloro	0.5325	L/h, aplicado en 16 horas

Fuente: Elaboración propia

4.7. Simulación hidráulica de MABE

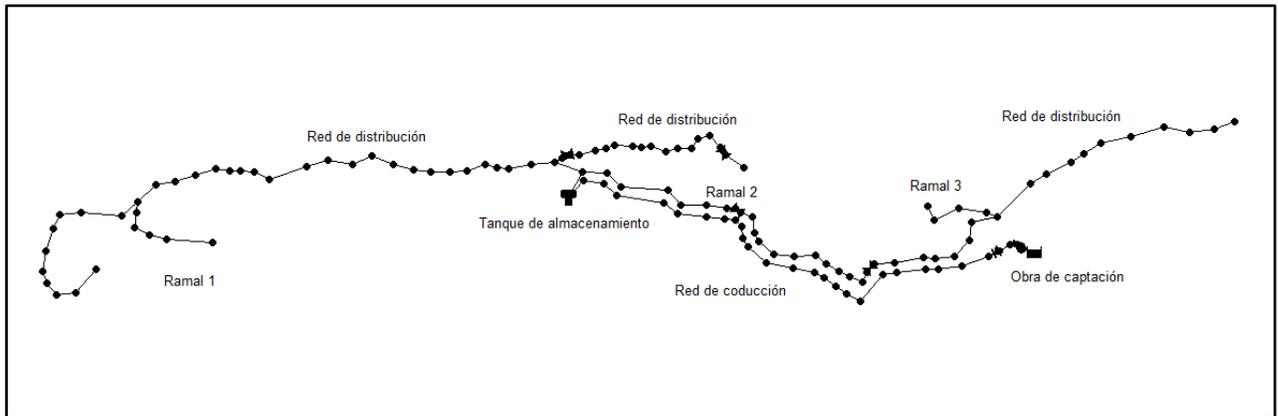
Los cálculos hidráulicos en el diseño del MABE se realizaron con el software EPANET, para lo cual se configuraron los parámetros para la pérdida de carga con la ecuación de Hazen-Williams, se tomaron las unidades de caudal en “l/s” y pérdidas de carga en “m”, así mismo se utilizó un coeficiente (C) de Hazen-Williams con un valor de 150 para tubería PVC y 130 para tubería de H°G°.

La simulación se aplicó a toda la tubería, lo que incluye la línea de conducción y red de distribución, como se muestra en la ilustración 8.

La longitud total de las tuberías en el MABE fue de 9,813.07 m, de las cuales 2,025.13 m corresponden a la línea de conducción por bombeo y 7,449.38 m corresponden a la red de distribución.

A continuación, se presenta la tipología de línea de conducción y la red de distribución.

Ilustración 8: Tipología de la red de condición y distribución



Fuente: Elaboración propia

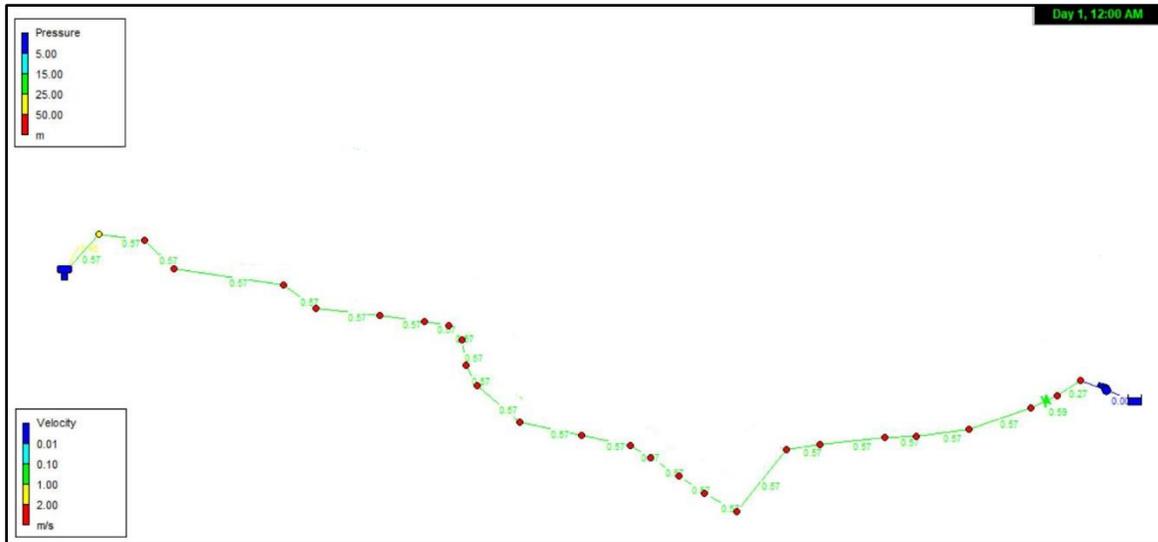
4.7.1. Simulación de la línea de conducción

Para los cálculos de la línea de conducción se utilizó la curva de la bomba Franklin Electric FPS 4400 serie triserial de 25 GPM con potencia de 5 Hp que se presenta en la ilustración 6, la cual tiene una carga dinámica de 175 m para un caudal de 1.59 lps, en la zona de máxima eficiencia. El caudal proporcionado por la bomba es ligeramente superior al caudal del consumo máximo horario el cual es de 1.43 l/s, por lo que se considera que la bomba seleccionada satisface las condiciones de diseño.

Para la simulación de la línea de conducción se tomó en cuenta la longitud desde del embalse al tanque de almacenamiento con una distancia de 2,025.3 m, también se adoptó una tubería PVC SDR 13.5 de 2" de diámetro para la línea de impulsión, así como la tubería H°G° clase 40 de 2" para la sarta y una tubería H°G° clase 40 de 3" pulgadas para la columna de bombeo. Los resultados de la simulación se

presentan la tabla 46. Así mismo se presenta el tramo de la línea de conducción en la ilustración 9 y planos anexos láminas 33 a 35.

Ilustración 9: Topología de la red de conducción



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 46 se presentan los resultados de la simulación de la línea de conducción para un caudal de 1.59 l/s, cuyas velocidades fueron de 0.32 m/s en la columna de bombeo con diámetros de 3" H°G°, también de 0.74 m/s en la sarta con diámetro de 2" H°G° y 0.72 m/s en la línea de impulsión con tubería 2" PVC SDR 13.5, las velocidades en la sarta y la línea de impulsión cumplen con los criterios establecidos en la norma la recomienda valores entre 0.6 m/s y 1.5 m/s. (MIFIC, 2019, pág. 27). Las pérdidas de carga oscilaron entre una mínima de 3.49 m/km y una máxima de 75.96 m/km. La mayor perdida se observa en la sarta debido a la presencia de los accesorios.

Tabla 46: tuberías de la línea de conducción

ID	Longitud	Diámetro	Velocidad	Perdidas
	m	mm	m/s	m/km
L_1	112.29	53.2	0.72	10.54
L_2	97.42	53.2	0.72	10.54
L_3	56.26	53.2	0.72	10.54
L_4	117.38	53.2	0.72	10.54
L_5	60.69	53.2	0.72	10.54

L_6	143.29	53.2	0.72	10.54
L_7	65.96	53.2	0.72	10.55
L_8	55.6	53.2	0.72	10.54
L_9	60.69	53.2	0.72	10.54
L_10	43.29	53.2	0.72	10.54
L_11	90.38	53.2	0.72	10.54
L_12	113.04	53.2	0.72	10.54
L_13	101.5	53.2	0.72	10.54
L_14	42.93	53.2	0.72	10.54
L_15	46.25	53.2	0.72	10.55
L_16	35.45	53.2	0.72	10.54
L_17	45.22	53.2	0.72	10.55
L_18	80.06	53.2	0.72	10.54
L_19	117.44	53.2	0.72	10.54
L_20	70.78	53.2	0.72	10.54
L_21	200.37	53.2	0.72	10.54
L_22	74.38	53.2	0.72	10.54
L_23	82.72	53.2	0.72	10.54
L_24	93.91	53.2	0.72	10.54
Col_1_2	12	77.92	0.33	3.49
Sarta	6	52.48	0.74	75.96
Total	2025.23			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 47 el terreno natural presenta una cota mínima de 489 m y una cota máxima de 588.125 m en el tanque de almacenamiento, la altura piezométrica mínima es de 636.04m y la máxima de 656.67m que corresponde a la altura piezométrica en la bomba, así mismo la presión mínima en el tanque fue de 2.49m y la máxima fue de 175.71m que corresponde a la carga dinámica de la bomba.

Tabla 47: presiones de red de conducción

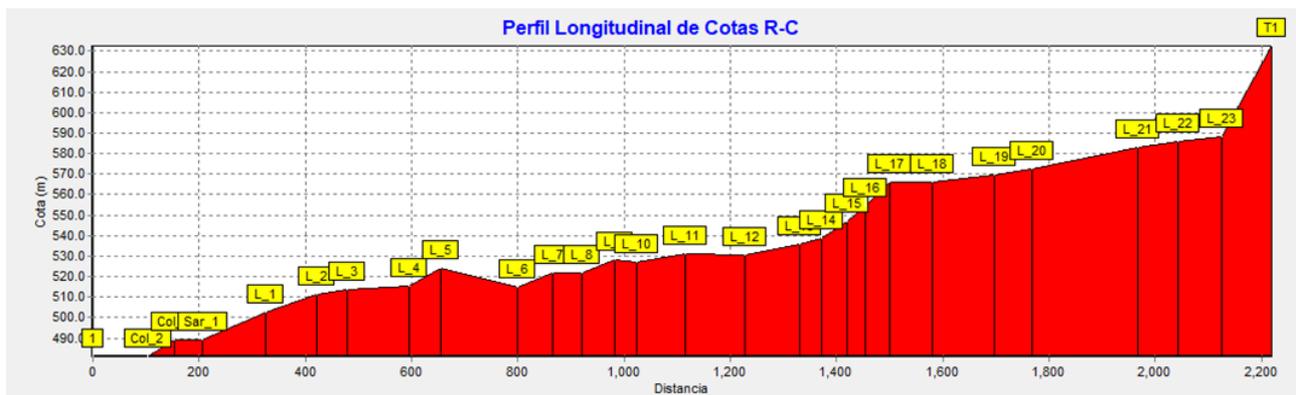
ID	Cota	Altura	Presión
	m	m	m
Tanque	632.56	635.35	2.49
L_23	588.125	636.04	47.92
L_22	586	636.91	50.91
L_21	582.904	637.7	54.79
L_20	572.229	639.81	67.58
L_19	569.596	640.56	70.96

L_18	565.88	641.79	75.91
L_17	565.88	642.64	76.76
L_15	546.716	643.49	96.77
L_14	538.819	643.98	105.16
L_13	535.716	644.43	108.71
L_12	530.371	645.5	115.13
L_11	531.096	646.69	115.6
L_10	527.218	647.64	120.43
L_9	528.302	648.1	119.8
L_8	521.864	648.74	126.88
L_7	521.702	649.33	127.63
L_6	514.64	650.02	135.38
L_5	524.131	651.53	127.4
L_4	515.126	652.17	137.05
L_3	513.699	653.41	139.71
L_2	511.488	654	142.52
L_1	502.74	655.03	152.29
Sar_1	489	656.22	167.22
L_16	554.197	643.12	88.92
Col_2	481	656.71	175.71
Col_1	489	656.67	167.67

Fuente: Elaboración propia

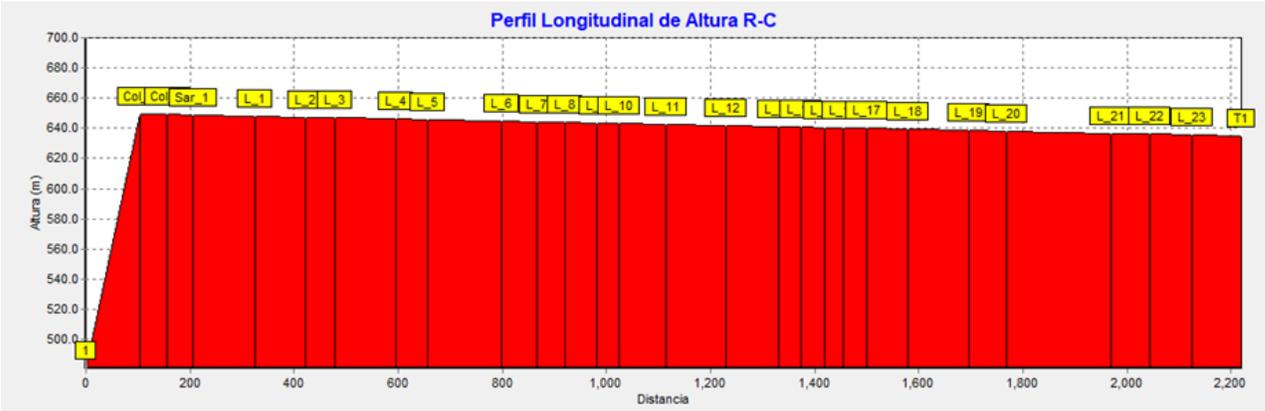
La ilustración 10 presenta las características del relieve del terreno natural del tramo de la línea de conducción, observándose una diferencia de nivel de 143.56m en un terreno con relieve irregular.

Ilustración 10: Perfil longitudinal de cotas de la línea de conducción



La altura piezométrica que se presenta en la ilustración 11 muestra la línea de energía que proporciona la bomba y la gradiente de la misma hasta llegar al tanque, con mínima de 635.35m y máxima de 656.71m.

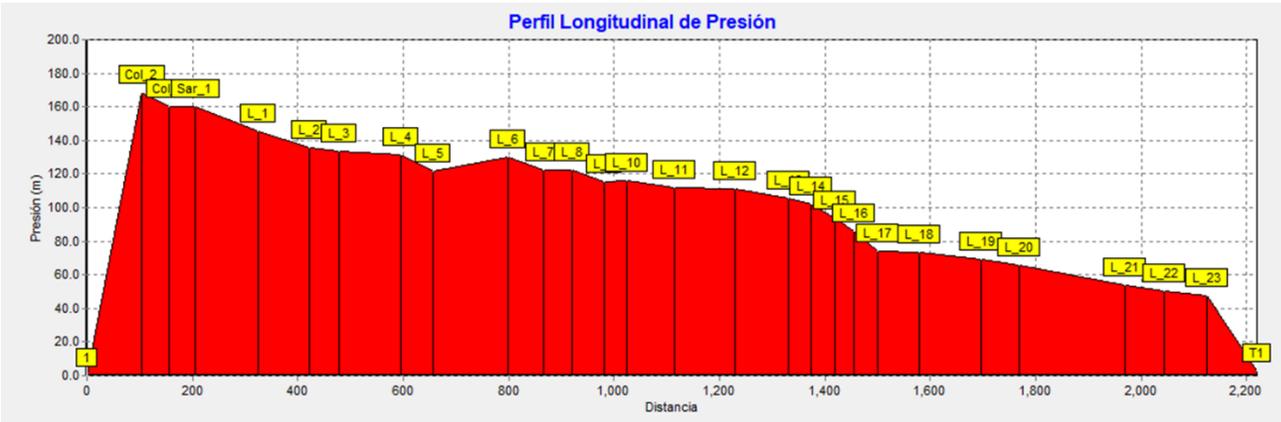
Ilustración 11: Perfil de altura piezométrica de la línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

La ilustración 11 presenta el perfil de presiones a lo largo de la línea de conducción, observándose la mayor presión en la columna de bombeo 175.71 y la menor presión de 2.95 en el tanque de almacenamiento, debido a las altas presiones se diseñó una línea de conducción con una tubería PVC SDR 13.5.

Ilustración 12: Perfil longitudinal de presión de la línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

4.7.2. Simulación de la red de distribución

Se adoptó una red abierta debido a las características de la distribución espacial de la comunidad. La mencionada red se compone de 2 tramos con los cuales se prestará el servicio de agua potable en la comunidad (planos anexos lámina 33 a 35)

Para la simulación de la línea de conducción se utilizó el caudal máximo horario el cual se distribuyó en los nodos de demanda de acuerdo a la proporción de viviendas en cada tramo en la que se dividió la red, los caudales de los nodos concentrados se presentan en la tabla 48.

Tabla 48: Caudales en nodos concentrados

Demandas Nodales			
Nodo	Número de casas	Caudal unitario por vivienda	Caudal del nodo
1	7	0.019	0.130
2	5	0.019	0.093
3	10	0.019	0.186
4	14	0.019	0.261
5	12	0.019	0.223
6	14	0.019	0.261
7	24	0.019	0.447
8	8	0.019	0.149
9	6	0.019	0.112
10	9	0.019	0.168
11	13	0.019	0.242
total	122		2.2710

Fuente: Elaboración propia

El diámetro adoptado para todos los tramos de la red fue PVC de 1 1/2" SDR 26 que es el mínimo que recomienda la norma (MIFIC, 2019, pág. 29).

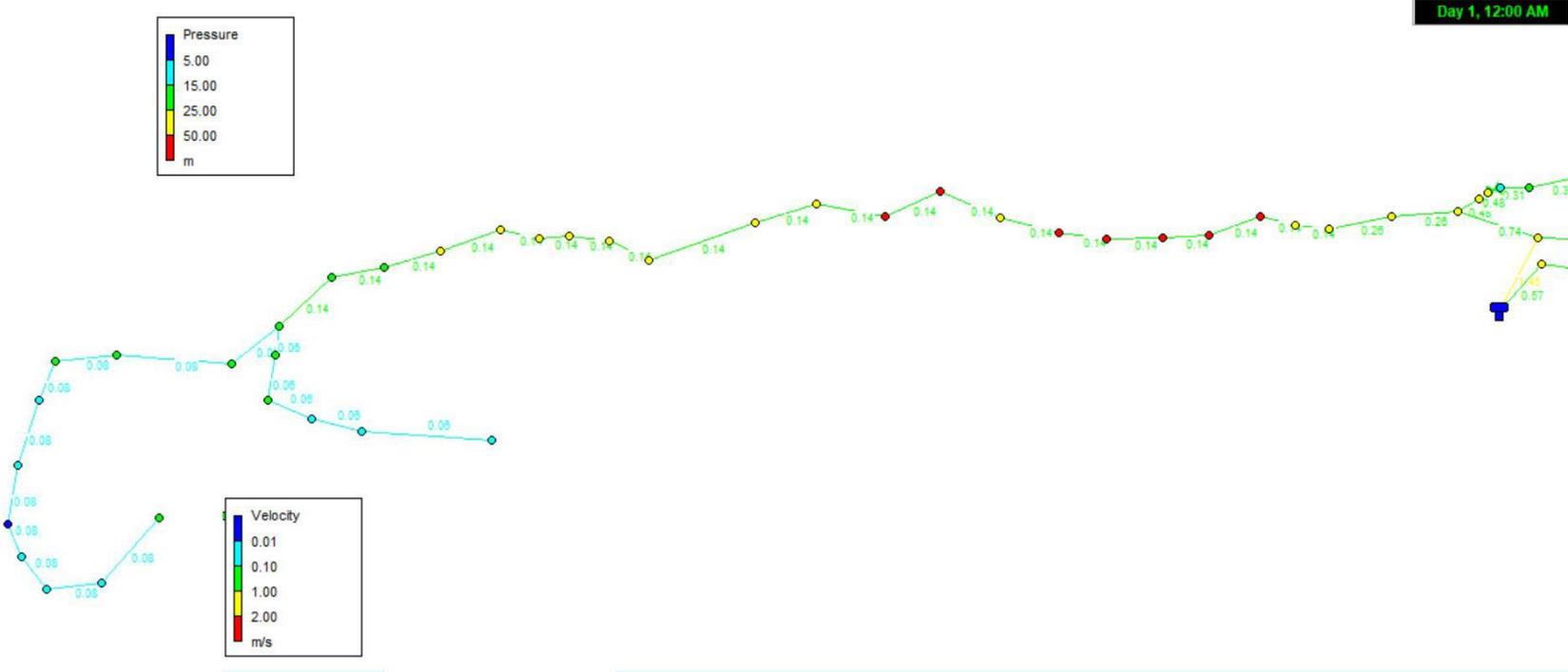
La red de distribución de acuerdo a sus tramos se dividió en dos zonas, tomando en cuenta las características del relieve y la distribución de las viviendas.

- **Zona 1**

La zona 1 de la red tiene un relieve muy irregular, pero en ella se encuentra la mayor concentración de viviendas.

Para la simulación de la red de distribución de la zona 1 se tomó una longitud total de 5,258.14m, también se adoptó una tubería PVC 1 1/2" SDR 26. El caudal que circula por la zona 1 es de 1.154 que se dividen en seis nodos concentrados. Los resultados de la simulación se presentan la tabla 49. Así mismo se presenta la zona 1 de la red en la ilustración 13 y en los planos anexos de lámina 21 a 25.

Ilustración 13: Tipografía de la línea de conducción (Tramo 1)



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 49 se presentan las longitudes de las tuberías las cuales tiene el mismo diámetro en toda la zona 1 de la red, con velocidades que oscilaron entre 0.06 m/s y 1.45 m/s, en los tramos con bajas velocidades se instalaran válvulas de limpiezas para evitar la sedimentación en la tubería, las pérdidas de carga oscilaron entre 0.13 m/km y 47.98 m/km, los valores más altos se observaron en los tramos donde se transporta mayor caudal.

Tabla 49:Tuberías red distribución zona 1

ID	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	Perdidas m/km
D_1	136.2	44.6	1.45	47.98
D_3	96.1	44.6	0.26	2
D_4	86.81	44.6	0.26	2
D_5	56.43	44.6	0.14	0.65
D_6	583.5	44.6	0.14	0.65
D_7	573.6	44.6	0.14	0.65
D_8	68.35	44.6	0.14	0.65
D_9	81.54	44.6	0.14	0.65
D_10	70.07	44.6	0.14	0.65
D_11	90.24	44.6	0.14	0.65
D_12	95.36	44.6	0.14	0.65
D_13	88.32	44.6	0.14	0.65
D_14	103.4	44.6	0.14	0.65
D_15	92.41	44.6	0.14	0.65
D_16	166.1	44.6	0.14	0.65
D_17	69.56	44.6	0.14	0.65
D_18	57.97	44.6	0.14	0.65
D_19	44.67	44.6	0.14	0.65
D_20	57.48	44.6	0.14	0.65
D_21	93.51	44.6	0.14	0.65
D_22	86.04	44.6	0.14	0.65
D_23	79.08	44.6	0.14	0.65
D_24	105	44.6	0.14	0.65
D_25	87.71	44.6	0.08	0.24
D_26	169.1	44.6	0.08	0.24
D_27	90.12	44.6	0.08	0.24
D_28	63.15	44.6	0.08	0.24

ID	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	Perdidas m/km
D_29	99.49	44.6	0.08	0.24
D_30	87.48	44.6	0.08	0.24
D_31	50.92	44.6	0.08	0.24
D_32	61.58	44.6	0.08	0.24
D_33	82.13	44.6	0.08	0.24
D_34	125.7	44.6	0.08	0.24
DR1_72	42.45	44.6	0.06	0.13
DR1_73	66.68	44.6	0.06	0.13
DR1_74	69.66	44.6	0.06	0.13
DR1_75	75.15	44.6	0.06	0.13
DR1_76	190.6	44.6	0.06	0.13
DR2_79	43.16	44.6	0.48	6.09
DR2_80	55.78	44.6	0.48	6.08
DR2_82	41.51	44.6	0.31	2.74
DR2_83	69.98	44.6	0.31	2.74
DR2_84	44.86	44.6	0.31	2.74
DR2_85	36.59	44.6	0.31	2.74
DR2_86	75.45	44.6	0.31	2.74
DR2_87	34.85	44.6	0.31	2.74
DR2_88	40.69	44.6	0.31	2.74
DR2_89	66.61	44.6	0.31	2.74
DR2_90	50.21	44.6	0.17	0.87
DR2_91	58.74	44.6	0.17	0.87
DR2_92	47.45	44.6	0.17	0.87
DR2_93	50.49	44.6	0.17	0.87
DR2_94	66.37	44.6	0.17	0.87
DR2_95	35.97	44.6	0.17	0.87
DR2_97	95.77	44.6	0.17	0.87
Válvula DR2_81	-	44.6	0.48	40.2
Válvula DR2_96	-	44.6	0.17	34.2
	5,258.14			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 50 se muestran las cotas, demanda base, altura piezométrica y presiones observándose que las mayores presiones se presentan en el tramo que une el tanque de almacenamiento con los dos tramos de las dos zonas en que se dividió la red, siendo el mencionado tramo una línea de conducción por gravedad en la cuales no existen conexiones domiciliars; las presiones en el mencionado tramo oscilaron entre 51.03m y 51.24m que corresponden a los nodos D_6 y D_12.

En los tramos donde se encuentran las conexiones domiciliars todas las presiones oscilaron entre 41.67m y 16.44m que corresponden a los nodos D_15 y D_34, Todos los tramos donde se localizan conexiones domiciliars cumplen con las presiones establecidas norma, las cuales no deben supera los 50m.

Tabla 50: Nodos red distribución zona 1

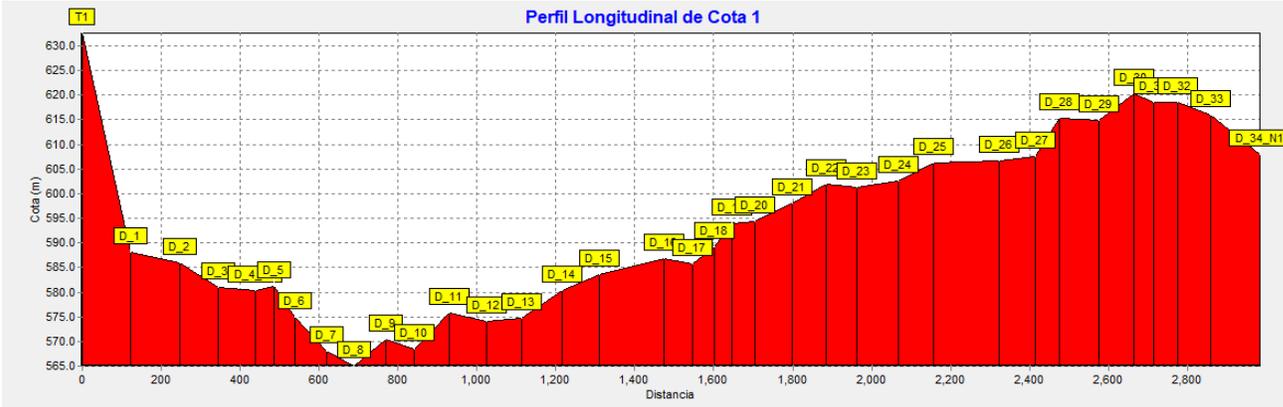
ID	Cota	Demanda base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
D_1	588.125	0	628.52	40.39
D_2	585.897	0	626.81	40.91
D_3	580.948	0	626.62	45.67
D_4_N3	580.362	0.186	626.45	46.08
D_5	581.115	0	626.41	45.29
D_6	575	0	626.03	51.03
D_7	567.971	0	625.65	57.68
D_8	565	0	625.61	60.61
D_9	570.451	0	625.56	55.11
D_10	568.543	0	625.51	56.97
D_11	575.798	0	625.45	49.65
D_12	574.147	0	625.39	51.24
D_13	574.609	0	625.33	50.72
D_14	580.387	0	625.27	44.88
D_15	583.533	0	625.2	41.67
D_16	586.708	0	625.1	38.39
D_17	585.705	0	625.05	39.35
D_18	589.123	0	625.01	35.89
D_19	594	0	624.98	30.98
D_20	594.34	0	624.95	30.61
D_21	597.975	0	624.89	26.91

ID	Cota	Demanda base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
D_22	602.007	0	624.83	22.82
D_23	601.196	0	624.78	23.58
D_24	602.494	0	624.71	22.22
D_25	606.33	0	624.69	18.36
D_26	606.661	0	624.65	17.99
D_27	607.577	0	624.63	17.05
D_28	615.339	0	624.61	9.27
D_29	614.946	0	624.59	9.64
D_30	620.189	0	624.57	5.38
D_31	618.563	0	624.55	5.99
D_32	618.563	0	624.54	5.98
D_33	615.995	0	624.52	8.53
D_34_N1	608.052	0.13	624.49	16.44
DR1_72	607.636	0	624.7	17.07
DR1_73	608.528	0	624.7	16.17
DR1_74	611.328	0	624.69	13.36
DR1_75	612.309	0	624.68	12.37
DR2_79	579.616	0	626.55	46.93
DR2_81_N4	576.013	0.261	586.01	10
DR2_82	567.721	0	585.9	18.18
DR2_83	565.232	0	585.71	20.48
DR2_84	563.935	0	585.59	21.65
DR2_85	560.638	0	585.48	24.85
DR2_86	560.06	0	585.28	25.22
DR2_87	557.824	0	585.18	27.36
DR2_88	558	0	585.07	27.07
DR2_89_N5	556.146	0.223	584.89	28.74
DR2_90	556.065	0	584.85	28.78
DR2_91	554.976	0	584.79	29.82
DR2_92	555.083	0	584.75	29.67
DR2_93	554.065	0	584.71	30.64
DR2_94	548.978	0	584.65	35.67
DR2_96	540.417	0	550.42	10
DR2_97_N6	530.532	0.261	550.33	19.8

Fuente: Elaboración propia

La ilustración 14 muestra las características del relieve de la zona 1 observándose un columpio profundo en los nodos D_5 Y D_11 en los cuales no se encuentran viviendas y es la zona donde se presentan mayores presiones como se explicó en el párrafo anterior. Seguido al columpio del terreno se presenta una cima que es donde se localizan las viviendas de la comunidad.

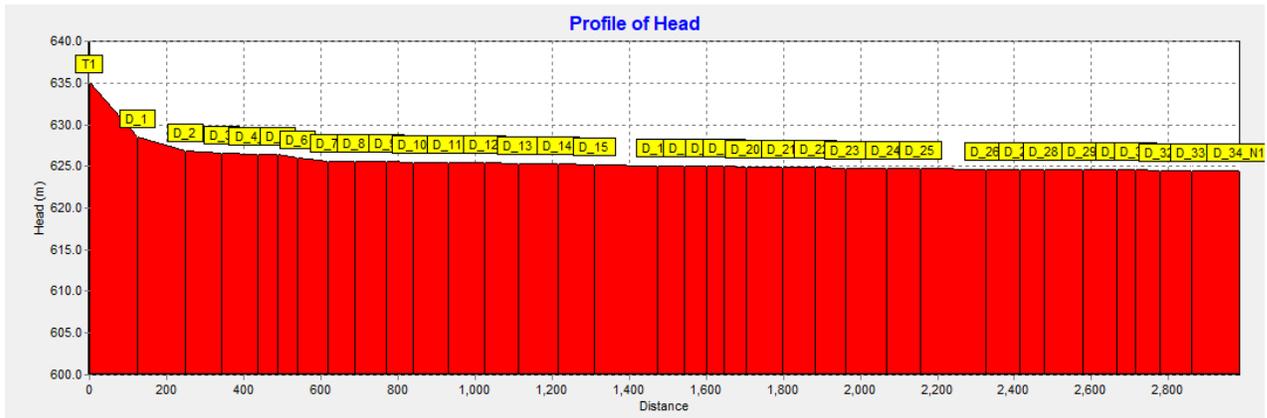
Ilustración 14: Perfil Longitudinal de cotas de la red de distribución (zona 1)



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 15 se observa la línea de energía con la mayor pendiente entre el tanque y el nodo D_1 lo cual se debe a que por ese tramo circula todo el caudal que corresponde al consumo máximo horario (2.271lps) para posteriormente dividirse en las dos zonas de la red, seguidamente la línea piezométrica muestra una gradiente proporcional al caudal que se conduce a través de la tubería y a las pérdidas de carga de las mismas.

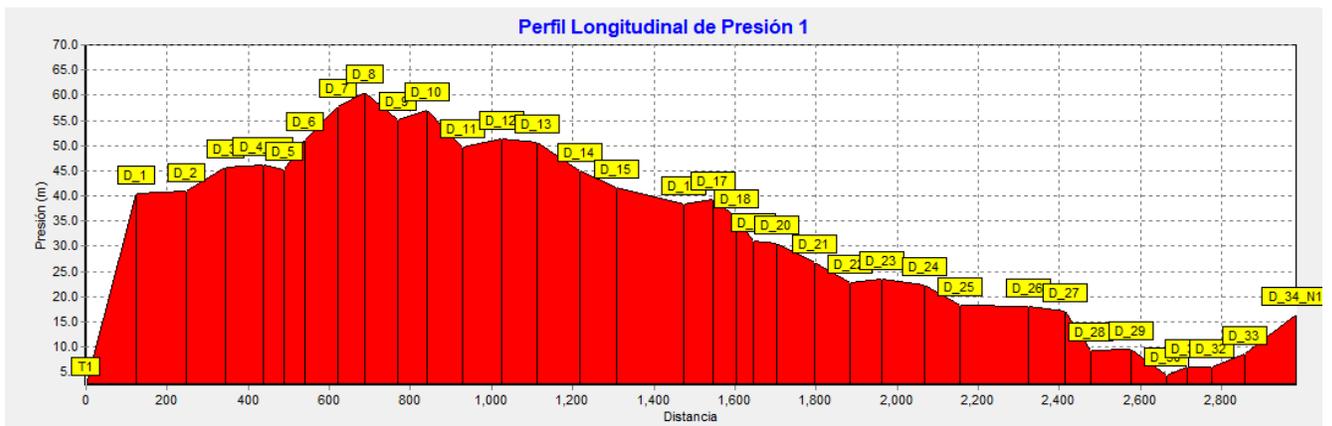
Ilustración 15: Perfil de altura piezométrica de la red de distribución (zona 1)



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 16 se muestra el perfil de presiones observándose que las mayores presiones se presentan en el nodo D_8 que corresponden a 60 m y ocurren en la zona del columpio del terreno natural, mientras que las menores presiones se observan en las cimas donde se localizan las viviendas que alcanzan una mínima en el punto más alto en el nodo D_31 con 5.99m.

Ilustración 16: Perfil longitudinal de presión de la red de distribución (zona 1)



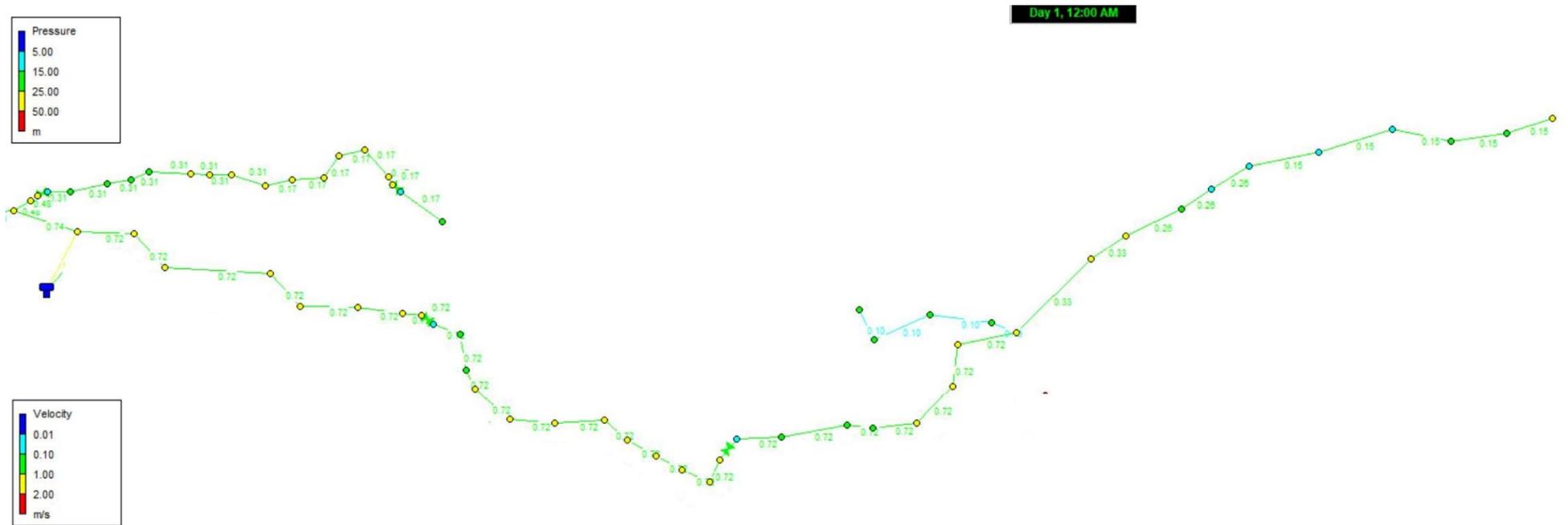
Fuente: Elaboración propia

- **Zona 2**

La zona 2 de la red con relieve menos irregular que la zona 1, pero con la menor concentración de viviendas, para la simulación de la red se tomó una longitud total de 4,637.17m, también se adoptó una tubería PVC 1 ½” SDR 26. El caudal que

circula por la zona 2 es de 1.118 l/s que se dividen en cinco nodos concentrados. Los resultados de la simulación se presentan la tabla 51. Así mismo se presenta la zona 2 de la red en la ilustración 17 y planos anexos lamina 26 a 29.

Ilustración 17: Tipografía de la línea de conducción (Tramo 2).



En la tabla 51 se presentan las longitudes de las tuberías las cuales son PVC 1 ½” SDR 26, con velocidades que oscilaron entre 0.1 m/s y 0.74 m/s, en los tramos con bajas velocidades se instalarán válvulas de limpiezas para evitar la sedimentación en la tubería, las pérdidas de carga oscilaron entre 0.31 m/km y 42.23 m/km, los valores más altos se observaron en los tramos donde se transporta mayor caudal.

Tabla 51: Tuberías de línea de distribución zona 2

ID	Longitud	Diámetro	Velocidad	Perdidas
	m	mm	m/s	m/km
D_58	82.24	44.6	0.72	12.9
D_57	47.09	44.6	0.72	12.9
D_56	124.1	44.6	0.72	12.9
D_55	83.11	44.6	0.72	12.9
D_53	92.81	44.6	0.72	12.9
D_52	57.77	44.6	0.72	12.9
D_51	54.04	44.6	0.72	12.9
D_50	60.88	44.6	0.72	12.9
D_49	55.16	44.6	0.72	12.9
D_48	92.32	44.6	0.72	12.9
D_47	81.57	44.6	0.72	12.9
D_46	85.03	44.6	0.72	12.9
D_45	38.65	44.6	0.72	12.9
D_44	68.13	44.6	0.72	12.9
D_43	53.35	44.6	0.72	12.9
D_41	59.79	44.6	0.72	12.9
D_40	83.38	44.6	0.72	12.9
D_39	106.5	44.6	0.72	12.9
D_38	81.32	44.6	0.72	12.9
D_37	194.5	44.6	0.72	12.9
D_36	588.9	44.6	0.72	12.9
D_35	597.1	44.6	0.72	12.9
D_71	88.9	44.6	0.15	0.76
D_70	103.9	44.6	0.15	0.76
D_69	110	44.6	0.15	0.76
D_68	142.3	44.6	0.15	0.76
D_67	129.7	44.6	0.15	0.76
D_66	82.24	44.6	0.26	2.01

D_65	66.16	44.6	0.26	2.01
D_64	114.6	44.6	0.26	2.01
D_63	76.36	44.6	0.33	3.15
D_62	192.9	44.6	0.33	3.15
DR3_98	49.67	44.6	0.1	0.31
DR3_99	115.9	44.6	0.1	0.31
DR3_100	112.8	44.6	0.1	0.31
DR3_101	61.01	44.6	0.1	0.31
D_61	109.8	44.6	0.72	12.9
D_60	77.17	44.6	0.72	12.9
D_59	91.55	44.6	0.72	12.9
D_2	124.47	44.6	0.74	13.68
Válvula D_42	-	44.6	0.72	42.23
	4,637.17			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 52 se muestra la cota, demanda base, altura piezométrica y presiones observándose que las presiones en el mencionado tramo oscilaron entre 34.81 m y 40.06 m que corresponden a los nodos D_31 y D_38. En los tramos donde se encuentran las conexiones domiciliarias todas las presiones oscilaron entre 8.51m y 40.06m que corresponden a los nodos DR1_78 y D_38. Todos los tramos donde se localizan conexiones domiciliarias cumplen con las presiones establecidas norma, las cuales no deben superar los 50 m y no deben ser menores de 5 m.

Tabla 52: Nodos de línea de distribución zona 2

ID	Cota	Demanda base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
D_58	502.74	0	529.79	27.05
D_57	511.488	0	530.85	19.36
D_56	513.699	0	531.46	17.76
D_55	515.126	0	533.06	17.93
D_54	524.131	0	534.13	10
D_52	514.64	0	555.85	41.21
D_51	521.702	0	556.6	34.89
D_50	521.864	0	557.29	35.43

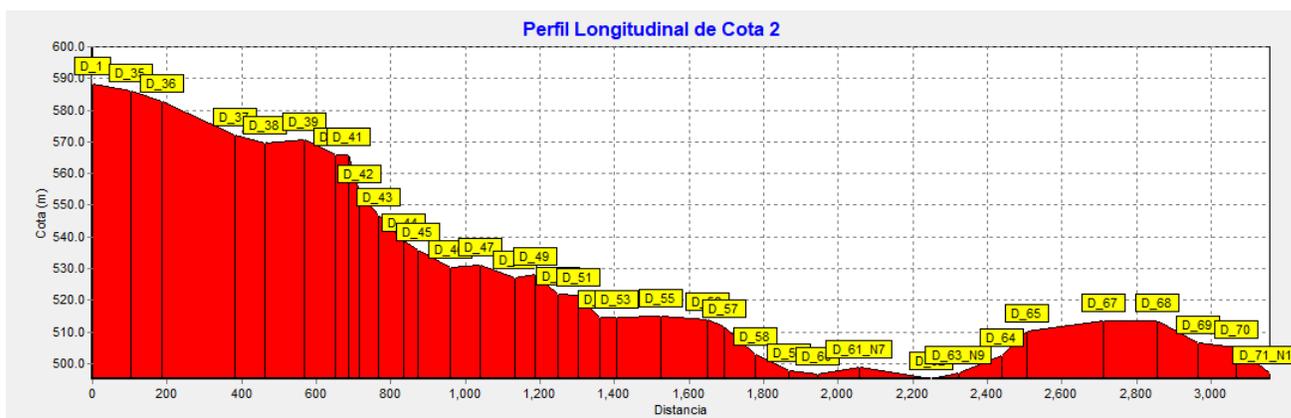
ID	Cota	Demanda base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
D_49	528.302	0	558.08	29.78
D_48	527.218	0	558.79	31.57
D_47	531.096	0	559.98	28.88
D_46	530.371	0	561.03	30.66
D_45	535.716	0	562.13	26.41
D_44	538.819	0	562.63	23.81
D_43	546.716	0	563.51	16.79
D_42	554.197	0	564.2	10
D_40	565.88	0	607.2	41.32
D_39	570.727	0	608.28	37.55
D_38	569.596	0	609.65	40.06
D_37	572.229	0	610.7	38.47
D_36	582.904	0	613.21	30.31
D_35	586	0	620.81	34.81
D_71_N11	497.024	0.242	524.38	27.36
D_70	505.164	0	524.45	19.28
D_69	506.678	0	524.53	17.85
D_68	513.658	0	524.61	10.95
D_67	513.47	0	524.72	11.25
D_66_N10	512	0.168	524.82	12.82
D_65	510.314	0	524.98	14.67
D_64	502.507	0	525.12	22.61
D_63_N9	497.053	0.112	525.35	28.29
D_62	495.161	0	525.59	30.43
D_61_N7	499.003	0.447	526.19	27.19
DR3_98	504.865	0	526.18	21.31
DR3_99	511.116	0	526.14	15.03
DR3_100	502.996	0	526.11	23.11
DR3_101_N8	504.355	0.149	526.09	21.73
D_60	496.616	0	527.61	31
D_59	497.774	0	528.61	30.83
DR2_80	579.616	0	626.21	46.59
DR2_95	548.978	0	584.62	35.64
D_41	565.88	0	606.43	40.55
D_53	514.64	0	554.65	40.01

ID	Cota	Demanda base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
DR2_85	560.638	0	585.48	24.85
DR2_86	560.06	0	585.28	25.22
DR2_87	557.824	0	585.18	27.36
DR2_88	558	0	585.07	27.07
DR2_89_N5	556.146	0.223	584.89	28.74
DR2_90	556.065	0	584.85	28.78
DR2_91	554.976	0	584.79	29.82
DR2_92	555.083	0	584.75	29.67
DR2_93	554.065	0	584.71	30.64
DR2_94	548.978	0	584.65	35.67
DR2_96	540.417	0	550.42	10
DR2_97_N6	530.532	0.261	550.33	19.8
DR1_78_N2	616.086 4,637.17	0.093	624.65	8.57

Fuente: Elaboración propia

La ilustración numero 18 muestra las características del relieve de la zona 2 observándose cotas decrecientes debido al relieve accidentado de la comunidad, seguido de esto se observa un columpio en los nodos D_58 Y D_65 que concluye en una cima.

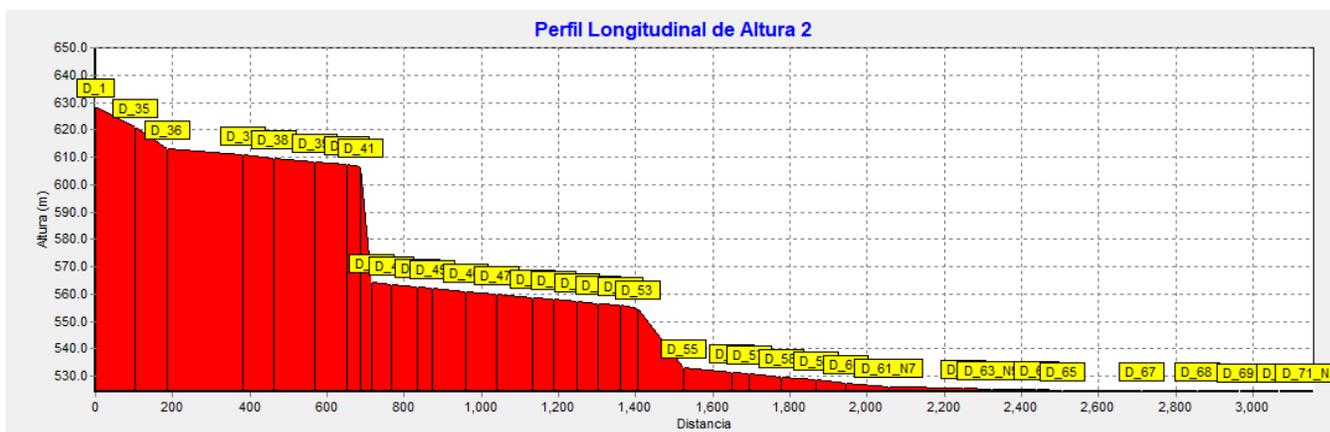
Ilustración 18: Perfil longitudinal de cotas de la red de distribución (Ramal 2)



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 19 se observa la línea de energía cuya mayor pendiente se presenta entre tanque y el nodo D_1, lo cual se debe a que por ese tramo circula todo el caudal que corresponde al consumo máximo horario (2.271 l/s) para posteriormente dividirse en las dos zonas de la red, seguidamente la línea piezométrica muestra una disminución de altura causada por una válvulas reductora de presión que se localiza entre los nodos DR_41 y DR_42 la cual disminuye las alturas de 606.43m a 564.20m, así mismo se observa otra disminución de presiones causadas por una segunda válvula reductora de presión ubicada en los nodos D_53 y D_55, reduciendo las alturas de 554.65m a 534.13m como se observa en la ilustración 19.

Ilustración 19: Perfil de altura piezométrica de la red de distribución (zona 2)

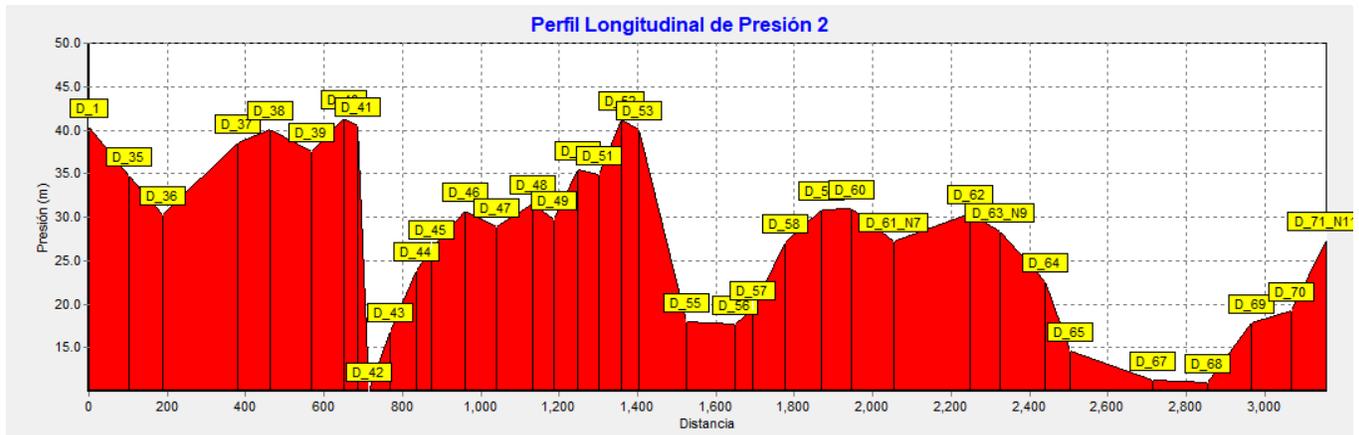


Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 20 se muestra el perfil de presiones observándose que las mayores presiones se presentan en el nodo DR_41 que corresponden a 40.55 m, seguidamente se observa una disminución de la presión debido a la presencia de una válvula reductora de presión entre los nodos DR_41 y DR_42, la cual disminuye la presión de 40.55m a 10m, además se presenta otra disminución de presión a la presencia de otra válvula reductora de presión entre los nodos D_53 y D_55, alcanzándose presiones de 40.01m a 10m.

También se observan dos puntos de presión moderadamente altas, con valores de 31 m y 30.43 m, debido a dos columpios que se presentan después de la última válvula rompe presión, prosigue una zona de bajas presiones que se incrementan al final de la red hasta alcanzar un valor de 27.36 m, como se observa en la ilustración 20.

Ilustración 20: Perfil longitudinal de presión de la red de distribución (zona 2)



Fuente: Elaboración propia

- **Simulación del cloro en la red**

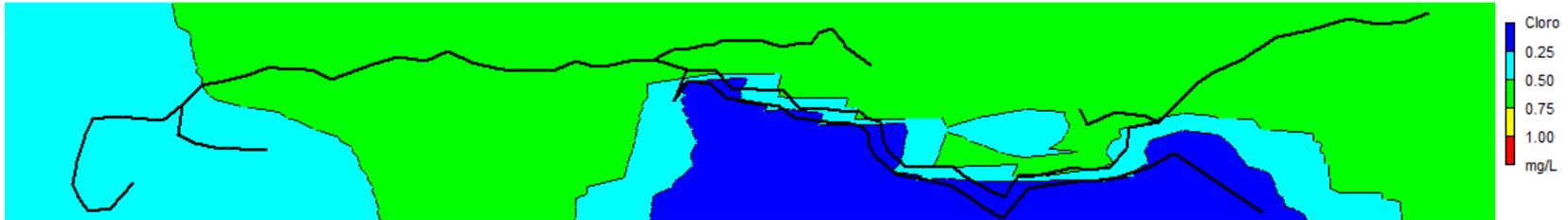
La simulación de cloro se hizo con una dosis de 2.1 mg/L, aplicado con hipoclorador de carga constante por 16 horas o sea mientras se realiza el bombeo.

Se observó en la ilustración 21 que a las 9 horas se alcanzó el cloro en toda la red con valor de cloro residual de 0.44 mg/L en el punto más alejado de la red.

A las 16 horas ilustración 22, el cloro residual persiste en la red alcanzó 0.43 mg/L, este valor desciende a las 24 horas ilustración 23, hasta alcanzar una concentración de cloro residual en el punto alejado de la red de 0.31 mg/L.

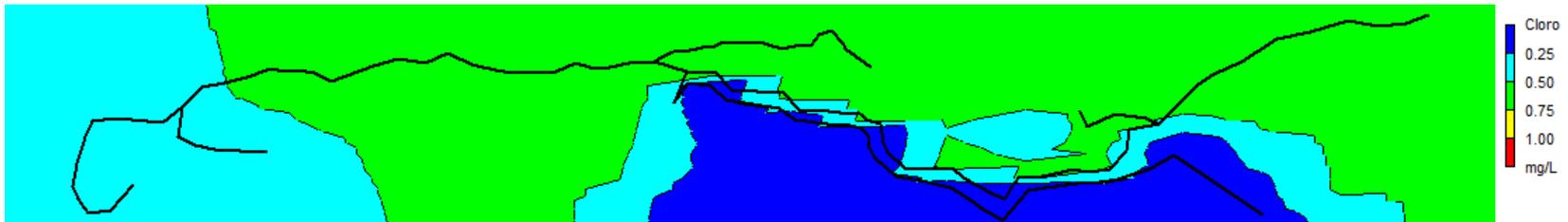
Todos los valores de cloro residual cumplen con la norma la cual recomiendo que la concentración de cloro residual debe estar entre 0.20 a 0.5 mg/L.

Ilustración 21: Concentración de cloro residual a las 9 horas



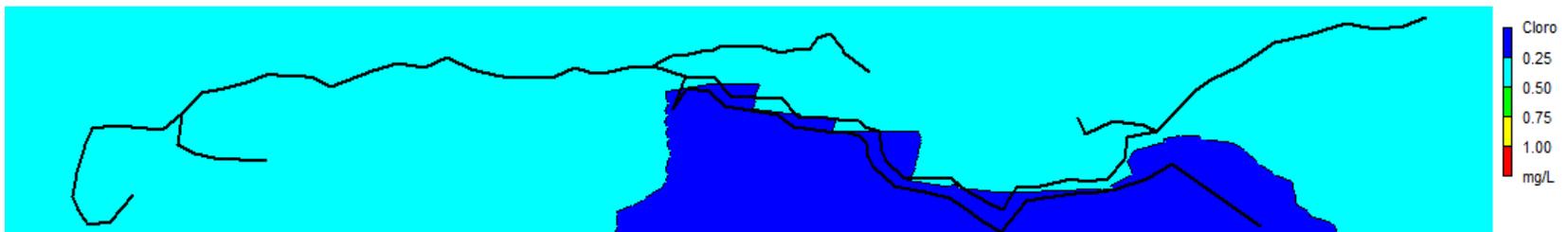
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 22: Concentración de cloro residual a las 16 horas



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23: Concentración de cloro residual a las 24 horas



Fuente: Elaboración propia

4.8. Conexión domiciliar

Los pobladores de la comunidad deberán aportar una parte de la tubería a utilizarse en las tomas domiciliarias. Las conexiones domiciliarias de las personas de la comunidad llegaran hasta el lindero de sus hogares desde ahí la conexión correrá a cuenta de cada propietario.

El diámetro que tendrá cada conexión será de ½" (12.5 mm), esta también poseerá un medidor de flujo volumétrico, con su caja y sus respectivos accesorios (Anexo lamina 36).

Todas las conexiones establecidas deberán estar siempre controladas por un medidor correspondiente o bien por un regulador de flujo, se harán un total de 159 conexiones, que se incrementarán gradualmente hasta dar cobertura a la población de diseño.

4.9. Presupuesto

La formulación de los alcances de presupuesto se elaboró con referencia a (FISE, 2008) donde se plantea el "catálogo de etapas y subetapas" que se formulara en la construcción de dicho proyecto y las cantidades que se estiman en base a los planos presupuestados. Los precios unitarios para algunos conceptos fueron consultados y cotizado con algunos expertos.

En el Anexo 5 se puede observar el costo por etapa del proyecto, así como también el costo total de este, como se muestra en la tabla 53.

Tabla 53: Resumen de costos por etapas

Etapas y sub E.	Descripción	U/M	Cantidad	P/Unit	Coste total C\$
10	Preliminares	m ²	10080.15	C\$16.00	C\$40,320.60
2	Trazo y nivelación	m	9,681.00	C\$15.00	C\$145,215.00
5	Rótulos	c/u	1	C\$8,725.41	C\$8,725.41
320	Línea de conducción		7503.094	C\$548.34	C\$438,343.10
325	Obras varias	c/u	55.5	C\$25,113.55	C\$49,735.89
330	Red de distribución	m ³	16,398.64	C\$1,942.00	C\$712,282.22
25	Válvulas y accesorios	c/u	87	C\$11,084.00	C\$65,539.00
2	Tanque de almacenamiento	GBL	1185.18	C\$122,449.46	C\$183,466.80
8	Cercas perimetrales	c/u	73	C\$4,950.00	C\$17,400.00
340	Obras de toma	c/u	26	C\$120,261.63	C\$211,261.63
3	Caseta de control	m ²	1458.834	C\$132,913.62	C\$531,422.76
8	Cercas perimetrales y portones	c/u	93.5	C\$13,115.28	C\$87,862.54
370	Limpieza final	m ²	27	C\$15.00	C\$405.00
504	Letrina semi-elevadas	c/u	159	C\$432,392.88	C\$2,554,412.74
Total					C\$5,046,392.70

En la tabla 52 se puede apreciar los costos totales por etapas, dando un resultado final de C\$ 5,046,392.70.

4.10. Conclusiones

1. De acuerdo al nivel de ingreso de la familia, éstas tendrán que hacer un esfuerzo adicional para cubrir la tarifa de agua potable.
2. Se encontró que el relieve del terreno donde se construirá el acueducto es muy accidentado, con una diferencia de nivel de 142.53m.
3. El estudio físico-químico y bacteriológico de la fuente cumple con la norma CAPRE y las normas de INAA en lo que a calidad de agua se refiere.
4. Las presiones se cumplen según los parámetros de la norma, pero algunas velocidades de flujo son menores que el mínimo que manda la norma. Tuvieron que incluirse válvulas de limpieza.
5. Debido a la irregularidad del terreno y las altas cargas estáticas se diseñaron válvulas reguladoras de presión.
6. El monto total del proyecto es de C\$5,046,392.70, lo que equivale a una inversión de 9,742.07 córdobas por persona.

4.11. Recomendación

1. Debido a la dispersión de las viviendas se recomienda una inspección permanente de la red de distribución para detectar posibles fugas.
2. La comunidad debe de hacer actividades para obtener ingresos y mantener un flujo de caja positivo para el mantenimiento del mini acueducto.
3. Se recomienda crear obras de protección y siembra de árboles en la zona de recarga del acuífero de la fuente.
4. Se recomienda que las actividades agropecuarias a las que se dedica gran parte de la comunidad se realicen a una distancia prudencial para evitar su contaminación química o biológica.
5. Debido a las bajas velocidades del diseño en algunos tramos, se considera necesario hacer mantenimiento permanente a la válvula de limpieza de la tubería.

Bibliografía

- CAPRE. (1994). *Normas de calidad de agua para consumo humano*. San José: Comité coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana.
- Environmental protection agency (EPA). (2001). *EPANET 2 manual de usuario*. Valencia: Univesidad politéncia de Valencia.
- Escuela universitaria de ingeniería técnica agrícola de Ciudad Real. (2008). *El Golpe de ariete*. Ciudad Real: Ingeniería Rural.
- INAA. (1999). *Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua NTON-09 003 99*. Managua: INAA.
- MIFIC. (2019). *Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable*. Managua: MIFIC.
- Morales. (2015). *Texto Basico De Topografía General*. Managua.
- OMS. (21 de 03 de 2022). *Agua para consumo humano*. Obtenido de Organización mundial de salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- OPS, O. E. (2004). *Analisis Sectorial De Agua Potable Y Saneamiento De Nicaragua*. Managua.
- OPS-COSUDE. (2005). *Guía para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. Lima: OPS/CEPIS/05.161UNATSABAR.

Anexos

Anexo I Formato de encuesta tipo FISE ENCUESTA SOCIOECONÓMICA DE AGUA Y SANEAMIENTO

Proyecto: _____ **Departamento:** _____

Municipio: _____ **Comunidad:** _____ **Fecha:** _____

Quien es Responsable del Hogar: Padre _____ **Madre** _____

Nombre del Encuestado/a: _____

Casa No: _____

1. Datos personales (Iniciar con el jefe(a) de familia) No. de Familias que habitan la casa: _____

Nombres y Apellidos	Parentesco	Sexo		Edad					Nivel de escolaridad	Ocupación
		M	F	1 -5	6 -15	16-25	26-35	+ 36		

En Parentesco se puede completar con: Padre, Madre, Hermano, Hijo, Hija, Sobrino, Nieto, Abuelo, Abuela Tío, Tía, Cuñado, etc.

En Nivel de escolaridad la respuesta puede ser: Analfabeta o Iltrado, Alfabetizado, Primaria, Secundaria, Técnico Medio, Técnico Superior, Universidad., otro conforme responda el entrevistado.

En Ocupación se puede contestar: Agricultor, mecánico, carpintero/Ebanista, docente de primaria, docente de secundaria, Jornalero Agrícola, Ayudante, Albañil, Ama de casa, estudiante, conductor, promotor social, otro conforme responda el entrevistado.

2. CONDICIONES DE LA VIVIENDA (Observar, anotar)

1. La vivienda es: a) Propia__ b) Prestada__ c) Alquilada__
2. ¿Tiene servicio de Energía eléctrica instalado?: Si _____ No: __ valor del último recibo cancelado C\$ _____
3. Las paredes son: a) Bloque _____ b) Ladrillo__ c) Madera _____ d) Ripios _____
- e) Adobe _____ e) Otros (describalo) _____
4. El piso es: a) Ladrillo _____ b) Concreto _____ c) Madera _____ b) Tierra _____
- c) Otros(describalo) _____
5. El techo es: a) Zinc _____ b) Nicalit _____ c) Teja _____ d) Madera e) Palma f) Otros (describalo) _____
6. ¿Cuántas divisiones tiene la vivienda: a) No tiene__ b) Dos_Mas c) Tres d) de tres _____
7. Resumen del estado de la vivienda: a) Buena _____ b) Regular _____ c) Mala _____

3. SITUACIÓN ECONOMICA DE LA FAMILIA

8. ¿Cuántas Personas del hogar trabajan? _____

Dentro de la Comunidad: H _____ M _____ Fuera de la comunidad: H _____ M _____

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

9. ¿En que trabajan? a) Ganadería_b) Agricultura_c) Jornaleros_d) Comerciante _____ e) Otros _____
10. ¿Qué cultivos realizan? a) Arroz_b) Frijoles _____ c) Maíz _____ d) Millón _____

- c) Otros (describalo) _____
11. ¿Tienen Ganado? Si _____ No _____ a) Vacas _____ b) Caballos _____ c) Otros (describalo) _____
12. ¿Tienen animales Domésticos? Si _____ No _____ a) Cerdos _____ b) Gallinas _____ c) _____
- Otros (describalo) _____

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

13. ¿Tienen Letrina? Sí _____ No _____
- ¿En qué estado se encuentra? a) Buena _____ b) Regular _____ c) Mala _____
- El foso está lleno Si _____ No _____ Se llena de agua en invierno Sí _____ No _____

Tipo de Letrina: Estándar sin ventilación _____ Semi elevada ventilada _____ Elevada ventilada _____ Material con que está construida la caseta: Madera _____

Zinc _____ Ladrillo cuarterón _____ Adobe _____ Ripios _____ Plástico _____ otro _____

(describalo) _____

Material del banco: Concreto _____ Madera _____ Fibra de vidrio _____ Plástico _____

Otro (describalo) _____

Material de la Plancha: Concreto _____ Madera _____ Fibra de vidrio _____ Otro (describalo) _____

Si la respuesta es No. Estaría dispuesto/a en construir su letrina a) Si _____ b) No _____

14. ¿Quienes usan la Letrina? a) Adultos _____ b) Niños/as _____
15. ¿El Tipo de suelo donde está construida es? a) Rocoso _____ b) Arenoso _____ c) Arcilloso _____
16. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa? a) tienen pila y la riegan _____ b) La dejan correr por zanja de drenaje _____ d) Tiene pozo de absorción o filtro para drenaje _____
17. ¿Existen charcas en el patio producto de aguas grises? a) Si _____ b) No _____
18. ¿Dónde tienen los animales domésticos? a) Encierro _____ b) Amarrados _____ c) Suelos _____

19. Se observan animales domésticos en el interior de la casa Sí _____ No _____

5. RECURSOS Y SERVICIOS DE AGUA

20. ¿Cuenta con servicio de agua? a) Sí _____ Que tipo: a) Conex. Dom _____

b) Pozo _____ c) Puesto Público _____ d) Otro _____

21. Si No tiene, ¿Cómo se abastece?: Río _____ b) Quebrada _____ c) Otro _____

22. ¿Quién busca o acarrea el agua? a) La mujer _____ b) El hombre _____ c) Los niños/as _____ d) Otros _____

23. ¿A qué distancia acarrea el agua? a) Menos de 100 m _____ b) Menos de 500 m _____
c) _____

Menos de 1 km _____ d) Más de 1 Km _____

24. ¿Cuánto tiempo dedica a acarrear el agua? a) menos de 30 min _____ b) 1 hora _____

_____ c) 2 horas _____ d) Más de 2 horas _____

25. ¿Cuántos viajes realizan para buscar el agua que utilizan diario? _____

26. ¿Cuántos Gln de agua acarrea al día? a) 30 _____ b) 40 _____ c) 50 _____ d) 60 o más _____

27. ¿En qué almacena el agua? a) Barriles _____ b) Bidones _____ c) Pilas _____

28. ¿Los recipientes en que se almacena el agua son seguros para la salud? a) Si _____

_____ b) No _____

29. ¿Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen?: a) Tapados _____ b) Destapados _____

30. ¿La calidad del agua que consume, la considera?: a) Buena _____ b) Regular _____ c) Mala _____

31. ¿Qué condiciones tiene el agua que consumen? a) Mal sabor _____ b) Mal olor _____ c) Salobre _____ d) Otro _____

32. ¿Usted considera que la comunidad necesita mejorar el sistema de agua? a) Si _____ b) No _____

33. ¿Su familia quiere participar en mejorar el sistema de agua?

a) Si _____ b) No _____ c) No sabe _____

34. ¿Su familia estaría dispuesta a aportar mano de obra para la construcción de las obras de mejoramiento del sistema de agua potable? a) Si _____ b) No _____

35. ¿Cuánto paga mensualmente por el servicio de Agua que tiene instalado?

C\$ _____

36. ¿Estaría dispuesto/a en pagar por el servicio de agua mensual? Sí ___ No

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

Organización y Participación Comunitaria:

36. ¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización comunitaria?
¿Sí Que tipo? a) Productiva ___ b) Social ___ c) Religiosa ___ d) Otra _____
¿No Por qué? _____

37. ¿Cuántos miembros del hogar participan en la organización comunitaria?
a) Hombres ___ b) Mujeres ___ c) Total _____

6. SITUACION DE SALUD DE LA FAMILIA

Enfermedades padecidas por los miembros el hogar en el año 2019 (cuantos).

Grupo Etario

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

38. ¿Algún miembro de la familia ha recibido capacitación sobre prácticas de higiene en el hogar? Sí ___ No ___ ¿En qué temas? Lavado de manos: Uso de letrina Uso adecuado del agua _____ de no botar basuras

39. ¿Están vacunados los niños y niñas? a) Si _____ b) No _____
Porque _____

40. ¿Cuántos niños y niñas nacieron en el hogar durante el año 2019,
cuantos fallecieron? Vivos/as: Niñas _____ Niños _____
Fallecidos/as: _____ Niñas _____ Niños _____

Nombre y firma del Encuestador(a)

Nombre y firma del supervisor(a)

Anexo II. Levantamiento topográfico

Tabla 54: Levantamiento topográfico

Punto	X	Y	ELEV
1	568344.311	1489353.7	607.515
2	568339.781	1489334.4	608.506
3	568333.741	1489315.29	611.517
4	568325.665	1489296.91	613.634
5	568317.787	1489278.53	615.637
6	568310.959	1489259.82	616.183
7	568303.344	1489241.37	616.722
8	568295.268	1489223.05	616.439
9	568287.718	1489204.41	616.015
10	568281.088	1489185.63	615.573
11	568276.755	1489166	616.02
12	568277.148	1489146.04	617.585
13	568274.194	1489126.41	619.392
14	568273.275	1489106.52	620.368
15	568281.219	1489088.33	619.812
16	568290.476	1489070.28	618.445
17	568295.597	1489053.28	619.061
18	568303.475	1489033.25	621.222
19	568312.075	1489015.53	623.383

Punto	X	Y	ELEV
20	568327.175	1489002.13	623.981
21	568338.074	1488985.26	623.036
22	568347.134	1488967.6	622.551
23	568355.8	1488949.54	623.416
24	568364.663	1488931.88	624.829
25	568369.061	1488910.74	626
26	568344.311	1489353.7	607.515
27	568339.781	1489334.4	608.506
28	568333.741	1489315.29	611.517
29	568325.665	1489296.91	613.634
30	568317.787	1489278.53	615.637
31	568310.959	1489259.82	616.183
32	568303.344	1489241.37	616.722
33	568295.268	1489223.05	616.439
34	568287.718	1489204.41	616.015
35	568281.088	1489185.63	615.573
36	568276.755	1489166	616.02
37	568277.148	1489146.04	617.585
38	568274.194	1489126.41	619.392
39	568273.275	1489106.52	620.368
40	568281.219	1489088.33	619.812
41	568290.476	1489070.28	618.445
42	568295.597	1489053.28	619.061
43	568303.475	1489033.25	621.222
44	568312.075	1489015.53	623.383
45	568327.175	1489002.13	623.981
46	568338.074	1488985.26	623.036
47	568347.134	1488967.6	622.551
48	568355.8	1488949.54	623.416
49	568364.663	1488931.88	624.829
50	568369.061	1488910.74	626
51	568323.089	1489009.32	623.482
52	568343.277	1489012.37	620.586
53	568363.76	1489011.78	618.42
54	568383.259	1489009.91	617.399
55	568402.462	1489015.13	616.17
56	568420.287	1489024.29	615.437
57	568436.732	1489035.32	615
58	568449.929	1489050.29	614.399
59	568461.844	1489066.34	613.112
60	568470.511	1489084.36	612.419

Punto	X	Y	ELEV
61	568483.116	1489100.02	610.2
62	568506.652	1489105.34	607.481
63	568323.089	1489009.32	623.482
64	568343.277	1489012.37	620.586
65	568363.76	1489011.78	618.42
66	568383.259	1489009.91	617.399
67	568402.462	1489015.13	616.17
68	568420.287	1489024.29	615.437
69	568436.732	1489035.32	615
70	568449.929	1489050.29	614.399
71	568461.844	1489066.34	613.112
72	568470.511	1489084.36	612.419
73	568483.116	1489100.02	610.2
74	568506.652	1489105.34	607.481
75	568671.394	1489389.39	602.996
76	568674.496	1489369.55	606.365
77	568667.959	1489350.61	608.416
78	568659.096	1489332.99	609.076
79	568650.898	1489314.71	608.236
80	568647.353	1489294.99	607.888
81	568660.647	1489280.48	607.897
82	568677.93	1489270.62	608.888
83	568696.986	1489264.31	611.162
84	568716.152	1489259.87	611.683
85	568735.983	1489255.44	610.166
86	568754.706	1489250.13	609.776
87	568774.205	1489244.7	611.168
88	568793.593	1489240.6	612.163
89	568813.313	1489239.82	614.616
90	568833.477	1489238.38	615.572
91	568853.751	1489237.83	616.137
92	568873.471	1489238.6	614.652
93	568893.302	1489241.04	612.903
94	568913.466	1489242.26	613.001
95	568932.854	1489236.72	612.809
96	568952.685	1489235.17	613.676
97	568972.737	1489233.29	615.974
98	568984.259	1489229.08	616.627
99	568671.394	1489389.39	602.996
100	568674.496	1489369.55	606.365
101	568667.959	1489350.61	608.416

Punto	X	Y	ELEV
102	568659.096	1489332.99	609.076
103	568650.898	1489314.71	608.236
104	568647.353	1489294.99	607.888
105	568660.647	1489280.48	607.897
106	568677.93	1489270.62	608.888
107	568696.986	1489264.31	611.162
108	568716.152	1489259.87	611.683
109	568735.983	1489255.44	610.166
110	568754.706	1489250.13	609.776
111	568774.205	1489244.7	611.168
112	568793.593	1489240.6	612.163
113	568813.313	1489239.82	614.616
114	568833.477	1489238.38	615.572
115	568853.751	1489237.83	616.137
116	568873.471	1489238.6	614.652
117	568893.302	1489241.04	612.903
118	568913.466	1489242.26	613.001
119	568932.854	1489236.72	612.809
120	568952.685	1489235.17	613.676
121	568972.737	1489233.29	615.974
122	568984.259	1489229.08	616.627
123	570138.726	1489558.78	577.386
124	570145.041	1489577.84	579.39
125	570149.916	1489596.89	581.743
126	570156.785	1489615.61	585.188
127	570166.977	1489633.01	588.406
128	570176.505	1489650.4	590.223
129	570188.138	1489667.02	591.972
130	570198.441	1489683.31	591.607
131	570207.858	1489701.48	588.874
132	570207.193	1489721.2	587.138
133	570195.339	1489737.48	588.227
134	570180.161	1489750.22	589.666
135	570163.764	1489762.41	591.676
136	570147.921	1489774.26	591.67
137	570133.851	1489788.22	591.913
138	570123.105	1489809.27	593.497
139	570138.726	1489558.78	577.386
140	570145.041	1489577.84	579.39
141	570149.916	1489596.89	581.743
142	570156.785	1489615.61	585.188

Punto	X	Y	ELEV
143	570166.977	1489633.01	588.406
144	570176.505	1489650.4	590.223
145	570188.138	1489667.02	591.972
146	570198.441	1489683.31	591.607
147	570207.858	1489701.48	588.874
148	570207.193	1489721.2	587.138
149	570195.339	1489737.48	588.227
150	570180.161	1489750.22	589.666
151	570163.764	1489762.41	591.676
152	570147.921	1489774.26	591.67
153	570133.851	1489788.22	591.913
154	570123.105	1489809.27	593.497
155	570192.846	1489530.05	582.608
156	570196.087	1489510.42	582.716
157	570199.202	1489490.54	583.363
158	570195.65	1489471.04	585.986
159	570195.463	1489451.22	587.991
160	570200.76	1489437.82	587.647
161	570192.846	1489530.05	582.608
162	570196.087	1489510.42	582.716
163	570199.202	1489490.54	583.363
164	570195.65	1489471.04	585.986
165	570195.463	1489451.22	587.991
166	570200.76	1489437.82	587.647
167	570293.989	1489546.32	581.134
168	570294.612	1489526.38	583.049
169	570293.615	1489506.93	586.08
170	570302.09	1489488.61	590.797
171	570310.067	1489472.41	594.228
172	570293.989	1489546.32	581.134
173	570294.612	1489526.38	583.049
174	570293.615	1489506.93	586.08
175	570302.09	1489488.61	590.797
176	570310.067	1489472.41	594.228
177	570952.734	1489598.29	551.966
178	570953.399	1489581.34	549.069
179	570951.654	1489561.56	546.545
180	570945.339	1489542.37	545.571
181	570952.734	1489598.29	551.966
182	570953.399	1489581.34	549.069
183	570951.654	1489561.56	546.545

Punto	X	Y	ELEV
184	570945.339	1489542.37	545.571
185	570316.174	1489557.04	582.008
186	570332.501	1489566.01	581.739
187	570350.324	1489575.36	582.317
188	570368.397	1489583.83	581.396
189	570386.22	1489593.55	580.146
190	570405.289	1489600.28	579.767
191	570424.857	1489600.41	578.419
192	570444.799	1489598.04	577.732
193	570464.117	1489595.17	575.861
194	570484.683	1489594.55	571.856
195	570504.001	1489594.18	567.74
196	570524.192	1489595.3	568.537
197	570543.636	1489599.54	568.166
198	570563.328	1489606.27	565.879
199	570581.4	1489613.12	565.028
200	570600.221	1489619.98	563.573
201	570619.041	1489626.33	562.547
202	570638.609	1489629.82	561.965
203	570658.675	1489631.19	560.324
204	570678.866	1489630.57	560.869
205	570698.808	1489629.57	561.04
206	570718.999	1489629.45	560.588
207	570738.443	1489628.45	558.985
208	570758.384	1489629.2	557.416
209	570778.949	1489631.32	557.224
210	570798.019	1489626.96	558.224
211	570817.337	1489620.97	558.097
212	570836.282	1489613.87	557.772
213	570854.604	1489607.51	556.374
214	570874.296	1489604.4	555.944
215	570893.116	1489610.26	555.881
216	570911.563	1489619.23	556.43
217	570928.638	1489608.51	554.602
218	570946.959	1489601.16	552.641
219	570965.53	1489608.14	553.542
220	570977.121	1489625.34	555.537
221	570985.223	1489643.66	555.355
222	570997.562	1489659.24	555.255
223	571015.759	1489668.96	554.863
224	571035.202	1489673.2	554.165

Punto	X	Y	ELEV
225	571054.77	1489673.07	553.747
226	571072.095	1489662.1	553.704
227	571077.205	1489643.03	553.767
228	571090.042	1489627.7	550.243
229	571098.517	1489610.26	545.417
230	571109.61	1489593.18	540.731
231	571121.7	1489577.48	537.407
232	571140.271	1489568	534.899
233	571158.218	1489561.02	532.904
234	571176.789	1489552.05	530.982
235	571190.998	1489538.84	530.273
236	570316.174	1489557.04	582.008
237	570332.501	1489566.01	581.739
238	570350.324	1489575.36	582.317
239	570368.397	1489583.83	581.396
240	570386.22	1489593.55	580.146
241	570405.289	1489600.28	579.767
242	570424.857	1489600.41	578.419
243	570444.799	1489598.04	577.732
244	570464.117	1489595.17	575.861
245	570484.683	1489594.55	571.856
246	570504.001	1489594.18	567.74
247	570524.192	1489595.3	568.537
248	570543.636	1489599.54	568.166
249	570563.328	1489606.27	565.879
250	570581.4	1489613.12	565.028
251	570600.221	1489619.98	563.573
252	570619.041	1489626.33	562.547
253	570638.609	1489629.82	561.965
254	570658.675	1489631.19	560.324
255	570678.866	1489630.57	560.869
256	570698.808	1489629.57	561.04
257	570718.999	1489629.45	560.588
258	570738.443	1489628.45	558.985
259	570758.384	1489629.2	557.416
260	570778.949	1489631.32	557.224
261	570798.019	1489626.96	558.224
262	570817.337	1489620.97	558.097
263	570836.282	1489613.87	557.772
264	570854.604	1489607.51	556.374
265	570874.296	1489604.4	555.944

Punto	X	Y	ELEV
266	570893.116	1489610.26	555.881
267	570911.563	1489619.23	556.43
268	570928.638	1489608.51	554.602
269	570946.959	1489601.16	552.641
270	570965.53	1489608.14	553.542
271	570977.121	1489625.34	555.537
272	570985.223	1489643.66	555.355
273	570997.562	1489659.24	555.255
274	571015.759	1489668.96	554.863
275	571035.202	1489673.2	554.165
276	571054.77	1489673.07	553.747
277	571072.095	1489662.1	553.704
278	571077.205	1489643.03	553.767
279	571090.042	1489627.7	550.243
280	571098.517	1489610.26	545.417
281	571109.61	1489593.18	540.731
282	571121.7	1489577.48	537.407
283	571140.271	1489568	534.899
284	571158.218	1489561.02	532.904
285	571176.789	1489552.05	530.982
286	571190.998	1489538.84	530.273
287	572256.1	1489343.45	499.281
288	572232.502	1489342.62	501.965
289	572212.893	1489345.94	504.295
290	572194.031	1489352.26	504.693
291	572175.917	1489360.48	505.911
292	572157.471	1489368.79	507.709
293	572138.194	1489373.7	509.036
294	572118.543	1489379.14	511.45
295	572098.934	1489376.15	512.28
296	572080.196	1489367.59	511.098
297	572063.703	1489355.87	508.356
298	572052.153	1489340.09	505.214
299	572038.111	1489325.63	502.014
300	572017.92	1489324.96	502.234
301	571998.809	1489319.73	502.031
302	571979.282	1489321.56	502.815
303	571969.145	1489338.59	502.472
304	571957.928	1489364.6	503.027
305	572256.1	1489343.45	499.281
306	572232.502	1489342.62	501.965

Punto	X	Y	ELEV
307	572212.893	1489345.94	504.295
308	572194.031	1489352.26	504.693
309	572175.917	1489360.48	505.911
310	572157.471	1489368.79	507.709
311	572138.194	1489373.7	509.036
312	572118.543	1489379.14	511.45
313	572098.934	1489376.15	512.28
314	572080.196	1489367.59	511.098
315	572063.703	1489355.87	508.356
316	572052.153	1489340.09	505.214
317	572038.111	1489325.63	502.014
318	572017.92	1489324.96	502.234
319	571998.809	1489319.73	502.031
320	571979.282	1489321.56	502.815
321	571969.145	1489338.59	502.472
322	571957.928	1489364.6	503.027
323	572379.449	1489472.7	495.039
324	572361.834	1489482.17	495.501
325	572348.788	1489497.46	499.056
326	572334.33	1489511.17	503.654
327	572320.371	1489525.38	508.312
328	572314.139	1489531.03	509.872
329	572379.449	1489472.7	495.039
330	572361.834	1489482.17	495.501
331	572348.788	1489497.46	499.056
332	572334.33	1489511.17	503.654
333	572320.371	1489525.38	508.312
334	572314.139	1489531.03	509.872
335	568149.577	1489466.43	609.219
336	568165.777	1489454.8	610.79
337	568182.164	1489443.18	609.9
338	568197.71	1489430.67	610.097
339	568213.256	1489418.01	609.938
340	568228.616	1489405.13	608.518
341	568243.883	1489392.15	607.561
342	568260.689	1489381.23	608.063
343	568278.383	1489371.51	609.659
344	568298.038	1489363.2	610.07
345	568318.673	1489359.14	609.215
346	568338.842	1489357.6	607.953
347	568358.59	1489356.34	606.373

Punto	X	Y	ELEV
348	568378.618	1489354.71	605
349	568398.6	1489353.77	605
350	568418.628	1489353.31	605.381
351	568438.656	1489351.63	606.75
352	568458.358	1489348.36	606.786
353	568478.059	1489345.56	606.714
354	568498.088	1489343.97	607.383
355	568518.069	1489342.01	608.961
356	568537.958	1489340	608.64
357	568558.033	1489337.2	607.192
358	568578.014	1489335.71	607.39
359	568597.062	1489339.96	606.871
360	568614.102	1489349.43	605.961
361	568629.882	1489361.48	605.36
362	568646.689	1489373.01	605.15
363	568661.769	1489385.05	604.118
364	568675.961	1489399.34	601.433
365	568687.773	1489415.26	601
366	568700.378	1489431.09	600.997
367	568715.458	1489445.75	601.177
368	568731.284	1489458.07	602
369	568749.398	1489469.18	601.108
370	568768.306	1489475.34	600.596
371	568788.661	1489479.45	600
372	568810.09	1489478.38	600.829
373	568829.745	1489479.83	602.006
374	568849.026	1489483.98	602.047
375	568868.308	1489489.82	601.674
376	568887.822	1489496.87	600.404
377	568907.104	1489501.91	598.099
378	568926.198	1489510.08	596.574
379	568944.032	1489519.42	595.827
380	568961.586	1489528.33	595.113
381	568981.334	1489534.36	595.572
382	569001.269	1489536.36	594.529
383	569020.317	1489531.69	594.156
384	569040.159	1489526.61	594.252
385	569060.187	1489527.45	594.045
386	569080.262	1489528.1	591.23
387	569100.15	1489530.25	589.167
388	569119.992	1489529.69	587.456

Punto	X	Y	ELEV
389	569139.693	1489528.71	587.013
390	569159.582	1489523.1	586.074
391	569176.575	1489510.55	584.464
392	569189.227	1489495.19	583.373
393	569205.894	1489486.22	585.61
394	569226.669	1489488.98	587.243
395	569244.457	1489497.89	587.224
396	569263.925	1489505.46	589.003
397	569282.552	1489512.23	590.142
398	569301.414	1489519.14	591.302
399	569320.181	1489525.58	591.963
400	569339.323	1489532.16	590.952
401	569357.39	1489539.96	587.703
402	569375.317	1489549.2	583.679
403	569395.066	1489554.9	578.927
404	569415.001	1489560.73	578
405	569432.881	1489566.66	578.597
406	569452.023	1489571.56	580.067
407	569472.564	1489569.88	580.789
408	569491.099	1489562.93	581.731
409	569510.613	1489556.62	580.122
410	569529.428	1489552.89	577.665
411	569549.55	1489552.98	574.461
412	569568.971	1489554.62	574.021
413	569588.392	1489559.85	572.586
414	569604.639	1489570.77	572
415	569620.326	1489583.42	572.46
416	569638.673	1489591.64	573.985
417	569658.841	1489589.3	575.412
418	569675.929	1489579.5	576.028
419	569692.876	1489568.76	577.491
420	569711.41	1489559.52	577.381
421	569730.458	1489552.52	576.445
422	569749.739	1489548.64	574.143
423	569768.927	1489542.62	572.059
424	569788.208	1489537.02	571.583
425	569807.49	1489531.18	569.575
426	569825.977	1489523.8	567.981
427	569845.679	1489519.14	567.698
428	569866.127	1489517.6	569.175
429	569886.202	1489517.46	570.817

Punto	X	Y	ELEV
430	569906.231	1489517.5	571.989
431	569925.792	1489519.42	570.17
432	569945.4	1489520.58	568.123
433	569965.428	1489521.24	565.263
434	569985.27	1489521.19	565.762
435	570005.345	1489521.19	566.368
436	570025.56	1489521.52	567
437	570045.915	1489527.68	567.936
438	570064.403	1489534.73	570.129
439	570083.17	1489542.39	572.604
440	570102.078	1489551.12	574.74
441	570120.846	1489555.27	575.649
442	570140.594	1489555.55	577.427
443	570159.455	1489548.45	580.047
444	570176.216	1489538	582.34
445	570198.532	1489533.56	581.873
446	570219.027	1489534.92	580.809
447	570238.588	1489539.96	579.21
448	570258.476	1489542.25	580
449	570278.084	1489545.84	579.9
450	570297.132	1489550.98	581.013
451	570317.254	1489553.78	582.398
452	570337.329	1489556.06	583.716
453	570357.124	1489561.43	583.931
454	570377.526	1489565.4	583.444
455	570398.114	1489561.67	585.129
456	570417.442	1489556.9	586.425
457	570436.537	1489551.26	586.976
458	570455.818	1489545.98	586.401
459	570475.006	1489540.52	585.673
460	570494.287	1489534.96	584.165
461	570513.382	1489530.57	584.671
462	570534.157	1489529.41	585.792
463	570553.765	1489531.46	584.316
464	570573.747	1489531.93	584.275
465	570593.122	1489528.24	585.195
466	570611.422	1489521.84	585.633
467	570627.529	1489510.03	586.082
468	570637.8	1489492.9	586.964
469	570647.231	1489475.11	585.338
470	570659.649	1489460.5	582.091

Punto	X	Y	ELEV
471	570678.79	1489457.37	583.082
472	570698.632	1489460.4	585.64
473	570718.613	1489462.79	586.571
474	570738.595	1489463.3	586.368
475	570758.67	1489462.83	586.293
476	570778.605	1489460.97	585.155
477	570798.446	1489459.52	582.369
478	570818.195	1489456.06	579.021
479	570837.756	1489451.91	576.761
480	570857.271	1489447.85	573.644
481	570876.039	1489440.24	573.437
482	570887.663	1489424.18	574.965
483	570899.708	1489408.21	574.83
484	570913.761	1489395.28	572.474
485	570931.642	1489386.31	570.104
486	570950.503	1489380.99	567.318
487	570970.391	1489379.26	565.906
488	570990.326	1489378.66	566.991
489	571010.167	1489379.36	569.444
490	571030.196	1489380.25	570.04
491	571050.317	1489380.67	570.073
492	571070.346	1489379.68	568.427
493	571090.047	1489375.48	567.609
494	571109.048	1489369.65	566.256
495	571128.33	1489364.33	564.277
496	571147.331	1489358.49	560.954
497	571166.519	1489352.23	556.463
498	571185.8	1489347.52	551.317
499	571205.268	1489343.5	548.775
500	571221.795	1489332.44	546.678
501	571229.638	1489314.18	544.198
502	571231.179	1489294.25	541.726
503	571230.152	1489274.36	539.569
504	571229.498	1489254.8	538.701
505	571240.189	1489237.95	536.656
506	571252.514	1489222.77	534.884
507	571266.52	1489208.35	533.363
508	571281.366	1489195.18	532.34
509	571297.006	1489182.67	530.467
510	571313.626	1489171.47	529.367
511	571331.274	1489162.31	529.652

Punto	X	Y	ELEV
512	571350.368	1489158.16	529.545
513	571370.07	1489160.54	530.926
514	571389.865	1489164.09	530.618
515	571409.333	1489168.24	530.104
516	571429.314	1489170.44	529.97
517	571449.296	1489171.51	529.341
518	571469.277	1489172.63	527.948
519	571489.166	1489170.25	527.018
520	571506.159	1489159.79	526.836
521	571520.725	1489146.16	527.509
522	571533.004	1489130.33	527.654
523	571547.243	1489117.08	525.958
524	571565.544	1489109.98	523.413
525	571584.732	1489104.24	520.877
526	571603.173	1489096.21	520.337
527	571620.027	1489085.28	520.412
528	571632.725	1489069.83	517.499
529	571644.91	1489054.56	513.955
530	571663.678	1489049.43	512.723
531	571682.119	1489056.62	513.862
532	571698.039	1489068.38	514.418
533	571712.138	1489082.76	516.503
534	571718.487	1489101.16	519.006
535	571721.569	1489120.9	521.919
536	571732.773	1489136.08	523.173
537	571752.895	1489138.32	519.856
538	571772.876	1489137.71	516.224
539	571792.718	1489138.93	514.844
540	571812.513	1489141.77	514.885
541	571832.354	1489145.32	514.737
542	571851.776	1489149.52	515.78
543	571871.617	1489150.46	516.313
544	571891.319	1489150.27	516.038
545	571910.647	1489154.71	515.204
546	571929.928	1489160.59	513.977
547	571950.237	1489161.85	512.586
548	571969.424	1489156.62	512.149
549	571989.173	1489154.1	510.87
550	572009.201	1489153.07	508.379
551	572028.762	1489154.33	505.459
552	572048.464	1489158.58	503.489

Punto	X	Y	ELEV
553	572067.932	1489162.45	502.242
554	572086.653	1489169.64	501.319
555	572106.214	1489174.45	500.378
556	572123.955	1489181.5	499.164
557	572137.027	1489196.4	497.527
558	572139.128	1489215.21	497.789
559	572130.258	1489232.95	497.859
560	572122.414	1489251.39	496.607
561	572111.35	1489267.45	496.152
562	572092.022	1489273.99	497.322
563	572077.222	1489284.17	497
564	572080.724	1489302.61	497.828
565	572095.056	1489315.63	498.87
566	572114.945	1489318.34	498.174
567	572134.786	1489315.68	497.116
568	572154.721	1489314.14	496.99
569	572173.022	1489306.25	497.021
570	572185.721	1489291.26	495.905
571	572203.695	1489287.29	495.065
572	572219.381	1489298.87	495.569
573	572232.64	1489313.76	497.215
574	572246.039	1489328.52	498.18
575	572256.964	1489345.23	499.363
576	572267.935	1489361.57	500.512
577	572282.267	1489375.58	499.797
578	572297.16	1489388.56	498.279
579	572311.633	1489402.56	496.259
580	572326.339	1489416.19	494.949
581	572340.905	1489429.97	493.579
582	572353.977	1489444.77	492.943
583	572368.123	1489459.19	493.355
584	572383.109	1489472.31	495.16
585	572398.982	1489484.54	496.437
586	572415.229	1489496.03	496.556
587	572432.083	1489506.67	497.154
588	572448.983	1489516.05	497.046
589	572468.918	1489514.61	496.884
590	572488.619	1489516.52	496.97
591	572507.294	1489523.71	496
592	572521.44	1489537.44	497.31
593	572533.158	1489553.78	499.778

Punto	X	Y	ELEV
594	572549.451	1489564.42	502.792
595	572566.772	1489574.04	504.954
596	572582.271	1489586.83	507.088
597	572598.098	1489598.92	510.223
598	572613.831	1489611.06	514.149
599	572629.798	1489623.06	518.789
600	572647.165	1489633.28	520.202
601	572664.766	1489642.43	519.998
602	572683.673	1489649.58	518.78
603	572703.282	1489653.64	516.886
604	572723.263	1489655.83	516
605	572743.198	1489657.79	515.147
606	572762.9	1489660.17	514.45
607	572782.834	1489662.42	513.266
608	572802.909	1489663.02	513.72
609	572822.844	1489664.33	513.821
610	572841.192	1489672.22	513.765
611	572858.419	1489682.07	512.572
612	572875.74	1489692.15	511.993
613	572892.033	1489703.55	513.206
614	572911.081	1489710.13	514.43
615	572931.343	1489708.31	513.569
616	572950.951	1489703.78	511.906
617	572970.139	1489698.78	510.523
618	572989.747	1489693.69	510.116
619	573009.215	1489689.68	509.051
620	573028.823	1489687.3	508.358
621	573048.758	1489687.53	506.576
622	573068.739	1489690.33	506.372
623	573088.628	1489691.22	507
624	573108.189	1489694.86	507
625	573128.264	1489697.24	506.399
626	573147.779	1489699.81	504.793
627	573166.593	1489706.81	502.898
628	573184.848	1489714.75	502.218
629	573202.635	1489723.71	501.288
630	573227.565	1489735.2	497.337

exo III: Aforo de río Estelí

Molinete Gurley modelo 622D

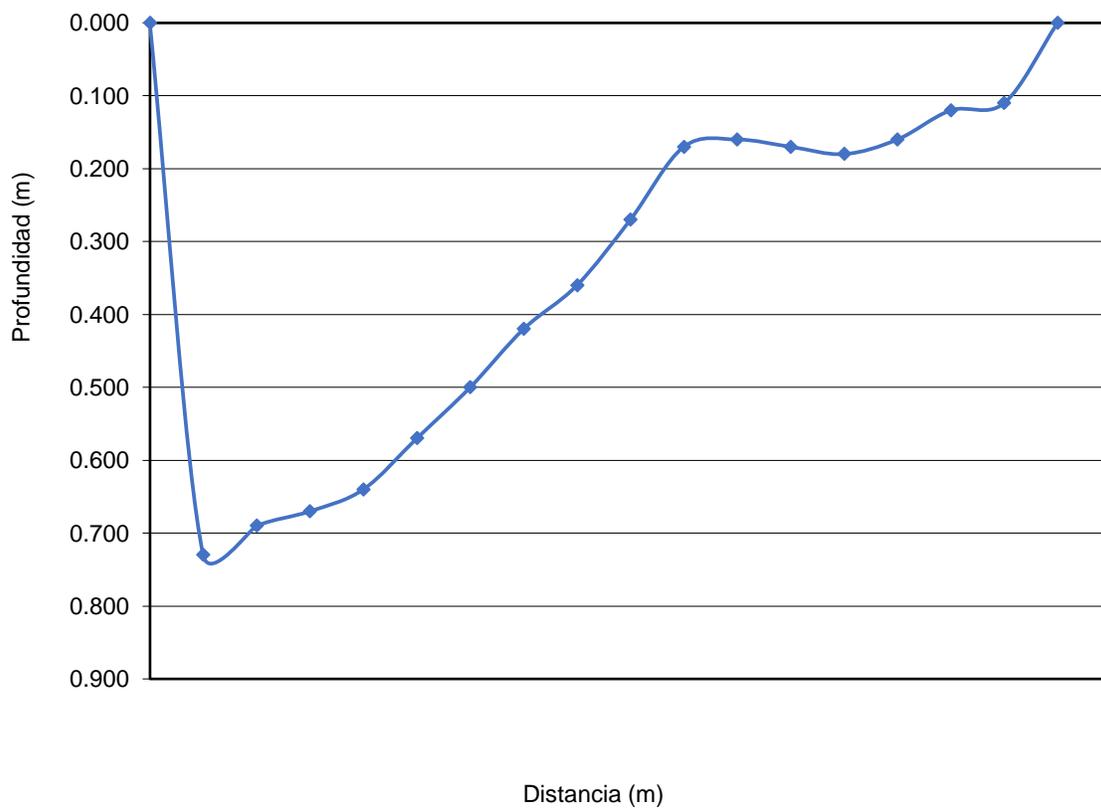
v: Velocidad; As: Ancho de la sección; n: Revoluciones por segundo; A: Area de la sección; Q: Caudal; h: Profundidad

Tabla con datos de campo y cálculos

Si la profundidad de medición es > a 1 m se mide al 40, 60 y 80% de la profundidad si es menor al 60%

Punto	Distancia al punto inicial(m)	Profundidad (M)	Prof. Medición	tiempo	Revoluciones	n	velocidad	Ancho de la	Area	Caudal
			(m)	(s)	(n)	Rev. por seg	(m/s)	sección (m)	(m ²)	(m ³ /s)
Pto inicial	0.00	0.000	0.000	60	0	0.000	0.000	0.25	0.000	0.0000
1	0.50	0.730	0.438	60	46	0.767	0.234	0.50	0.365	0.0853
2	1.00	0.690	0.414	60	65	1.083	0.330	0.50	0.345	0.1140
3	1.50	0.670	0.402	60	66	1.100	0.336	0.50	0.335	0.1124
4	2.00	0.640	0.384	60	70	1.167	0.356	0.50	0.320	0.1139
5	2.50	0.570	0.342	60	65	1.083	0.330	0.50	0.285	0.0942
6	3.00	0.500	0.300	60	64	1.067	0.325	0.50	0.250	0.0813
7	3.50	0.420	0.252	60	53	0.883	0.269	0.50	0.210	0.0566
8	4.00	0.360	0.216	60	55	0.917	0.280	0.50	0.180	0.0503
9	4.50	0.270	0.162	60	44	0.733	0.224	0.50	0.135	0.0302
10	5.00	0.170	0.102	60	57	0.950	0.290	0.50	0.085	0.0246
11	5.50	0.160	0.096	60	40	0.667	0.203	0.50	0.080	0.0163
12	6.00	0.170	0.102	60	35	0.583	0.178	0.50	0.085	0.0151
13	6.50	0.180	0.108	60	38	0.633	0.193	0.50	0.090	0.0174
14	7.00	0.160	0.096	60	39	0.650	0.198	0.50	0.080	0.0159
15	7.50	0.120	0.072	60	32	0.533	0.163	0.50	0.060	0.0098
16	8.00	0.11	0.07	60	19	0.32	0.097	0.50	0.06	0.01
17	8.50	0.000	0.000	60	0	0.000	0.000	0.25	0.000	0.0000
borde	1.00									
	PROMEDIO	0.329			TOTAL			8.50		0.8425

Aforo Rio Esteli-Comunidad Cusmaji-Palacaguina.



Anexo IV: Estudio fisicoquímico y bacteriológico



Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Química
SERFIQ-CETEAL



INFORME DE RESULTADOS DE SERVICIOS DE LABORATORIOS

Tema de Tesis: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento (MABE) para la comunidad Cusmaji, del municipio de Palacagüina, Madriz

Atención: Kairo Josué Lazo/ Sergio Ramón Obando/Juan Antonio Arteaga
Lugar y Fecha: Managua 22 de febrero de 2022

Servicios de Laboratorio: Fisicoquímico, Metales Pesados y Microbiológico para aguas de consumo.

La Facultad de Ingeniería Química a través de la Unidad de Servicios, SERFIQ-CETEAL, les presenta los resultados obtenidos de una muestra de Agua, traído por personal de Uds., a las instalaciones del laboratorio de Ingeniería Ambiental.

Detalles de los Resultados.

Parámetro	Método	Unidad	M1	NORMA CAPRE Consumo Humano	
				VR	VM A
Resultados Fisicoquímicos					
Temperatura	2550-B	°C	24.5	18	30
Conductividad Eléctrica	2510-B	µs/cm	426	400	-
pH	4500 H+	-	7.25	6,5-8,5	
Sulfatos	4500-D	mg/l	32	25	250
Calcio	3500-B	mg/l	42.37	100	-
Magnesio	3500-B	mg/l	15.73	30,0	50,0
Potasio	HACH K	mg/l	1	-	10
Dureza Total	2340-C	mg/l	170.64	400	-
Aluminio	HACH Al	mg/l	0.1	0.2	
Cloruros	4500-D	mg/l	33.22	25	250
Sodio	4500-D	mg/l	13	200	-
Zinc	HACH Zn	mg/l	0.3	-	3,0
Cobre	HACH Cu	mg/l	0.23	1,0	2,0
Solidos Disueltos Totales	2510-B	mg/l	209	1000	
Arsénico	HACH Ar	ppb	< 0.001	-	0,01
Resultados Microbiológicos					
Coliformes Totales	Filtración por membrana	UFC/100 ml	10	Negativo	
Coliformes Fecales	Filtración por membrana	UFC/100 ml	Negativo	Negativo	

M1: muestra de agua. NR: no reporta la norma, Neg.: Negativo, VR: Valor Recomendado, VMA: Valor máximo admisible. ND: No detectado

Descripción de las muestras y comentarios: La fueron presentadas en frascos plásticos. **Métodos Utilizados:** Todos los métodos de análisis consideran los procedimientos del Standard Method for Water and Waste Water Examination (2012). APHA, AWWA Y CEPIS para preparación de muestras y otros específicos según el parámetro a determinar. Atentamente,

Larry Narváez
Ing. Larry Narváez Arauz
Responsable SERFIQ-CETEAL



Anexo V: Presupuesto

Proyecto: Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Cusmaji					
	Departamento: Madriz	Tasa de cambio:	35		
	Municipio: Palacagüina				
	Fecha: febrero de 2022				
Etapas y sub E.	Descripción	U/M	Cantidad	P/Unit	Coste total C\$
10	Preliminares	m²	10080.15	16.00	40320.60
1	Limpieza inicial	m ²	329	4	1316.00
1	Limpieza inicial para predio de captación	m ²	50	4	200.00
8	Limpieza inicial para línea de conducción y distribución	ml	9681.15	4	38724.60
1	Limpieza inicial para predio de tanque	m ²	20	4	80.00
2	Trazo y nivelación	m	9,681.00	15	145,215.00
2	Trazo de eje de tubería de agua potable	m	9681	15	145,215.00
5	Rótulos	c/u	1	8,725.41	8,725.41
5	Rótulo tipo fise de 1,22m x 2,44m (estructura metálica & zinc liso) con base de concreto	c/u	1	8725.41	8725.41
320	Línea de conducción		7503.094	548.34	438343.1017
0	Movimiento de tierras	m³	190.69	155	29556.95
1	Excavación de zanjas 1m de profundidad	m ³	1279.062	80	102324.96
4	Relleno y compactación	m ³	1279.062	75	95929.65
0	Obras sanitarias	GLB	0	0	0
3	Tubería y accesorios de agua potable	ml	480.74	141.67	68106.4358
	Tubería de 2"	m	2131.77	36.67	78172.0059
	Codos 45° de 2"	c/u	10	30	300
	Instalación de tubería de 2"	m	2131.77	30	63953.1
325	Obras varias	c/u	55.5	25113.547	49735.8934
	Bloque de reacción de concreto de 300 PSI ref. de 0.50 c/anclaje p/accesorios con anclaje de varilla de hierro	c/u	3	521.55	1564.65

Proyecto: Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Cusmaji					
	Departamento: Madriz	Tasa de cambio:	35		
	Municipio: Palacagüina				
	Fecha: febrero de 2022				
Etapas y sub E.	Descripción	U/M	Cantidad	P/Unit	Coste total C\$
	Bloque de reacción de concreto de 300 PSI ref. de 0.50 c/anclaje p/accesorios con anclaje de varilla de hierro (solo mano de obra) tuberías, válvulas y accesorios	c/u	3	250	750
	Válvula de boya (flotador) de control de nivel de hierro fundido Dian.= 1 1/2"	c/u	1	6875.68	6875.68
	Válvula de compuerta de hierro fundido diám.= 2" con bridas de hierro fundido de 2" (2c/u)	c/u	1	7053.54	7053.54
	Válvula de compuerta de bronce diám.= 1 1/2"	c/u	1	3303.5	3303.5
	Tapón hembra de hierro galvanizado diám. = 1 1/2"	c/u	2	140.294	280.588
	Tubería de hierro galvanizado diám.= 1 1/2" (no incl. Excavación)	ml	26.5	573.425	15195.7625
	Tee de hierro galvanizado diam.=1 1/2" x 1 1/2" x 1 1/2"	c/u	2	534.223	1068.446
	Codo liso de PVC diám.= 1 1/2", 90° (sch 40) (astm d2466) junta cementada	c/u	1	106.498	106.498
	Adaptador hembra de PVC diám.= 1 1/2"	c/u	2	38.2677	76.5354
	Codo de hierro galvanizado de 1 1/2" x 90°	c/u	1	296.814	296.814
	Caja para protección de válvula hecha de tubo de concreto diám. = 6" alt.=1.20(no incl. exc ni acabados) (no incl. válvula)	c/u	4	565.453	2261.812
	Bloque de reacción de concreto de 3000 psi ref. para válvulas (no incl. excavación, ni acarreo)	c/u	2	122.465	244.93
	Válvula de aire de hierro fundido diám.=3/4" (rosca macho)	c/u	4	1975.1	7900.4
	Válvula o llave de pase de gaveta de bronce diam.= 2" (no incluye excavación para limpieza)	c/u	1	2045.8	2045.8

Proyecto: Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Cusmaji					
	Departamento: Madriz	Tasa de cambio:		35	
	Municipio: Palacagüina				
	Fecha: febrero de 2022				
Etapas y sub E.	Descripción	U/M	Cantidad	P/Unit	Coste total C\$
	Caja para protección de válvula hecha de tubo PVC diám. = 6", (sdr - 41)(no incl. Exc)	c/u	1	710.9375	710.9375
330	Red de distribución	m³	16,398.64	1,942.00	712,282.22
1	Excavación para tubería	m ³	4,469.63	64	286,056.19
3	Instalación de tubería de PVC diam = 1 1/2" (sdr-26) (solo mano de obra)	m	7449.38	20	148,987.60
4	Relleno y compactación manual para tubería	m ³	4,469.63	58	259,238.42
7	Prueba hidrostática (con bomba manual) en tubería hasta diam. = 4", l hasta 300m para proyecto. A. P	c/u	10	1,800.00	18,000.00
25	Válvulas y accesorios	c/u	87	11084	65539
	Válvula de pase de gaveta de bronce diam = 2" con protector de tubo de ho. Go. Incluye excavación	c/u	1	3,975.00	3,975.00
	Válvula de pase de gaveta de bronce diam = 3" con protector de tubo de ho. Go. Incluye exc	c/u	1	3,726.00	3,726.00
	Válvula de aire de bronce diam.= 2" con 1m de tubo PVC diam.= 2" (SDR-26)	c/u	19		
	Válvula de limpieza de bronce diam.= 2" con 1m de tubo PVC diam.= 2" (SDR-26)	c/u	17	3,330.00	56,610.00
	Codo de 45° PVC diam = 2"	c/u	48	25	1200
	Tee lisa de PVC diam = 2"	c/u	1	28	28
	Tanque de almacenamiento	GBL	1185.18	122449.46	183466.801
1	Movimiento de tierra para tanque de almacenamiento	GBL	1	533	533.00
	Excavación manual en t. Natural Prof. = de 0.6 m	m ³	24	120	2,880.00
	Explotación o corte (manual) en banco de préstamo	m ³	16	83	1,328.00

Proyecto: Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Cusmaji					
	Departamento: Madriz	Tasa de cambio:		35	
	Municipio: Palacagüina				
	Fecha: febrero de 2022				
Etapas y sub E.	Descripción	U/M	Cantidad	P/Unit	Coste total C\$
	Acarreo (con camión volquete) de material selecto a 7 kms carga manual incluye derecho de explotación)	m ³	7	188	1,316.00
	Relleno y compactación manual	m ³	24	60	1,440.00
2	Tanque de almacenamiento	GLB	1	99,289.80	99,289.80
	Hierro (en varillas) corrugado (grado 40) diam = 3/8", # 3	lb	142.1	14.97	2,127.24
	Hierro (en varillas) (grado 40) diam = 5/8", # 5	lb	879.2	14.97	13,161.62
	Concreto de 3000 psi (mezclado a mano)	m ³	9.6	3,390.00	32,544.00
	Tapa de acero (A-36) de 0.70 x 0.70, esp= 1/8" con dos candados medianos (incluye pintura anticorrosiva)	c/u	1	856	856
	Caja de registro de ladrillo cuarterón de 2"x6"x12" de 0.60m H = 0.80m	c/u	2	2,945.00	5,890.00
	Codo de PVC diam = 2" x 90°	c/u	2	55	110
	Codo de ho. Go. De 1 1/2" x 90° extremos roscables	c/u	2	190	380
	Codo de ho. Go. De 3" x 45° extremos roscables	c/u	4	496	1984
	Codo de ho. Go. De 3" x 90°	c/u	2	496	992
	Tee de PVC diam = 2"	c/u	2	185.72	371.44
	Válvula de pase de gaveta de bronce diam = 1 1/2" con	c/u	1	3,276.00	3276
	Válvula de pase de gaveta de bronce diam = 3" con protector de tubo de ho. Go. Incluye excavación	c/u	1	4,625.00	4,625.00

Proyecto: Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Cusmaji					
	Departamento: Madriz	Tasa de cambio:	35		
	Municipio: Palacagüina				
	Fecha: febrero de 2022				
Etapas y sub E.	Descripción	U/M	Cantidad	P/Unit	Coste total C\$
	Válvula de pase de gaveta de bronce diam = 4" con protector de tubo de ho. Go. Incluye exc	c/u	1	4,785.00	4,785.00
	Estructuras metalicas				
	Formaleta para vigas Asimicas	m ²	9	250	2,250.00
	Formaleta para fundaciones	m ²	6.5	268	1,742.00
	Desencofrar formaletas en vigas y muros	m ²	42.5	25	1,062.50
	NIVELETA DOBLE DE 1,50 m x 1,50 m	c/u	4	98	392.00
	Piqueteo total en concreto fresco	m ²	0.64	25	16.00
	Repello y fino corriente	m ²	0.64	180	115.20
8	Cercas perimetrales	c/u	73	4950	17400
	Cerco (a) de alambre de púas cal. 13, 7 hiladas c/poste de concreto pretensado a cada 2,50 m	m	50	225	11,250.00
	Puerta de alambre de púas cal. # 13 y madera blanca	c/u	1	450	450.00
	Cerco (a) de alambre de púas cal. 13, 7 hiladas c/poste de concreto pretensado a cada 2,50 m (solo mano de obra)	m	20	75	1,500.00
	Hipoclorador de plástico cap. = 33 galones	c/u	1	3,000.00	3,000.00
	Instalación de clorador	c/u	1	1200	1,200.00
340	Obras de toma	c/u	26	120261.63	211261.63
	Análisis bacteriológico completo + e. Coliforme agua p/a. Potable	c/u	1	5,250	5,250
	Análisis de arsénico	c/u	1	850	850
	Análisis físico-químico de agua	c/u	1	2,788.00	2,788
	Prueba de bombeo (con bomba c/motor sumergible) escalonada	HRS	16	3400	54,400
	Bomba con motor sumergible de 5hp	c/u	3	20,000.00	60,000

Proyecto: Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Cusmaji					
	Departamento: Madriz	Tasa de cambio:		35	
	Municipio: Palacagüina				
	Fecha: febrero de 2022				
Etapas y sub E.	Descripción	U/M	Cantidad	P/Unit	Coste total C\$
	Sarta de tubería de ho. go. + ho. fo. + válvulas diam = 2" para estación de bombeo	c/u	1	75,326.50	75,327
	Válvula de check de ho. Fo. Diam = 2" extremos bridados	c/u	1	3,344.68	3,345
	Panel de control de bomba para motor de arranque de 3/4 hp.	c/u	1	3,302.45	3,302
	Instalación de bomba y sarta con todos sus accesorios (solo mano de obra)	GLB	1	6,000	6,000
3	Caseta de control	m²	1458.834	132913.62	531422.7624
	Preliminares	m²	20.51	75	1538.25
	Limpieza Inicial	m ²	12.92	20	258.4
	Trazo y nivelación	m ²	7.59	55	417.45
	Movimiento de tierras	m³	3.7346	250	933.65
	Cortes	m ³	2.584	100	258.4
	Relleno y compactación	m ³	1.1506	150	172.59
	Fundaciones	m³	3.665	4850	17775.25
	Relleno y compactación	m ³	2.584	150	387.6
	Acero #3	lb	185.48	19.75	3663.23
	Acero #2	lb	31.226	14.4	449.6544
	Alambre de amarre	lb	10.835	27	292.545
	Concreto 3000 psi	m ³	1.081	4700	5080.7
	Formaleta	m ²	4.25	250	1062.5
	Estructuras de acero	ml	25.58	1948	49829.84
	Perlin STD 2X4X1/16"	ml	18.8	608	11430.4
	Caja metálica 4x4	ml	6.78	1340	9085.2
	Estructuras de concreto	m³	1.1235	4700	5280.45
	Acero #3	lb	231.48	19.75	4571.73
	Acero #2	lb	231.74	14.4	3337.056
	Alambre de amarre	lb	23.161	27	625.347
	Concreto 3000 psi	m ³	1.1235	4700	5280.45
	Formaleta para vigas y columnas	m ²	11.75	285	3348.75
	Mampostería	m²	24.2	1020	24684

Proyecto: Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Cusmaji					
	Departamento: Madriz	Tasa de cambio:		35	
	Municipio: Palacagüina				
	Fecha: febrero de 2022				
Etapas y sub E.	Descripción	U/M	Cantidad	P/Unit	Coste total C\$
	Bloque decorativo 30x30	m ²	3.9	500	1950
	Bloque 6x8x12	m ²	20.3	520	10556
	Techo y fascias	m²	16.92	85	1438.2
	Zinc corrugado cal 26 STD 12	m ²	16.92	85	1438.2
	Acabados	m²	20.3	30.15	612.045
	Repello fino	m ²	20.3	30.15	612.045
	Pisos	m³	6	3000	18000
	Concreto simple 2500 psi	m ³	6	3000	18000
	Puertas	c/u	1	8000	8000
	Puerta de madera solida	c/u	1	8000	8000
	Obras metálicas	c/u	1	4000	4000
	Verja marco de tubo 1x1/18"	c/u	1	4000	4000
	Instalaciones eléctricas	m	217	1,000.42	217091.14
	Acometida con tubo de emt diam = 1" con calavera de emt diam = 1" (no incluye conductor)	m	30	195.35	5860.5
	Apagador doble de 15 amp/120v con placa m. De 2 hoyos	c/u	1	155.68	155.68
	Caja de registro eléctrica de emt de 4" x 4"	c/u	1	110.6	110.6
	Caja de registro eléctrica de emt de 2" x 4"	c/u	1	85.6	85.6
	Tubo conduit flexible de 1/2" forrado	m	16	45.36	725.76
	Alambre eléctrico de cobre forrado de #12 awg	m	63	25.3	1,593.90
	Alambre eléctrico de cobre forrado de #10 awg	m	27	38.3	1,034.10
	Breaker de 2 x 50 amperios	m	1	545.6	545.60
	Breaker de 1 x 20 amperios	c/u	1	215.3	215.30
	Alambre eléctrico de cobre forrado n° 14 awg	m	18	26	468.00
	Lámpara (o luminaria) fluorescente de 1 x20 watts con 1 tubo	c/u	2	276.25	552.50
	Estructura eléctrica va5-1:ramal primario;14.4/24.9 kv	c/u	1	3,614.00	3,614.00

Proyecto: Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Cusmaji					
	Departamento: Madriz	Tasa de cambio:		35	
	Municipio: Palacagüina				
	Fecha: febrero de 2022				
Etapas y sub E.	Descripción	U/M	Cantidad	P/Unit	Coste total C\$
	Estructura eléctrica va-5:remate sencillo;14.4/24.9 kv	c/u	1	1,842.26	1,842.26
	Estructura eléctrica g-105: montaje de transformador monofásico (no incl. Transf.)	c/u	1	7,342.20	7,342.20
	Transformador de 10 kva, 14,4/24,9 kv, 120/240 kv (no incl. Estructura) c/u	c/u	1	32,529.87	32,529.87
	Varilla de polo a tierra de cobre diam= 5/8" con 10m de alambre eléctrico de cobre, cable #8 + 5m de tubo	c/u	1	1,443.80	1,443.80
	Canalización eléctrica con tubo de inc. Diam = 1/2" (incl. bridas)	m	16	55.21	883.36
	Canalización eléctrica con tubo de emt de 1" (incl. bridas)	m	16	69.3	1,108.80
	Toma corriente doble polarizado de 15 amp/120v con placa de baquelita.	c/u	1	85.57	85.57
	Estructura eléctrica d1-1:retenida senc.c/perno guardacabo y ancla	c/u	1	2,753.46	2,753.46
	Alambre eléctrico de cobre thnh # 6 awg	m	30	93.56	2,806.80
	Estructura eléctrica m2-1 :polo a tierra con varilla de 5/8" x 8	c/u	1	2,236.15	2,236.15
	Pararrayos de 18 kv	c/u	1	2,578.95	2,578.95
	Estructura eléctrica VA-1 soporte sencillo ángulo 0° a 5°, 14.4/24.9 kv	c/u	1	2,643.61	2,643.61
	Calavera de emt diam = 1 x 3 x 10"	c/u	1	278.19	278.19
	Panel monofásico 8 espacios 120/240v. Barra de 125 amperios	c/u	1	2,904.13	2,904.13
	Instalaciones eléctricas (solo mano de obra)	GBL	1	7,000	7,000.00
	Obras exteriores	m³	0.423	3000	1,269.00
	Anden perimetral	m ³	0.423	3000	1269
	Pintura	m²	13.5	75	1012.5
	Pintura de aceite en paredes	m ²	13.5	75	1012.5

Proyecto: Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de Cusmaji					
	Departamento: Madriz	Tasa de cambio:		35	
	Municipio: Palacagüina				
	Fecha: febrero de 2022				
Etapas y sub E.	Descripción	U/M	Cantidad	P/Unit	Coste total C\$
8	Cercas perimetrales y portones	c/u	93.5	13115.28	87862.54
	Cerco (a) de malla ciclón cal 13, h = 6" con tubo de ho. Go. de 11/2", 1 hilo de p.cant4 hilo arco	m	64	892.02	57,089.28
	Portón de tubo de ho. Go. Diam= 11/2" incl. Columnas de concreto s/va (5.50 m ²)	c/u	1	8,523.26	8,523.26
	Cerco (a) de malla ciclón cal 13, h = 6" con tubo de ho. Go. De 11/2", 1 hilo de p.cant4 hilo arco (solo mano de obra)	m	27.5	700	19,250.00
	Portón de tubo de ho. Go. Diam = 11/2" incl. columnas de concreto s/va (5,50m ²) (solo mano de obra)	c/u	1	3,000	3,000.00
370	Limpieza final	m²	27	15	405
	Total				C\$4,983,554.91

Anexo VI Planos constructivos