

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

# **DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELECTRICO (MABE), EN LA COMUNIDAD EL SONTULE-MIRAFLORES, MUNICIPIO DE ESTELI, DEPARTAMENTO DE ESTELI**

Trabajo Monográfico para optar al título de  
Ingeniero civil

**Elaborado por:**

**Tutor:**

Br. Beiling Rocha  
Gutiérrez

Carnet:2018-0082N

Br. Eda Lisseth  
Rodríguez Gutiérrez

Carnet:2018-0345N

Br. Marcos Alfredo  
Rayo Izaguirrez

Carnet:2018-0143N

Ing. Juan Leonardo  
Chow

14 de junio de 2024

Managua, Nicaragua

## **Agradecimiento**

En primer lugar, nuestro infinito agradecimiento a Dios, dador de la vida y sabiduría, por habernos dado capacidad, fuerza y valor para el desarrollo del trabajo de tesis.

Agradecemos la confianza y el apoyo brindado tanto moral como económico por parte de nuestra familia y hacer posible nuestra formación profesional.

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

Al Ing. Juan Leonardo Chow por haber sido nuestro tutor de tesis, por su gran apoyo durante todo este tiempo en la elaboración de este documento.

Br. Beiling Rocha Gutiérrez

Br. Eda Lisseth Rodríguez Gutiérrez

Br. Marcos Alfredo Rayo Izaguirrez

**Dedicatoria**

A Dios nuestro Señor que, con su infinito amor y sabiduría a través de su espíritu nos guió e iluminó nuestro camino hacia el entendimiento durante el proceso de formación y culminación de la carrera profesional.

A nuestra familia que son nuestro pilar fundamental y mayor bendición, por su amor, comprensión, sacrificio y apoyo incondicional en nuestra formación personal y profesional.

A nuestros maestros por brindarnos su tiempo y compartir sus conocimientos que es la herramienta más valiosa de la vida.

Br. Beiling Rocha Gutiérrez

Br. Eda Lisseth Rodríguez Gutiérrez

Br. Marcos Alfredo Rayo Izaguirrez

## **Resumen ejecutivo**

El presente estudio describe el diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico destinado a la comunidad El Sontule - Mirafior, en el municipio de Estelí, departamento homónimo, la cual tendrá una población de 598 habitantes en el año 2043.

Se realizó un estudio socioeconómico encontrando que el 70% de las familias tienen ingresos menores a C\$ 6,000.00, por lo que se considera una población de bajos ingresos.

Además, se hizo un estudio topográfico observándose un terreno montañoso con una elevación mínima de 1175.23 msnm y máxima de 1372.72 msnm.

Paralelamente, se realizó un análisis de la calidad del agua, encontrándose que casi todos los parámetros establecidos por la norma CAPRE cumplen con los valores críticos recomendados, excepto turbiedad, hierro, coliforme total y fecal no cumple, no obstante, estos resultados no afectan la salud de la población, pero inciden en el sabor del agua.

Así mismo, se diseñó una red abierta con bombeo a tanque y distribución por gravedad, para satisfacer a 86 familias. La línea de conducción fue de 3547.76 m, y conduce un caudal de 1.47 l/s con una velocidad media de 0.69 m/s y carga dinámica total de 238.09 m, energía que deberá suministrarse mediante una bomba sumergible franklin Electric Tree-Seal de 25 GPM.

Además, el tanque de almacenamiento de polietileno de alta densidad tendrá una capacidad de 15 m<sup>3</sup>, se realizará la desinfección con hipo - clorador de carga constante que aplicará hipoclorito de sodio al 2 % a una tasa de 4.69 l/h, para garantizar una concentración de cloro residual entre 0.73 mg/l a 1.14 mg/l.

La red de distribución se compone de cuatro tramos, con longitudes de 3,825.67 m, 3,157.61 m, 1,115.43 m y 138.88 m para el tramo 4, tramo 1, tramo 2 y tramo 3 respectivamente. Un caudal de 1.57 l/s que corresponde al consumo máximo horario, se distribuyó en 12 nodos, así mismo de acuerdo a la demanda en los nodos las velocidades variaron entre 0.08 m/s a 1.00 m/s.

El coste total del proyecto dividido en 9 etapas según la metodología FISE se estimó en C\$ 8,983,010.76.

## INDICE

I.	GENERALIDADES .....	1
1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Antecedentes .....	2
1.3.	Justificación.....	3
1.4.	Objetivos .....	4
1.4.1.	Objetivo General .....	4
1.4.2.	Objetivos Específicos .....	4
II.	MARCO TEÓRICO .....	5
2.1.	Estudio Socioeconómico .....	5
2.2.	Levantamiento Topográfico .....	5
2.3.	Aforo .....	6
2.4.	Calidad del Agua .....	6
2.5.	Diseño Hidráulico para Sistema de Agua Potable .....	7
2.5.1.	Fuente de Abastecimiento.....	7
2.5.2.	Población de Diseño .....	7
2.5.3.	Proyección de la Población .....	7
2.5.4.	Periodo de Diseño.....	8
2.5.5.	Dotación.....	8
2.5.6.	Demanda .....	9
2.5.6.1.	Fugas.....	9

2.5.6.2.	Variaciones de Consumo.....	9
2.5.7.	Línea de Conducción.....	10
2.5.8.	Tanque.....	10
2.5.9.	Red de Distribución.....	11
2.5.10.	Conexiones Domiciliares.....	12
2.5.11.	Presupuesto.....	12
III.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	14
3.1.	Tipo de Estudio.....	14
3.2.	Micro y Macro Localización.....	14
3.3.	Estudio Socioeconómico.....	17
3.4.	Estudio Topográfico.....	17
3.4.1.	Etapas de Campo.....	17
3.4.2.	Etapas de Gabinete.....	18
3.5.	Aforo de la Fuente.....	18
3.6.	Calidad del Agua.....	18
3.7.	Diseño de Mini Acueducto MABE.....	19
3.7.1.	Proyección de Población.....	19
3.7.2.	Dotación.....	20
3.7.3.	Demanda.....	20
3.7.3.1.	Consumo Doméstico.....	20
3.7.3.2.	Consumo Público o Institucional.....	20

3.7.3.3.	Consumo Promedio Diario .....	21
3.7.3.4.	Pérdidas Volumétricas .....	21
3.7.4.	Caudal de Diseño.....	22
3.7.4.1.	Consumo Máximo Diario .....	22
3.7.4.2.	Consumo Máximo Horario.....	22
3.7.4.3.	Caudal de Bombeo.....	23
3.7.5.	Diseño Hidráulico del Sistema.....	23
3.7.5.1.	Diseño de la Columna de Bombeo .....	23
3.7.5.2.	Sarta .....	25
3.7.5.3.	Línea de Impulsión .....	27
3.7.6.	Golpe de Ariete .....	29
3.7.6.1.	Tiempo del Ciclo de la Onda de Presión .....	30
	El tiempo del ciclo de la onda de presión se calculó mediante la ecuación 18. ...	30
3.7.6.2.	Tiempo de Parada.....	30
3.7.6.3.	Tiempo Critico .....	31
3.7.6.4.	Longitud Critica .....	31
3.7.6.5.	Longitud de Máxima Presión .....	31
3.7.6.6.	Tipo de Impulsión.....	32
3.7.6.7.	Cálculo de Sobre Presión.....	32
3.7.6.8.	Potencia de la Bomba .....	33
3.7.6.9.	Selección de la Bomba Comercial.....	33

3.7.7.	Tanque de Almacenamiento.....	33
3.7.8.	Desinfección.....	34
3.7.9.	Simulación Hidráulica .....	35
3.7.9.1.	Simulación de la Línea de Conducción.....	36
3.7.9.2.	Red de Distribución .....	36
3.7.9.3.	Simulaciones a Efectuarse .....	37
3.7.9.4.	Simulación del Cloro .....	37
3.8.	Presupuesto .....	37
IV.	RESULTADOS DEL ESTUDIO .....	37
4.1.	Estudio Socioeconómico .....	38
4.1.1.	Población .....	38
4.1.2.	Economía Familiar .....	40
4.2.	Estudio Topográfico .....	58
4.3.	Aforo y Calidad del Agua.....	59
4.3.1.	Aforo de la Fuente.....	59
4.3.2.	Calidad del Agua.....	61
4.4.	Diseño de Mini Acueducto MABE.....	63
4.4.1.	Periodo de Diseño.....	63
4.4.2.	Tasa de Crecimiento .....	63
4.4.3.	Proyección de la Población .....	64
4.4.4.	Dotación.....	66

4.4.5.	Demanda .....	66
4.4.5.1.	Consumo Doméstico .....	66
4.4.5.2.	Consumo Público o Institucional.....	66
4.4.5.3.	Consumo Promedio Diario .....	67
4.4.5.4.	Pérdidas Volumétricas .....	67
4.4.6.	Caudal de Diseño.....	67
4.4.6.1.	Consumo Máximo Diario .....	67
4.4.6.2.	Consumo Máximo Horario.....	68
4.4.7.	Diseño Hidráulico del Sistema.....	68
4.4.7.1.	Caudal de Bombeo.....	68
4.4.7.2.	Diseño de la Columna de Bombeo .....	68
4.4.7.3.	Sarta .....	70
4.4.7.4.	Línea de Impulsión .....	73
4.4.8.	Golpe de Ariete .....	80
4.4.8.1.	Tiempo del Ciclo de la Onda de Presión .....	82
4.4.8.2.	Tiempo de Parada.....	82
4.4.8.3.	Tiempo Crítico.....	83
4.4.8.4.	Longitud Critica .....	84
4.4.8.5.	Longitud de Máxima Presión .....	84
4.4.8.6.	Tipo de Impulsión.....	84
4.4.8.7.	Cálculo de Sobrepresión .....	85

4.4.8.8.	Cálculo Presión Total .....	85
4.4.8.9.	Potencia de la Bomba .....	86
4.4.8.10.	Selección de la Bomba Comercial .....	86
4.4.9.	Tanque de Almacenamiento.....	88
4.4.9.1.	Volumen de Tanque.....	88
4.4.9.2.	Tipo de Tanque .....	89
4.4.9.3.	Ubicación del Tanque.....	89
4.4.10.	Desinfección .....	89
4.4.11.	Simulación Hidráulica .....	90
4.4.11.1.	Simulación de la Línea de Conducción .....	91
4.4.11.2.	Simulación de la Red de Distribución.....	100
4.4.11.3.	Simulación sin Consumo. ....	140
4.4.11.4.	Simulación de Cloro.....	150
4.5.	Presupuesto .....	152
Anexo 1.	Formato de encuesta para estudio socioeconómico .....	I
Anexo 2:	Fuente de abastecimiento.....	IV
Anexo 3:	Prueba de Bombeo.....	V
Anexo 4:	Estudio de la calidad del agua .....	VI
Anexo 5:	Presupuesto .....	IX

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Población por rango de edades</i> .....	39
<b>Tabla 2</b> <i>Personas que trabajan acuerdo a su sexo</i> .....	40
<b>Tabla 3</b> <i>Ingreso económico mensual</i> .....	42
<b>Tabla 4</b> <i>Tenencia de la vivienda</i> .....	43
<b>Tabla 5</b> <i>Materiales de la vivienda</i> .....	44
<b>Tabla 6</b> <i>Rubros a los que se dedican las familias</i> .....	46
<b>Tabla 7</b> <i>Tipo de actividad agrícola</i> .....	47
<b>Tabla 8</b> <i>Tipo de actividad ganadera</i> .....	48
<b>Tabla 9</b> <i>Tipo de animales domésticos</i> .....	49
<b>Tabla 10</b> <i>Sistema de saneamiento</i> .....	50
<b>Tabla 11</b> <i>Estado de las letrinas en la comunidad</i> .....	51
<b>Tabla 12</b> <i>Manejo de las aguas residuales del hogar</i> .....	52
<b>Tabla 13</b> <i>Viviendas con servicio de agua cruda</i> .....	53
<b>Tabla 14</b> <i>Calidad de agua cruda en la comunidad</i> .....	54
<b>Tabla 15</b> <i>Enfermedades por rango de edad</i> .....	56
<b>Tabla 16</b> <i>Caudal y Descenso</i> .....	60
<b>Tabla 17</b> <i>Tasa de crecimiento</i> .....	64
<b>Tabla 18</b> <i>Población proyectada comunidad Sontule</i> .....	65
<b>Tabla 19</b> <i>Pérdidas por accesorio en la sarta</i> .....	72
<b>Tabla 20</b> <i>Progresivas de la línea de conducción</i> .....	74

<b>Tabla 21</b>	<i>Valores de C según la gradiente hidráulica .....</i>	<b>83</b>
<b>Tabla 22</b>	<i>Valores de K según la longitud de la línea de conducción .....</i>	<b>83</b>
<b>Tabla 23</b>	<i>Tuberías y sus características, variables hidráulicas de la línea de conducción .....</i>	<b>92</b>
<b>Tabla 24</b>	<i>Cotas y presiones de la línea de conducción.....</i>	<b>95</b>
<b>Tabla 25</b>	<i>Nodos de demanda .....</i>	<b>101</b>
<b>Tabla 26</b>	<i>Tuberías y sus características, variables hidráulicas tramo 1-A.....</i>	<b>103</b>
<b>Tabla 27</b>	<i>Cotas y presiones tramo 1-A.....</i>	<b>105</b>
<b>Tabla 28</b>	<i>Tuberías y sus características, variables hidráulicas tramo 1-B.....</i>	<b>110</b>
<b>Tabla 29</b>	<i>Cotas y presiones tramo 1-B.....</i>	<b>112</b>
<b>Tabla 30</b>	<i>Tuberías y sus características, variables hidráulicas tramo 2 .....</i>	<b>117</b>
<b>Tabla 31</b>	<i>Cotas y presiones tramo 2.....</i>	<b>119</b>
<b>Tabla 32</b>	<i>Tuberías y sus características, variables hidráulicas tramo 3 .....</i>	<b>123</b>
<b>Tabla 33</b>	<i>Cotas y presiones tramo 3.....</i>	<b>124</b>
<b>Tabla 34</b>	<i>Tuberías y sus características, variables hidráulicas tramo 4 .....</i>	<b>127</b>
<b>Tabla 35</b>	<i>Cotas y presiones tramo 4.....</i>	<b>132</b>
<b>Tabla 36</b>	<i>Presiones máximas en la red sin consumo.....</i>	<b>140</b>
<b>Tabla 37</b>	<i>Etapas del presupuesto.....</i>	<b>153</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Micro localización de la zona de estudio</i> .....	15
<b>Figura 2</b> <i>Macro localización de la zona de estudio</i> .....	16
<b>Figura 3</b> <i>Distribución porcentual de la población por rango de edades</i> .....	39
<b>Figura 4</b> <i>Distribución del trabajo porcentual según su sexo</i> .....	41
<b>Figura 5</b> <i>Distribución porcentual del ingreso</i> .....	42
<b>Figura 6</b> <i>Porcentaje según tenencia de las viviendas</i> .....	43
<b>Figura 7</b> <i>Distribución porcentual por tipo de materiales</i> .....	45
<b>Figura 8</b> <i>Distribución porcentual por rubros</i> .....	46
<b>Figura 9</b> <i>Distribución porcentual por tipos de cultivos</i> .....	47
<b>Figura 10</b> <i>Distribución porcentual por tipos de actividad ganadera</i> .....	48
<b>Figura 11</b> <i>Distribución porcentual por tipos de animales domésticos</i> .....	49
<b>Figura 12</b> <i>Sistema de saneamiento en el hogar</i> .....	50
<b>Figura 13</b> <i>Porcentaje de letrinas en la comunidad según su estado</i> .....	51
<b>Figura 14</b> <i>Manejo de las aguas residuales del hogar</i> .....	53
<b>Figura 15</b> <i>Porcentaje de viviendas con servicio de agua cruda</i> .....	54
<b>Figura 16</b> <i>Porcentaje de calidad del agua en la comunidad</i> .....	55
<b>Figura 17</b> <i>Distribución porcentual de enfermedades por rango de edad</i> .....	57
<b>Figura 18</b> <i>Área de estudio topográfico</i> .....	59
<b>Figura 19</b> <i>Curva tipo del pozo El Sontule - Estelí</i> .....	61
<b>Figura 20</b> <i>Esquema de sobre presión</i> .....	75

<b>Figura 21</b> <i>Esquema de sobre presión</i> .....	86
<b>Figura 22</b> <i>Nomograma de operación de la bomba</i> .....	87
<b>Figura 23</b> <i>Topología de la red, comunidad El Sontule</i> .....	90
<b>Figura 24</b> <i>Línea de conducción</i> .....	91
<b>Figura 25</b> <i>Perfil de cota del terreno</i> .....	98
<b>Figura 26</b> <i>Perfil de línea piezométrica</i> .....	99
<b>Figura 27</b> <i>Perfil de presiones</i> .....	99
<b>Figura 28</b> <i>Red de distribución El Sontule</i> .....	100
<b>Figura 29</b> <i>Línea de distribución tramo 1- A y 1 - B</i> .....	102
<b>Figura 30</b> <i>Perfil de cota del terreno tramo 1 - A</i> .....	108
<b>Figura 31</b> <i>Perfil de línea piezométrica tramo 1-A</i> .....	108
<b>Figura 32</b> <i>Perfil de presiones 1-A</i> .....	109
<b>Figura 33</b> <i>Perfil de cota del terreno tramo 1 B</i> .....	115
<b>Figura 34</b> <i>Perfil de línea piezométrica</i> .....	115
<b>Figura 35</b> <i>Perfil de presiones</i> .....	116
<b>Figura 36</b> <i>Línea de distribución tramo 2</i> .....	117
<b>Figura 37</b> <i>Perfil de cota de terreno</i> .....	120
<b>Figura 38</b> <i>Perfil de línea piezométrica</i> .....	121
<b>Figura 39</b> <i>Perfil de presiones</i> .....	121
<b>Figura 40</b> <i>Línea de distribución tramo 3</i> .....	122
<b>Figura 41</b> <i>Perfil de cota del terreno</i> .....	124

<b>Figura 42</b> <i>Perfil de línea piezométrica</i> .....	125
<b>Figura 43</b> <i>Perfil de presiones</i> .....	125
<b>Figura 44</b> <i>Línea de distribución tramo 4</i> .....	126
<b>Figura 45</b> <i>Perfil de cota del terreno</i> .....	138
<b>Figura 46</b> <i>Perfil de línea piezométrica</i> .....	139
<b>Figura 47</b> <i>Perfil de presiones</i> .....	139
<b>Figura 48</b> <i>Simulación cloro a 6 horas</i> .....	151
<b>Figura 49</b> <i>Simulación de cloro a 12 horas</i> .....	151
<b>Figura 50</b> <i>Simulación de cloro a 24 horas</i> .....	152

## I. GENERALIDADES

“El agua es la fuerza motriz de toda naturaleza”

Leonardo Da Vinci

## **1.1. Introducción**

El agua constituye uno de los elementos esenciales para la vida del ser humano, cada persona necesita 2 a 3 litros de este vital líquido para vivir. Cabe mencionar que el agua potable en calidad y cantidad suficiente es fundamental para la reducción de enfermedades de origen hídrico en niños y adultos. Afirma la Organización mundial de Salud (OMS) que una mala potabilización y un deficiente saneamiento aumenta la morbilidad infantil en distintos países del mundo.

En estas circunstancias, según los líderes del comité de agua potable y saneamiento (CAPS), el principal problema que afectan la comunidad El Sontule, es la falta de acceso a agua con calidad, cantidad, así como el servicio las 24 horas del día para el abastecimiento de las familias.

Por lo tanto, la directiva del CAPS proponen como alternativa para restituir el derecho al agua a las familias la utilización de un pozo perforado por la alcaldía municipal, como fuente para un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), acción que permitirá hacer las gestiones necesarias para el diseño del mismo.

Así mismo, el diseño del mini acueducto se basará en la norma NTON 09 007-19, para lo cual se elaborará un estudio socioeconómico, también se hará una caracterización de la calidad de agua y aforo, así como un estudio topográfico. Los estudios mencionados servirán de base para el diseño de los componentes hidráulicos del MABE, siguiendo los criterios de diseño de la norma antes mencionada.

Con la ejecución del MABE se logrará reducir las enfermedades de origen hídrico, así mismo se contribuirá a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comunidad.

## 1.2. Antecedentes

Entre los principales desafíos globales relacionados con el acceso del agua, existen 2,200 millones de personas que carecen del servicio de agua potable gestionados de forma segura. Además, casi 2,000 millones de personas dependen de centros de atención a la salud que carecen de servicios básicos de agua (OMS/UNICEF 2020).

En el caso de Nicaragua, según datos del SIASAR, hay una población rural de 1,149,429 habitantes servida con agua potable, de las cuales 50,926 habitantes corresponden al departamento de Estelí y 5,727 habitantes al municipio homónimo.

Así mismo a nivel nacional existen 4,692 sistemas de agua potable, de los cuales 965 son MABE, también en el departamento de Estelí existen 74 MABE, de los cuales en el municipio homónimo hay 62 (SIASAR NICARAGUA, 2023).

Por otra parte, la población rural de la comunidad el Sontule actualmente carece del servicio de agua potable por lo que sus habitantes se abastecen de agua cruda, la cual es servida cada dos días a la semana por sector.

Según los líderes del CAPS esto se debe a que el actual sistema de distribución que ya dio su vida útil, fue instalado con desconocimiento de la norma nacional afectando los caudales y presiones, así como el dimensionamiento del tanque de almacenamiento, el cual según los entrevistados no abastece a la población.

Así mismo se presentaban cortes del suministro eléctrico lo que agudizaba el acceso al agua y favorecía la contaminación de la misma, debido a que la red de abastecimiento sin agua en la tubería era propensa a la contaminación por el ingreso de patógenos. Actualmente el suministro de energía se ha estabilizado por las gestiones del buen gobierno.

### 1.3. Justificación

Nicaragua se ha comprometido con el objetivo de desarrollo seis de los retos del milenio, por lo cual se buscará garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Con el fin de garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible para todos en 2030, es necesario realizar inversiones adecuadas en infraestructura, proporcionar instalaciones sanitarias y fomentar prácticas de higiene en todos los niveles.

En este contexto la población de la comunidad el Sontule no tiene acceso a agua potable por lo que consumen agua cruda, la cual se ofrece dos días a la semana por sector, esta situación provoca escasez y diversas enfermedades de origen hídrico.

Según las estadísticas del dispensario médico de la comunidad, las enfermedades que se presentan con más frecuencia son: dermatitis 15%, parasitosis 13%, diarrea aguda 9% y síndromes febriles 5%.

Debido a que el actual sistema de agua ya dio su vida útil, afectando la distribución y desinfección del agua, obligando a la población a ingerir agua cruda, los líderes del CAPS solicitan el diseño de un MABE basada en la norma NTON 09-007-19 utilizando el pozo perforado que realizó la Alcaldía en el año 2011.

Con el diseño y sus alcances, la población a través del CAPS gestionarán ante las autoridades municipales, la ejecución de un nuevo MABE el cual cumpla con lo establecido en la norma vigente.

Con estas acciones se logrará satisfacer la demanda de agua potable en cantidad y calidad, además se contribuirá a la reducción de enfermedades de origen hídrico y en general a la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la comunidad.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Diseñar un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), en la comunidad El Sontule - Mirafior, municipio de Estelí, departamento de Estelí.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

1. Realizar un estudio socioeconómico de la comunidad que describa las características demográficas, sanitarias, económicas y demanda del servicio, mediante encuestas.
2. Efectuar levantamiento topográfico del área en estudio, mediante mediciones altimétricas y planimétricas, obteniendo de esta forma las características del relieve.
3. Realizar aforo de la fuente de abastecimiento, verificándose de esta manera que el caudal entregado por la fuente será el suficiente para abastecer a la población hasta el final del periodo de diseño.
4. Realizar estudio de calidad del agua a la fuente, mediante análisis de laboratorio obteniéndose así, las características físico-químico y bacteriológico.
5. Diseñar cada uno de los elementos hidráulicos que formarán parte del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo eléctrico basado en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense denominada NTON 09 007 – 19.
6. Elaborar el presupuesto, utilizando la metodología del fondo de inversión social de emergencia (FISE).

## II. MARCO TEÓRICO

“El agua es el símbolo de la vida, su ausencia es sinónimo de destrucción”

José Narosky

## II. MARCO TEORICO

En este espacio se abordará los conceptos técnicos necesarios para la realización de los estudios y diseños del MABE.

### 2.1. Estudio Socioeconómico

El estudio socioeconómico, cultural y ambiental, es un informe técnico que reúne la información necesaria para caracterizar y conocer las condiciones en que viven las familias de la zona afectada. En tal sentido contiene información sobre los aspectos económicos, sociales, demográficos, étnicos, comerciales, agrarios, pecuarios y ambientales vinculados a la población y al territorio (CENEPRED, 2016).

Para la realización de estudio socioeconómico, generalmente se aplican encuestas la cual es un instrumento donde se detalla la forma en que se deberá recabar la información referente a las características de la vivienda, los residentes e identificación de hogares en la vivienda, las características sociodemográficas de los integrantes de los hogares y el acceso a la alimentación (INEGI, 2013).

### 2.2. Levantamiento Topográfico

La topografía se encarga de medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes. También podemos mencionar que la topografía determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medición de ángulos y establecer puntos por medio de los ángulos y distancias previamente determinadas (Gámez morales, 2015, p. 10).

Los levantamientos pueden ser topográficos o geodésicos, los topográficos son aquellos que abarcan superficies reducidas y se desprecian la curvatura de la superficie terrestre, mientras que los geodésicos toman en cuenta la superficie de la tierra (Gámez morales, 2015).

Según Zamarripa Medina (2010) el levantamiento topográfico abarca una extensión de 30 km dentro de los cuales se desprecia la curvatura terrestre, mientras que el levantamiento geodésico abarca una extensión terrestre mayor de 30 km y en ella se considera el efecto de la curvatura terrestre.

La topografía se divide en planimetría y altimetría; la planimetría, estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la posición exacta de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una figura similar al mismo (Gámez morales, 2015).

### **2.3. Aforo**

Aforar una corriente de agua es determinar en un momento dado el valor del caudal. Además, el aforo consiste en todas las tareas de campo y gabinete que nos permiten determinar el caudal que pasa por una sección (Basán Nickisch, 2008).

### **2.4. Calidad del Agua**

Para determinar la calidad del agua se deben utilizar Normas de Calidad del Agua para el consumo humano, adoptadas por el Ministerio de Salud MINSA, mediante Acuerdo Ministerial N° 65-94 que corresponden a las Normas Regionales CAPRE, "Normas de Calidad del Agua para el consumo humano"; en su versión (ANA, 2007, p. 19).

El Agua procedente de cualquier fuente, que presente características no aptas para el consumo humano, requiere de procesos con el objeto de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas referidas en el párrafo anterior. Estos procesos se clasifican en pre tratamiento, tratamiento y desinfección. (ANA, 2007, p. 19).

## **2.5. Diseño Hidráulico para Sistema de Agua Potable**

Los sistemas de agua potable deben asegurar la mayor satisfacción de la población beneficiaria mediante la continuidad, cantidad, cobertura, calidad y los costos, en armonía con el ambiente. Este debe ser realizado bajo un criterio integral del ciclo del proyecto, dando preferencia a las soluciones técnicas que garanticen la sostenibilidad de las instalaciones y equipos durante la vida del proyecto, con un enfoque hacia la operación y mantenimiento de los sistemas (ANA, 2007).

### **2.5.1. Fuente de Abastecimiento**

El caudal de las fuentes superficiales y subterráneas debe ser capaz de aportar la demanda de máximo día. 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 (ANA, 2007, p. 21).

### **2.5.2. Población de Diseño**

La población objetivo es el parámetro básico para dimensionar los componentes que integran los sistemas de abastecimiento de agua potable, realizando un análisis de censos nacionales y locales para determinar la tasa de crecimiento a utilizar para el cálculo de la población de diseño (ANA, 2007, p. 11).

### **2.5.3. Proyección de la Población**

Según la norma NTON 09 007–19 se recomienda para proyección de la población el método geométrico, método aritmético y otros métodos sustentados (ANA, 2007, pp. 11-12).

El método geométrico debe aplicarse a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua (ANA, 2007).

El método aritmético debe aplicarse a pequeñas localidades en especial en el área rural y a ciudades con crecimiento estabilizado y que posean áreas de extensión futura casi nulas (ANA, 2007).

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% (ANA, 2007).

#### **2.5.4. Periodo de Diseño**

La norma NTON 09 007–19 recomienda período de diseño de los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.

Los cuales pueden ir desde 50 años para presas y diques, 20 años para pozos perforados, plantas de tratamiento y captaciones superficiales y manantiales, desarenador, filtro grueso ascendente en capas (FGAC), filtro grueso dinámico (FGD), líneas de conducción, para 10 años pozos excavados, equipos de bombeo, captación de agua de lluvia (ANA, 2007, p. 20).

#### **2.5.5. Dotación**

Dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante para satisfacer sus necesidades personales en un día medio anual (CONAGUA, 2015).

En la norma nicaragüense las dotaciones se caracterizan por sector que incluyen urbanizaciones, condominios, apartamentos, lotificaciones y fraccionamientos, cualquier complejo habitacional, poblaciones concentradas, población rural concentrada y

población rural dispersa, para estas últimas dos se le asigna dotaciones de 100 y 80 lppd (ANA, 2007, pp. 14-15).

### **2.5.6. Demanda**

La norma nacional NTON 09 007-19 establece para determinar la demanda, el cálculo del consumo doméstico, el cual es el producto de la dotación y la población de diseño. Se establece también el consumo promedio diario el cual es la suma del consumo doméstico, consumo comercial, consumo público o institucional y consumo industrial, siendo el 7% del consumo doméstico para los dos primeros y el 2% del consumo doméstico para el último (ANA, 2007, p. 16).

#### **2.5.6.1. Fugas.**

En la composición de la demanda también se consideran las fugas o pérdidas en el sistema, estableciéndose el 15% de consumo promedio diario (CPD) para comunidades menores de 500 viviendas y el 20% para localidades con más de 500 viviendas (ANA, 2007, p. 19).

#### **2.5.6.2. Variaciones de Consumo.**

Las variaciones del consumo se expresan en porcentajes de las demandas promedio diario total y sirve de base para el dimensionamiento de la capacidad de las obras de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución (ANA, 2007, p. 18).

Para consumo de máximo día el factor es de 1.5 por consumo promedio diario más pérdidas y de consumo de máxima hora un factor de 2.5 por consumo promedio diario más pérdidas (ANA, 2007, p. 18).

### **2.5.7. Línea de Conducción**

Por la naturaleza y características de las fuentes de abastecimiento, se distinguen dos clases de líneas de conducción: por gravedad y por bombeo. La línea de conducción puede incorporar para su buen funcionamiento válvulas reguladoras de presión o cajas rompe presión donde sea necesario (ANA, 2007, p. 39).

El diseño de la línea de conducción se debe calcular con el caudal de máximo día o con el que se considere más conveniente tomar de la fuente de abastecimiento de acuerdo a la naturaleza del problema que se tenga en estudio (ANA, 2007, p. 39).

En los puntos topográficamente elevados se debe mantener una presión mínima de 5 m. La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse (ANA, 2007, p. 39).

Además, debe considerarse el fenómeno del golpe de ariete que 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 técnica agrícola de Ciudad Real, 2016).

### **2.5.8. Tanque**

Se deben satisfacer las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema y mantener las reservas que garanticen hacer frente, tanto a eventualidades y casos de interrupciones en el suministro de energía, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento. Se deberá instalar medidores a la salida de los tanques de almacenamiento (ANA, 2007, p. 53).

Las clases de tanque de acuerdo a los materiales de construcción se clasifican en: concreto armado, acero, mampostería, concreto ciclópeo, fibra de vidrio, plástico, acero vitrificado y ferrocemento (ANA, 2007, pp. 54-55).

### **2.5.9. Red de Distribución**

Es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos, el sistema de distribución podría ser por red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos (ANA, 2007).

De acuerdo con el (ANA, 2007, p. 44), en el diseño de la red de distribución se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a. Plan regulador del municipio, si es que existe, en el que se establecen los usos actuales y futuros de la tierra con sus densidades de población.
- b. Plano topográfico, con sus calles existentes y futuras, perfiles de las calles y las características topográficas de la localidad.
- c. Servicios públicos existentes y proyectados.
- d. Estado actual de la red de agua potable existente.
- e. Determinar la oferta, demanda, presiones residuales y distribución del agua.

En la simulación para el diseño hidráulico de la red de distribución por bombeo contra tanque la norma NTON 09 007-19 (ANA, 2007, p. 50) recomienda los siguientes tres casos:

Caso I: Consumo máximo hora con bombeo para el último año del período de diseño. En este caso, se debe suponer que los equipos de bombeo están produciendo e impulsando el caudal máximo día por medio de las líneas de conducción a la red y el tanque de almacenamiento aporta el complemento al máximo hora (ANA, 2007, p. 50).

Caso II: Consumo máximo hora sin bombeo para el último año del período de diseño. En este caso, la red trabaja por gravedad atendiendo la hora de máximo consumo desde el tanque (ANA, 2007, p. 50).

Caso V: Bombeo del consumo máximo día sin consumo en la red. Este caso determina la carga total dinámica de las bombas y servirá para dimensionar la potencia de las mismas; aquí el agua va directamente al tanque sin ser consumida, dando las presiones máximas en la red (ANA, 2007, p. 50).

#### **2.5.10. Conexiones Domiciliares**

El diámetro mínimo de cada conexión será de ½" (12.5 mm). En toda conexión domiciliar debe instalarse un medidor de flujo de agua, válvula, caja protectora y una llave de chorro en caso de considerar conexión de patio (ANA, 2007, p. 52).

#### **2.5.11. Presupuesto**

Un presupuesto es la expresión formal, detallada, organizada y por anticipado de los planes, metas y objetivos de gestión que cubra todos los aspectos de las operaciones de un período de tiempo designado y de una determinada organización.

Dentro de la construcción, la presupuestación de obras implica métodos de construcción, equipos, maquinarias y mano de obra diferentes. Además, existen lugares de trabajo siempre diferentes, con personal variado, lo que incide en los costos y por lo tanto éstos son difíciles de controlar (UNIFOM, 2006).

En consecuencia, cada obra requiere ser cuidadosamente analizada, tomando en cuenta las normas institucionales, métodos constructivos a utilizar, disponibilidad de recursos financieros, materiales y mano de obra, así como la modalidad de contratación, fluctuaciones en el mercado, tiempos de ejecución, pliego de bases del concurso y ajuste de precios (UNIFOM, 2006).

El presupuesto debe incluir el análisis del costo de cada elemento que interviene en la construcción de la obra. Presupone el precio de la obra en determinadas circunstancias, por lo que es un valor aproximado, no preciso (UNIFOM, 2006).

### **III. DISEÑO METODOLÓGICO**

“Si hay magia en este planeta, está contenida en el agua”

Loran Eisely

### III. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología empleada para el diseño de este sistema de abastecimiento de agua potable responde a la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense denominada NTON 09 007 – 19.

#### 3.1. Tipo de Estudio

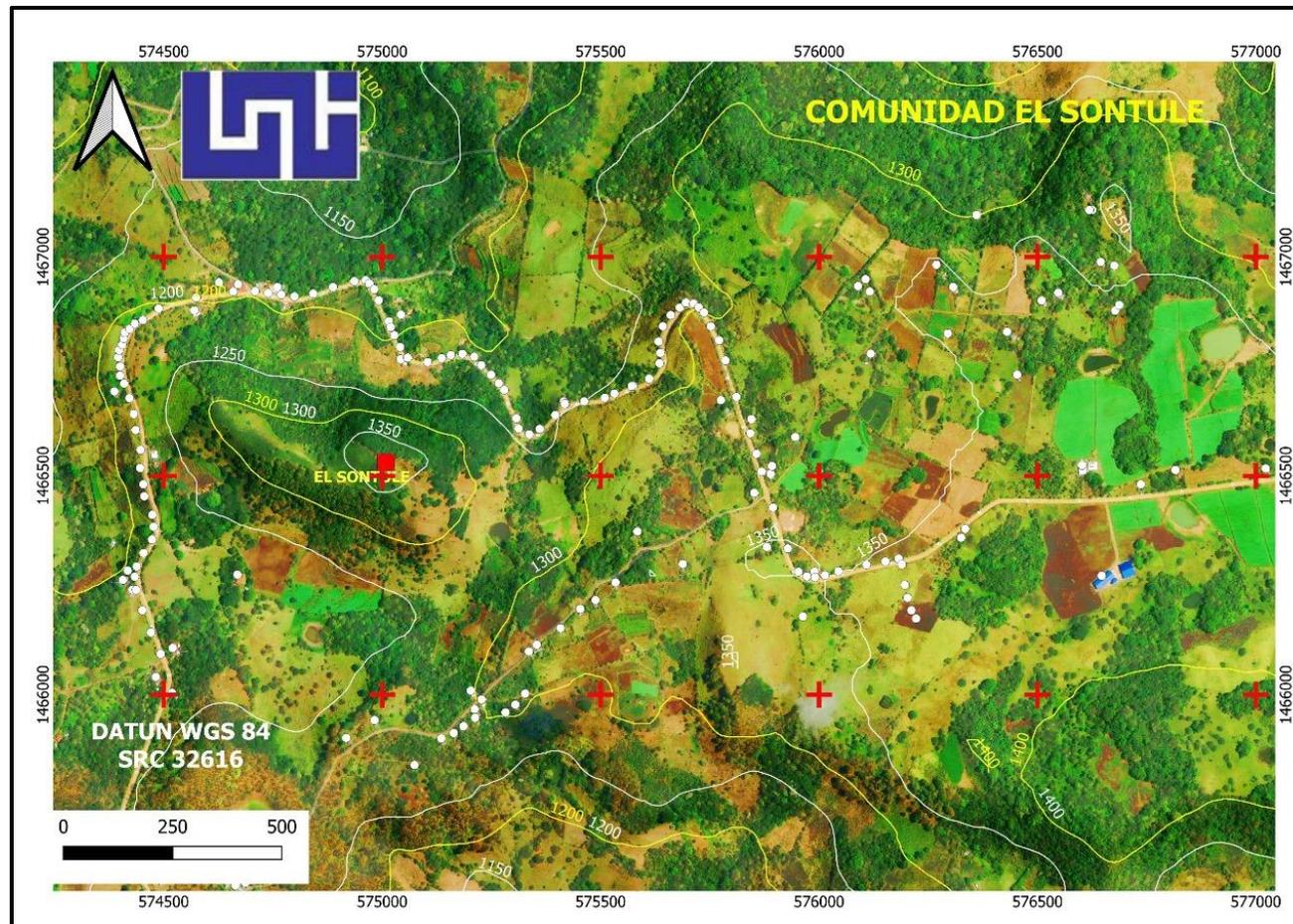
Esta investigación fue de tipo descriptiva puesto que describe características esenciales de fenómenos sociales e hidráulicos, haciendo uso de los criterios que permitieron reflejar su estructura. Utilizando métodos de investigación empírica la que contiene una serie de procedimientos prácticos (entrevistas, encuestas, aforos, datos de relieve, cálculos hidráulicos) con el propósito de encontrar las características primordiales y relaciones esenciales de la población.

#### 3.2. Micro y Macro Localización

El Sontule se ubica a 29.7 km al Noreste de la ciudad de Estelí Nicaragua en las coordenadas WGS84 Zona 16P XYZ. Como se observan en las figuras 1 de micro y 2 de macro.

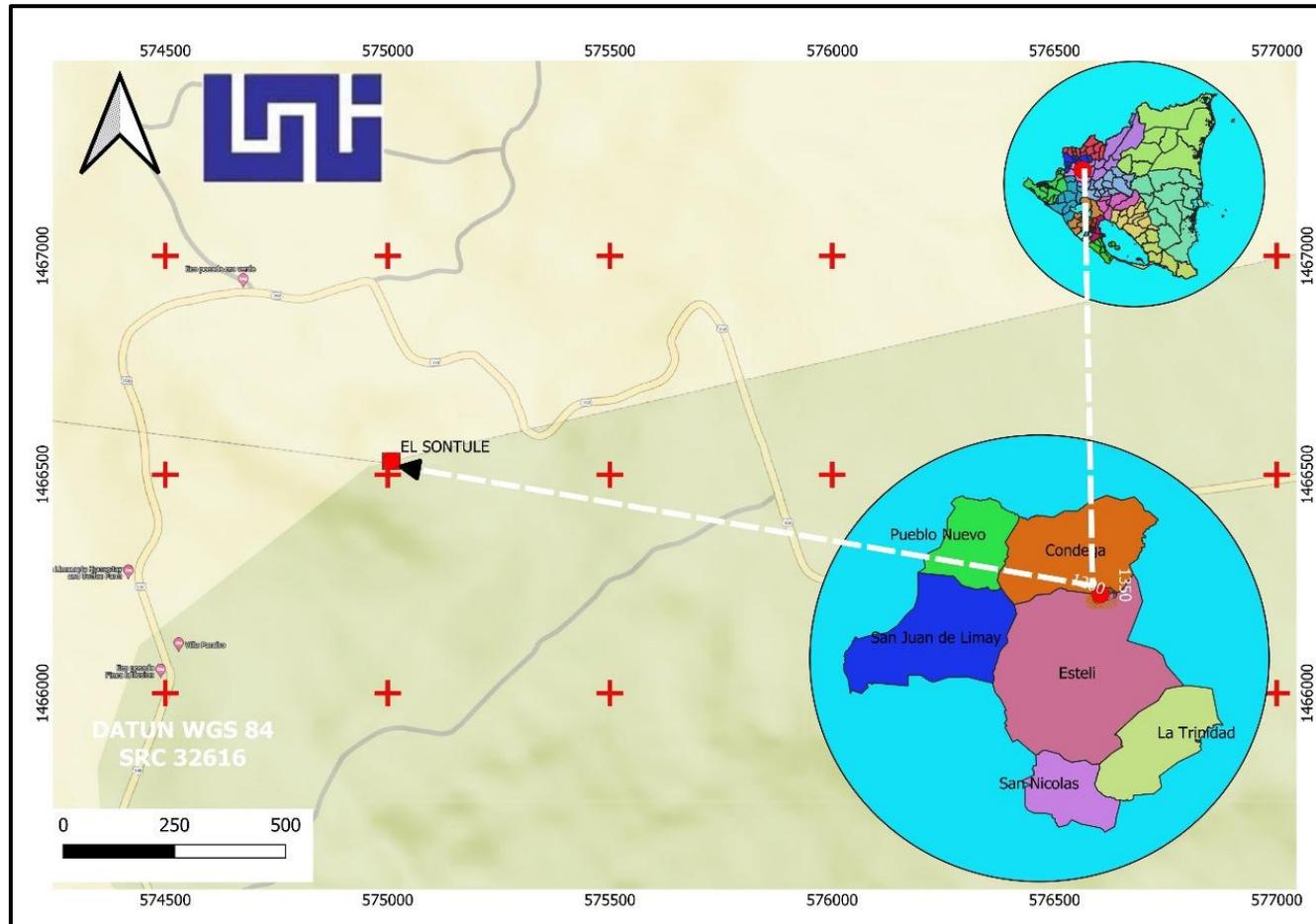
Figura 1

Micro localización de la zona de estudio



Nota. Elaboración propia.

**Figura 2**  
Macro localización de la zona de estudio



Nota. Elaboración propia.

### **3.3. Estudio Socioeconómico**

Se realizó el estudio socioeconómico mediante encuesta de tipo FISE (anexo 1), la cual se aplicó a cada jefe de hogar. En el levantamiento de encuestas participaron tres encuestadores debidamente entrenados en el uso del formulario de la encuesta. Las encuestas se aplicaron en horas en que la mayor parte de la población se encontraban en sus hogares.

La información fue procesada mediante hoja de cálculo Excel con la cual se obtuvieron tablas de frecuencia relativa y acumuladas que son representadas en forma gráficas.

### **3.4. Estudio Topográfico**

El estudio topográfico se hizo en dos etapas, una de campo y otra de gabinete. A continuación, se describen las etapas del estudio topográfico.

#### **3.4.1. Etapa de Campo**

En esta etapa se realizó el levantamiento topográfico desde la fuente de abastecimiento, así mismo de coordenadas XYZ, de los ejes de línea de conducción, tanque de almacenamiento, red de distribución, viviendas, instalaciones públicas y otros objetos que contribuyen a una descripción adecuada y precisa del entorno topográfico de la comunidad.

El levantamiento topográfico se realizó con estación total Leica modelo TS02, y los puntos iniciales se amarraron a coordenadas geodésicas tomadas con GPS Garmin modelo G12.

El levantamiento se inició con la identificación de dos "Bm" geodésicos los cuales fueron el punto de partida de la poligonal. Se realizó estacionamientos de 20 m o menores y se tomaron los accidentes geográficos que se presentan entre las estaciones, tales como cauces, depresiones, cunetas, alcantarillas y otras tuberías existentes, etc. El

levantamiento incluyó puntos donde están localizadas las viviendas y donde se localizó el pozo y el tanque.

### **3.4.2. Etapa de Gabinete**

Una vez concluido el levantamiento topográfico se procesaron los datos con el software Civil 3D. El procesamiento en civil incluyó la elaboración de planos siguiendo los siguientes criterios: las dimensiones de las láminas son las correspondientes a ISSO A3, dejándose un margen de 0.90 x 0.04 m en la parte inferior para colocar el rotulado e información que debe llevar la lámina. En la parte superior se formó un marco 0.85 x 0.53 m donde se realizaron los dibujos. Las láminas deben llevar dibujada la dirección Norte-Sur.

Las escalas a utilizar fueron las siguientes: Ubicación general, 1:5000 Planta general, 1:1000 Perfiles: Horizontal 1:1000 – Vertical 1:100 o bien Horizontal: 1:500 – Vertical: 1:50 Detalles: 1:10, 1:20, 1:50, 1:100.

### **3.5. Aforo de la Fuente**

El aforo de la fuente fue solicitado al departamento de obras municipales de la alcaldía del municipio de Estelí, el mencionado aforo fue realizado haciendo pruebas de bombeo según el método establecido por la norma NTON 09 007 19 (ANA, 2007, pp. 25-26).

Se obtuvo del pozo perforado, profundidad, nivel estático, nivel dinámico, tiempos de descenso y recuperación del pozo, así como el caudal de explotación del mismo.

### **3.6. Calidad del Agua**

Para la toma de muestra se cumplió con lo establecido en la ISO 5667 – 3. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Preservación y manipulación de muestras de agua, estas debieron ser remitidas a laboratorios acreditados para sus respectivos análisis

fisicoquímico, microbiológico, sustancias inorgánicas y orgánicas, plaguicidas, metales pesados y pesticidas (ANA, 2007, p. 19)

Al laboratorio se le solicitó los análisis que corresponden a las etapas E1, E2 y E3 que manda la norma (CAPRE, 1994, p. 7) artículo 8.

Los resultados emitidos fueron comparados con los criterios de la norma concernientes a los parámetros requeridos para agua de consumo humano.

### 3.7. Diseño de Mini Acueducto MABE

A continuación, se presenta el proceso de diseño del MABE que incluyó parámetros poblacionales, demanda y parámetros hidráulicos.

#### 3.7.1. Proyección de Población

La proyección fue calculada por el método geométrico ecuación 1 que es el recomendado según la norma NTON 09 007-19.

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

Donde:

$P_n$ : Población proyectada al año "n" (hab)

$P_0$ : Población inicial (hab)

r: Tasa de crecimiento

$$r = \left(\frac{P_n}{P_0}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

n: intervalo de tiempo años

Se adoptó la tasa de crecimiento que recomienda el INIDE para la población rural de Estelí, cumpliendo con lo que manda la norma NTON 09 007-19 (ANA, 2007, p. 12).

### 3.7.2. Dotación

Se adoptó una dotación según los resultados de la población de diseño, cumpliendo con la norma NTON 09 007-19 (ANA, 2007, p. 15).

### 3.7.3. Demanda

Para conocer la demanda de agua potable de la comunidad se aplicaron los criterios de la norma NTON 09 007-19 (ANA, 2007, pp. 13-18)

#### 3.7.3.1. Consumo Doméstico.

El consumo doméstico se calculó según la ecuación 2:

$$CD = \frac{P_f \times (\text{dotación})}{86400}$$

Ecuación 2

Donde:

CD: Consumo doméstico (l/s)

Pf: Población futura (hab)

Dotación: 80 lppd

#### 3.7.3.2. Consumo Público o Institucional

El consumo público o institucional se calculó mediante la ecuación 3. El consumo comercial y el industrial no se tomaron en cuenta debido a que en el plan de desarrollo municipal no se contemplan inversiones en el sector comercial e industrial.

$$C_{inst} = CD \times \frac{7}{100}$$

Ecuación 3

Donde:

C inst: Consumo institucional (l/s)

CD: Consumo doméstico (l/s)

Porcentaje: 7%

### 3.7.3.3. Consumo Promedio Diario

Consumo promedio diario, se calculó con la ecuación 4.

$$CPD = CD + CPI + CC + Cind$$

Ecuación 4

Donde:

CPD: Consumo promedio diario (l/s)

CD: Consumo doméstico (l/s)

CPI: Consumo público e institucional (l/s)

CC: Consumo comercial (l/s)

Cind: Consumo industrial (l/s)

Estudios realizados en el municipio revelaron que para los próximos 20 años no se prevé actividad comercial e industrial, por tal razón los valores CC y Cind fueron cero.

### 3.7.3.4. Pérdidas Volumétricas

Debido a que la población fue menor a 500 viviendas (ANA, 2007, p. 19) se adoptó como criterio para la fuga o pérdidas en el sistema el 15% del consumo promedio diario. El cálculo se hizo mediante la ecuación 5.

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

Ecuación 5

Donde:

P: Pérdida en el sistema (l/s)

CPD: Consumo promedio diario (l/s)

### 3.7.4. Caudal de Diseño

Para el dimensionamiento de la línea de conducción se utilizó el consumo máximo diario (ANA, 2007, p. 39) y para el dimensionamiento de la red de distribución se utilizó el consumo máximo horario (ANA, 2007, pp. 48-49).

#### 3.7.4.1. Consumo Máximo Diario

El caudal de consumo máximo diario (CMD), se calculó mediante la ecuación 6.

$$CMD = 1.5 CPD + P$$

Ecuación 6

Donde:

CMD: Consumo de máximo día (l/s)

CPD: Consumo promedio diario (l/s)

P: Pérdidas o fugas (l/s)

#### 3.7.4.2. Consumo Máximo Horario

Cumpliendo con la norma (ANA, 2007, p. 18) para el cálculo del consumo de máxima hora (CMH), se calculó mediante la ecuación 7.

$$CMH = 2.5 CPD + P$$

Ecuación 7

Donde:

CMH: Consumo máximo horario (l/s)

CPD: Consumo promedio diario (l/s)

P: Pérdidas o fugas (l/s)

### 3.7.4.3. Caudal de Bombeo

El caudal de bombeo se calculó utilizando la ecuación 8.

$$Q_B = CMD \times \frac{24}{N}$$

Ecuación 8

Donde:

Q<sub>B</sub>: Caudal de bombeo (l/s)

CMD: Consumo máximo diario (l/s)

N: Horas de bombeo (hrs)

### 3.7.5. Diseño Hidráulico del Sistema

La metodología para el diseño de componentes hidráulicos del MABE se basó en la norma NTON 09 007-19, lo que incluye criterios de diseño para el cálculo de diámetros, pérdidas de carga, velocidades, presiones, resistencia de tuberías.

#### 3.7.5.1. Diseño de la Columna de Bombeo

Para diseñar la columna de bombeo se utilizó el caudal de bombeo (Q<sub>B</sub>), dicho caudal sirvió para determinar el diámetro de la columna de bombeo en relación al caudal, según los valores que recomienda la norma (ANA, 2007, p. 32).

Como criterio de diseño se verificó que la pérdida de carga en la columna de bombeo sea menor que el 5% de la longitud de la misma.

#### **3.7.5.1.1. Diámetro**

El diámetro de la columna de bombeo se determinó utilizando los diámetros recomendados por la norma NTON 09 007-19 (ANA, 2007, p. 32) para lo cual se utilizó el caudal de bombeo para 16 horas, que en este caso correspondió al CMD, con el cual se determinó el diámetro.

#### **3.7.5.1.2. Longitud**

La longitud de la columna de bombeo se calculó con la longitud del nivel dinámico del agua, más 6 m de sumergencia y 6 m adicionales por variación estacional del nivel del acuífero (ANA, 2007, pp. 31-32).

#### **3.7.5.1.3. Velocidad**

La velocidad de flujo en la columna de bombeo se calculó con la ecuación 9.

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

Ecuación 9

Donde:

v: Velocidad del flujo (m/s)

Q: Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s)

D: Diámetro interno de la tubería (m)

#### 3.7.5.1.4. Pérdidas de Carga

Las pérdidas de carga en la columna de bombeo se calcularon con la ecuación 10 de Hazen - Williams. El coeficiente de rugosidad para Hazen Williams se tomó de la tabla 15 (ANA, 2007, p. 46).

$$\frac{h}{L} = S = \left[ \frac{10.679 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right]$$

Ecuación 10

Donde:

h: Pérdida de carga por fricción (m)

Q: Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de rugosidad

D: Diámetro (mm)

L: Longitud de la tubería (m)

#### 3.7.5.2. Sarta

A continuación, se presenta el proceso de diseño que se utilizó para dimensionar la Sarta:

##### 3.7.5.2.1. Diámetro

El diámetro de la sarta se obtuvo tomando en cuenta el consumo máximo diario, el cual fue comparado por la tabla 11 de la norma (ANA, 2007, p. 35).

##### 3.7.5.2.2. Longitud

En el diseño de sarta se adoptó una longitud típica de 6 m para diámetros de sarta menores de 3" e incluyeron micro medidor, manómetro de medición de presión con llave de chorro 12,7 mm, válvula de retención, derivación de descarga para pruebas de

bombeo y limpieza del mismo diámetro de la sarta. Válvula de aire y vacío, válvulas de compuerta, válvula de alivio, unión flexible tipo Dresser (ANA, 2007, p. 35).

### 3.7.5.2.3. Velocidad

La velocidad de flujo se calculó con la ecuación 9. Además, se comprobó que las velocidades cumplieran con lo establecido en la norma, se procuró que la velocidad no excediera de 1.50 m/s y no fuera menor de 0.60 m/s (ANA, 2007, pp. 39-40).

### 3.7.5.2.4. Pérdida por Fricción

La pérdida por fricción se calculó con la ecuación 10 de Hazen-Williams. Los coeficientes de rugosidad se tomaron de la norma descrita en la tabla 15 (ANA, 2007, p. 46).

### 3.7.5.2.5. Pérdidas Locales

Las pérdidas locales se calcularon con la ecuación 11 y se consideraron todos los accesorios que recomienda la norma (ANA, 2007).

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

Ecuación 11

Donde:

$h_l$ : Pérdidas de carga locales (m)

K: Coeficiente de pérdida de los accesorios

v: Velocidad del flujo (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

La pérdida total en la sarta fue la suma de la pérdida por fricción y la pérdida local, se calculó mediante la ecuación 12.

$$h_{ts} = h_f + h_l$$

Ecuación 12

Donde:

$h_{ts}$ : Pérdidas totales de la sarta (m)

$h_f$ : Pérdidas por fricción (m)

$h_l$ : Pérdidas locales (m)

### 3.7.5.3. Línea de Impulsión

El proceso de dimensionamiento de la línea de impulsión se presenta a continuación:

#### 3.7.5.3.1. Diámetro Teórico

Para calcular el diámetro se utilizó la ecuación 13, que se presenta a continuación (ANA, 2007, p. 44).

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

Ecuación 13

Donde:

D: Diámetro teórico (m)

Q: Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s)

n: Factor potencial

#### 3.7.5.3.2. Diámetro Comercial

El diámetro mínimo de la tubería a seleccionar fue de 2" y en el caso que no haya crecimiento poblacional se va a utilizar de 1 ½" (ANA, 2007).

### 3.7.5.3.3. Longitud

La longitud de la línea de impulsión se tomó del estudio topográfico, así como las cotas de la misma.

### 3.7.5.3.4. Velocidad

La velocidad del flujo de la línea de impulsión se calculó utilizando la ecuación 9, también se verificó que las velocidades cumplan con lo que se establece en la norma NTON 09 007-19 (ANA, 2007, pp. 39-40) se procuró que la velocidad no excediera de 1.50 m/s y no fuera menor de 0.60 m/s.

### 3.7.5.3.5. Pérdida de Carga por Fricción

La pérdida de carga por fricción de la línea de impulsión se calculó utilizando la ecuación 10 (ANA, 2007, pp. 42-43) de Hazen Williams.

### 3.7.5.3.6. Carga Dinámica Total

La carga dinámica se calculó utilizando la ecuación 16 que se muestra a continuación.

$$H = Z_2 - Z_1 + NDA$$

Ecuación 14

Donde:

H: Carga estática

Z<sub>2</sub>: Cota de descarga del tanque (m)

Z<sub>1</sub>: Cota del nivel del pozo (m)

NDA: Nivel dinámico del agua (m)

$$h_f = h_{f \text{ columna}} + h_{f \text{ sarta}} + h_{f \text{ impulsión}}$$

Ecuación 15

Donde:

$h_f$ : Pérdida por fricción

$$CDT = H + h_f + h_l$$

Ecuación 16

Donde:

CDT: Carga dinámica total (m)

H: Altura hidrostática (m)

$h_f$ : Pérdida de carga en la columna de bombeo, sarta y línea de impulsión (m)

$h_l$ : Pérdidas locales en la sarta (m)

### 3.7.6. Golpe de Ariete

La celeridad de la onda se calculó utilizando la ecuación 17 de Allievi, el valor de K para la misma se determinó utilizando la relación  $K = 10^{10}/\varepsilon$  siendo épsilon el módulo de elasticidad de la tubería.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \times \frac{D}{e}}}$$

Ecuación 17

Donde:

a: Celeridad de la onda de presión (m/s)

K: Relación del módulo de elasticidad del agua y del módulo de elasticidad del material.

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

e: Espesor de la tubería (mm)

$\varepsilon$ : Módulo de elasticidad de la tubería (kg/m<sup>2</sup>)

### 3.7.6.1. Tiempo del Ciclo de la Onda de Presión

El tiempo del ciclo de la onda de presión se calculó mediante la ecuación 18.

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

Ecuación 18

Donde:

t: Tiempo del ciclo de la onda de presión (s)

L: Longitud de la línea de impulsión (m)

a: Celeridad de la onda (m/s)

### 3.7.6.2. Tiempo de Parada

El tiempo de parada se calculó con la ecuación 19 de Mendiluce.

$$T = C + \frac{K \times L \times V}{g \times H_m}$$

Ecuación 19

Donde:

L: Longitud de la conducción (m)

v: Velocidad de régimen del agua (m/s)

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 (m/s<sup>2</sup>)

H<sub>m</sub>: Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo

C y K: Coeficientes de ajustes empíricos

### 3.7.6.3. Tiempo Critico

El tiempo de parada se evaluó con el tiempo de ciclo de la onda de presión, mediante la siguiente expresión:

$$T < t, \text{ cierre rapido}$$

$$T > t \text{ cierre lento}$$

### 3.7.6.4. Longitud Critica

La longitud crítica se calculó con la ecuación 20.

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

Ecuación 20

Donde:

Lc: Longitud critica (m)

a: Celeridad (m/s)

T: Tiempo parada (s)

### 3.7.6.5. Longitud de Máxima Presión

La longitud donde sucede la máxima presión se calculó con la ecuación 21.

$$L_m = L - L_c$$

Ecuación 21

Donde:

Lm: Longitud con máxima presión (m)

L: Longitud de la conducción(m)

Lc: Longitud crítica(m)

### 3.7.6.6. Tipo de Impulsión

El tipo de impulsión se determinó comparando la longitud crítica con la longitud de la conducción mediante la siguiente expresión:

$$L < L_c \text{ impulsión corta}$$

$$L > L_c \text{ impulsión larga}$$

### 3.7.6.7. Cálculo de Sobre Presión

La sobre presión se calculó de acuerdo a lo siguiente: si el tiempo de cierre es lento y la impulsión es corta con la ecuación 22 de Michaud y si el tiempo de cierre es rápido y la impulsión larga con la ecuación 23 de Allievi.

$\Delta_H = \frac{2 L v}{g \times T}$	Ecuación 22
---------------------------------------	-------------

Donde:

$\Delta_H$ : Sobre presión (m)

L: Longitud de la conducción (m)

v: Velocidad de flujo (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

T: Tiempo de parada (s)

$\Delta_H = \frac{a v}{g}$	Ecuación 23
----------------------------	-------------

### 3.7.6.8. Potencia de la Bomba

La potencia de la bomba se calculó mediante la ecuación 24.

$$P = \frac{\gamma Q H}{746 (0.8)}$$

Ecuación 24

Dónde:

P: Potencia (HP)

Q: Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s)

$\gamma$ : Peso específico del agua (N/m<sup>3</sup>)

H: Altura manométrica total (m)

### 3.7.6.9. Selección de la Bomba Comercial

La bomba se seleccionó tomando en cuenta el caudal de bombeo y la carga dinámica total, con la cual se analizó la curva característica H-Q que proporciona el fabricante de la bomba.

### 3.7.7. Tanque de Almacenamiento

El cálculo del volumen de almacenamiento del tanque se calculó tomando en cuenta la ecuación 25 y 26:

$$V_c = CPD \frac{l}{s} + P \frac{l}{s} \times \frac{25}{100} \times 16 h \times \frac{3600 s}{1h} \times \frac{1m^3}{1000 l}$$

Ecuación 25

Donde:

V<sub>c</sub>: Volumen compensador (m<sup>3</sup>)

CPD: Consumo promedio diario (l/s)

$$V_R = CPD \text{ l/s} \times \frac{15}{100} \times 16 \text{ h} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}}$$

Ecuación 26

Donde:

$V_R$ : Volumen de reserva ( $\text{m}^3$ )

CPD: Consumo promedio diario (l/s)

Debido a que en este caso es una comunidad rural con pocas viviendas no se utilizó caudal contra incendios, por lo que el volumen estuvo determinado por volumen compensador y volumen de reserva mediante la ecuación 27.

$$V_T = V_C + V_R$$

Ecuación 27

Donde:

$V_T$ : Volumen total ( $\text{m}^3$ )

$V_C$ : Volumen compensador ( $\text{m}^3$ )

$V_R$ : Volumen de reserva ( $\text{m}^3$ )

La ubicación y el tipo de tanque se seleccionaron dependiendo de las características de la comunidad tomando en consideración lo que recomienda la norma NTON 09 007 -19 (ANA, 2007, p. 54).

### 3.7.8. Desinfección

La desinfección se hizo con hipoclorito de sodio y la capacidad de cloro se calculó con la ecuación 28 (ANA, 2007, pp. 57-58).

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

Ecuación 28

Donde:

Ca: Capacidad de cloro (kg)

Q: Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/d)

C: Dosis (mg/l)

El cloro se aplicó mediante un hipo clorador de carga constante.

Para la dosificación se recomienda hipo cloración para capacidades menores de 1 kg/día y caudales de 8.20 l/s como máximo.

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 (ANA, 2007).

### 3.7.9. Simulación Hidráulica

Se realizó una simulación hidráulica con el software Epanet configurando las pérdidas de carga para ecuación Hazen-Williams, aplicando los coeficientes de rugosidad para tubo nuevo que recomienda la norma NTON 09 007-19 (ANA, 2007, p. 46).

Los datos para la simulación fueron importados de los planos topográficos realizados en civil 3D, exportados en formatos dxf a epcat y posteriormente a Epanet.

### **3.7.9.1. Simulación de la Línea de Conducción**

Los criterios de diseño para la simulación de la línea de conducción han sido: velocidad de flujo en un rango de 0.6 a 1.5 m/s, se comprobó que la línea piezométrica este por lo menos 5 m sobre el terreno natural.

Los criterios para la selección de la tubería se hicieron según la norma, que incluyen entre otros parámetros, resistencia a las cargas internas y externas, características hidráulicas y protección contra el golpe de ariete, la presión máxima estuvo limitada a los mencionados parámetros de la tubería (ANA, 2007, pp. 40-41).

En la línea de conducción se simuló el pozo, la columna de bombeo, la sarta y la línea de impulsión, en la sarta se incluyeron además de la pérdida por fricción el coeficiente de pérdidas locales ( $\sum K$ ) para simular este tipo de pérdidas.

El diámetro de los diferentes componentes (bomba, columna de bombeo, sarta y línea de impulsión) de la línea de conducción se tomaron del capítulo diseño de la línea de conducción que se calculó previamente.

### **3.7.9.2. Red de Distribución**

Los criterios de diseño para la red de distribución incluyeron velocidades en un rango de 0.4 m/s a 2 m/s, presión mínima de 5 m y máxima de 50 m, hasta 70 m para presiones estáticas, cuando la demanda es cero.

Los criterios para la selección de la tubería fueron los que recomienda la norma (ANA, 2007, p. 47-48).

Para el cálculo de los caudales en los nodos de demanda, se consideró el CMH, el cual fue distribuido según la distribución de las viviendas en la comunidad, teniendo presente que los nodos deben estar separados, evitando distancias menores a 200 m y mayores a 300 m.

### **3.7.9.3. Simulaciones a Efectuarse**

Se hizo una simulación con el consumo máximo diario en la línea de conducción y máximo horario en la red, para conocer las máximas pérdidas de carga y presiones resultantes en el periodo de mayor demanda.

También se realizó una simulación con demanda cero para conocer las máximas presiones en condiciones estáticas.

Como las velocidades y presiones no cumplieron con los criterios de diseño se modificaron los diámetros y, además, se simularon válvulas limitadoras de caudal, válvulas reductoras de presión, para equilibrar el sistema en cumplimiento con la norma.

### **3.7.9.4. Simulación del Cloro**

Se hizo una simulación extendida a 24 horas con una dosis de 2.1 mg/l, se tuvieron como criterios de diseño que la concentración mínima de cloro residual permaneciera entre 0.5 a 1 mg/l (CAPRE, 1994, p. 13).

## **3.8. Presupuesto**

El presupuesto se realizó utilizando la metodología FISE la cual agrupa las actividades en etapas y sub etapas lo que permitió conocer los alcances de las obras y facilitar el seguimiento en la ejecución de la misma. Los precios unitarios se tomaron del catálogo de costos maestros del FISE más actualizados. Los cálculos se hicieron en hojas de cálculo Excel y se presenta un informe por etapas y sub etapas, así como un detalle a nivel de actividades.

#### **IV. RESULTADOS DEL ESTUDIO**

“Basta una gota de agua, para albergar esperanzas de vida”

José María Montero Sandoval

#### **4.1. Estudio Socioeconómico**

El estudio socioeconómico se basó en un censo aplicado a los jefes de hogar de la comunidad, cuyos datos se levantaron con el formulario descrito en el Anexo 1. A continuación se describen los resultados del estudio.

##### **4.1.1. Población**

En la comunidad El Sontule - Mirafior según datos del representante del CAPS existen 86 viviendas, de las cuales se encuestaron a 70, equivalente a un 81.40%.

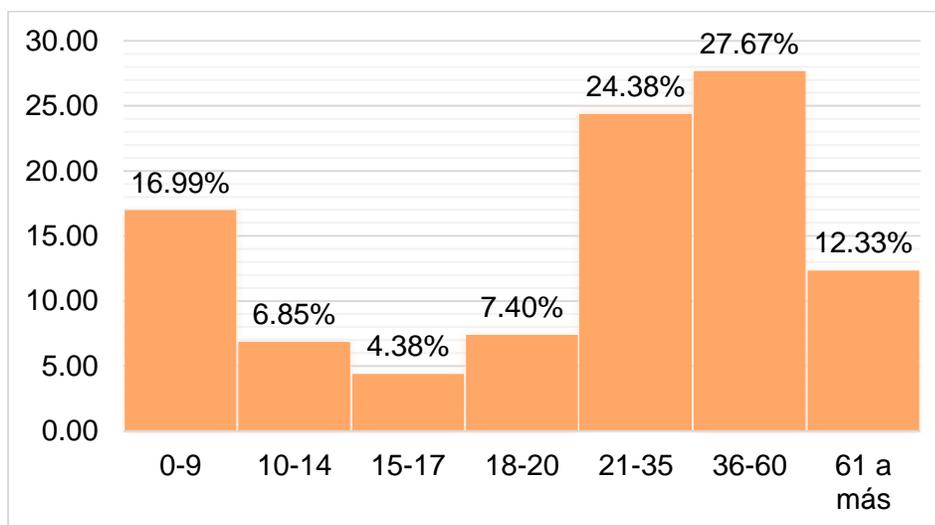
La población encuestada según tabla 1 y figura 3 de la comunidad, corresponde a 365 habitantes, de los cuales el 52.88% son hombres y el 47.12% mujeres. Por lo que se puede determinar que los hombres son la población mayoritaria de la comunidad.

Así mismo la tabla y gráfico antes mencionados, muestran que el 28.22% de la población corresponde a niños y adolescentes con edades entre 0 a 17 años, un 59.45% de los habitantes son adultos y un 12.33% son adultos mayores. Lo que indica que la población es mayormente adulta con rango de edad entre 18 y 60 años.

El índice habitacional es de 5.21 habitantes por vivienda. Tomando el índice habitacional y las 86 viviendas existentes en la comunidad se estimó una población total de 445 habitantes.

**Tabla 1***Población por rango de edades*

Rango	H	M	Población	%
0-9	33	29	62	16.99
10-14	13	12	25	6.85
15-17	7	9	16	4.38
18-20	13	14	27	7.40
21-35	46	43	89	24.38
36-60	56	45	101	27.67
61 a más	25	20	45	12.33
<b>Total</b>	193	172	365	100
<b>%</b>	52.88	47.12		

*Nota.* Elaboración propia.**Figura 3***Distribución porcentual de la población por rango de edades**Nota.* Elaboración propia.

#### 4.1.2. Economía Familiar

- **Trabajo.** En los hogares se encontró que el 67.38% de los trabajos remunerados corresponde a hombres, mientras que el 32.62% son mujeres. También se observó que el 86.52% trabaja en la comunidad y un 13.48% trabaja fuera de ella. Los resultados se presentan en la tabla 2 y figura 4.

**Tabla 2**

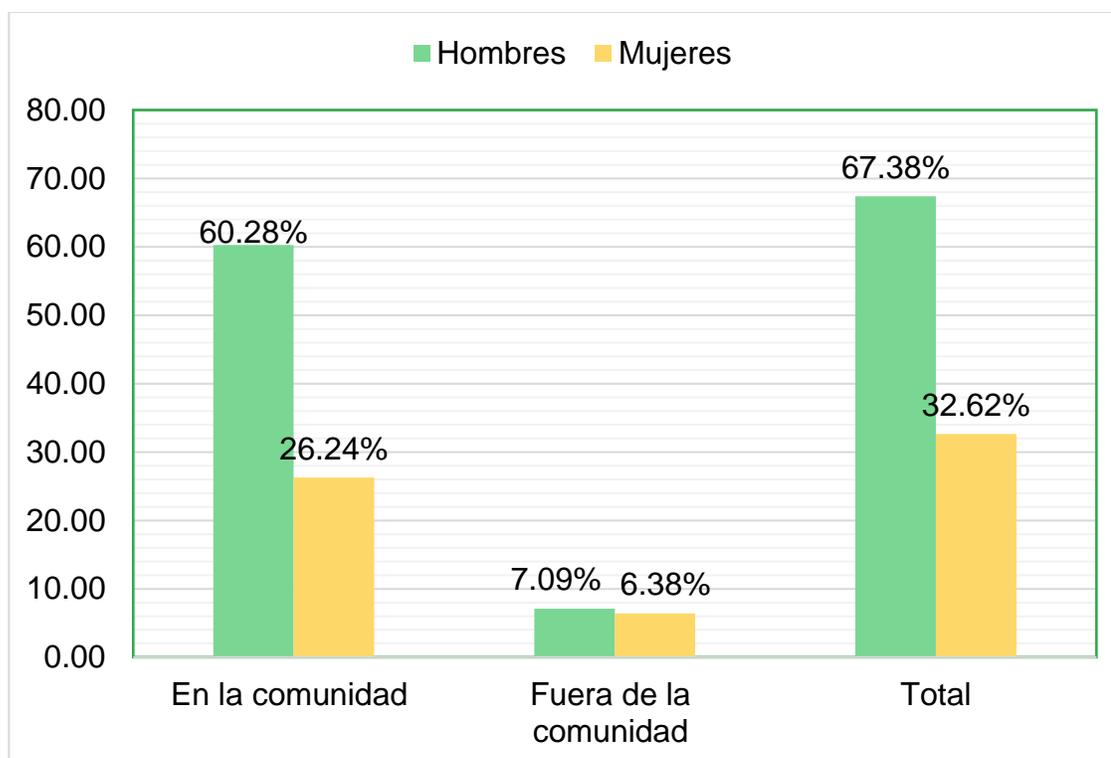
*Personas que trabajan acuerdo a su sexo*

	Frecuencia			%		
	En la comunidad	Fuera de la comunidad	Total	En la comunidad	Fuera de la comunidad	Total
<b>Hombres</b>	85	10	95	60.28	7.09	67.38
<b>Mujeres</b>	37	9	46	26.24	6.38	32.62
<b>Total</b>	122	19	141	86.52	13.48	100

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 4**

*Distribución del trabajo porcentual según su sexo*

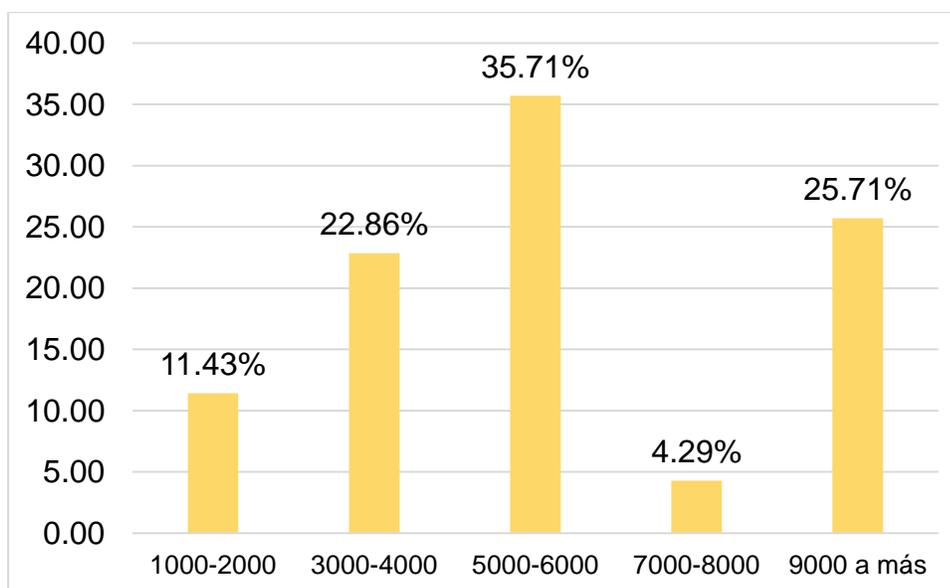


*Nota.* Elaboración propia.

- **Ingreso.** Los ingresos mensuales de las familias se muestran en la tabla 3 y figura 5, observándose que el 70% de la población tiene un ingreso menor al salario mínimo lo que indica que la población percibe muy pocos ingresos.

**Tabla 3***Ingreso económico mensual*

Rango	Frecuencia	%
1000-2000	8	11.43
3000-4000	16	22.86
5000-6000	25	35.71
7000-8000	3	4.29
9000 a más	18	25.71
<b>Total</b>	70	100

*Nota.* Elaboración propia.**Figura 5***Distribución porcentual del ingreso**Nota.* Elaboración propia

- **Vivienda.** En la comunidad el 92.86% de los pobladores encuestados tiene vivienda propia, un 7.14% prestada y nadie alquila. Los resultados se presentan en la tabla 4 y figura 6.

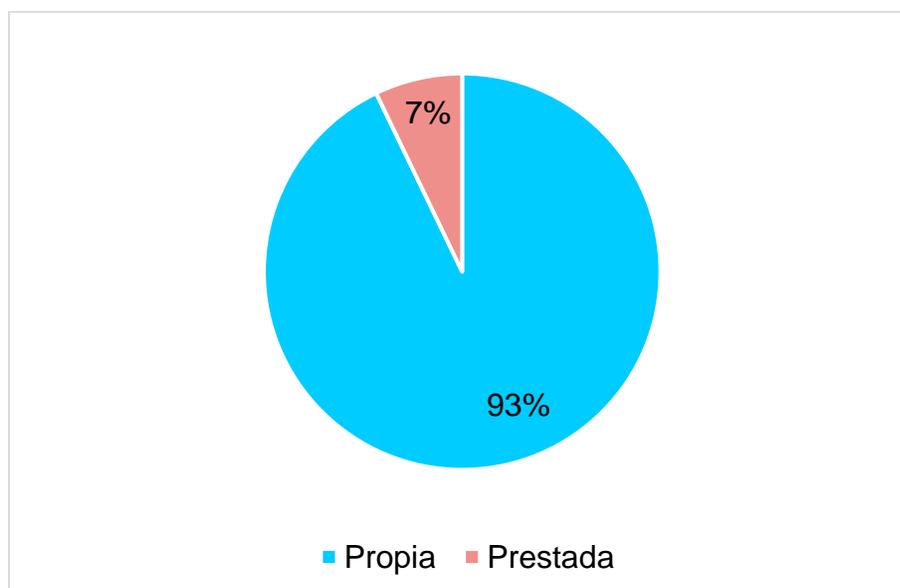
**Tabla 4***Tenencia de la vivienda*

Vivienda		
Tenencia	Frecuencia	%
Propia	65	92.86
Prestada	5	7.14
Alquilada	0	0.00
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 6**

Porcentaje según tenencia de las viviendas



*Nota.* Elaboración propia.

- Materiales de Construcción Utilizado en las Viviendas.** Con relación a los materiales de construcción de las viviendas, el 32.86% están construidas con bloques, el 4.29% con ladrillos, el 60% con madera y el 2.86% con otros tipos. El tipo de piso predominante fue el de tierra y representa un 80% de las viviendas, así mismo el techo más frecuente con un 97.14% fue el de la lámina de Zinc. Tomando en cuenta las características descritas anteriormente se concluye que la mayoría de la población vive en condiciones de escasos recursos. Los resultados se presentan en la tabla 5 y figura 7.

**Tabla 5**

*Materiales de la vivienda*

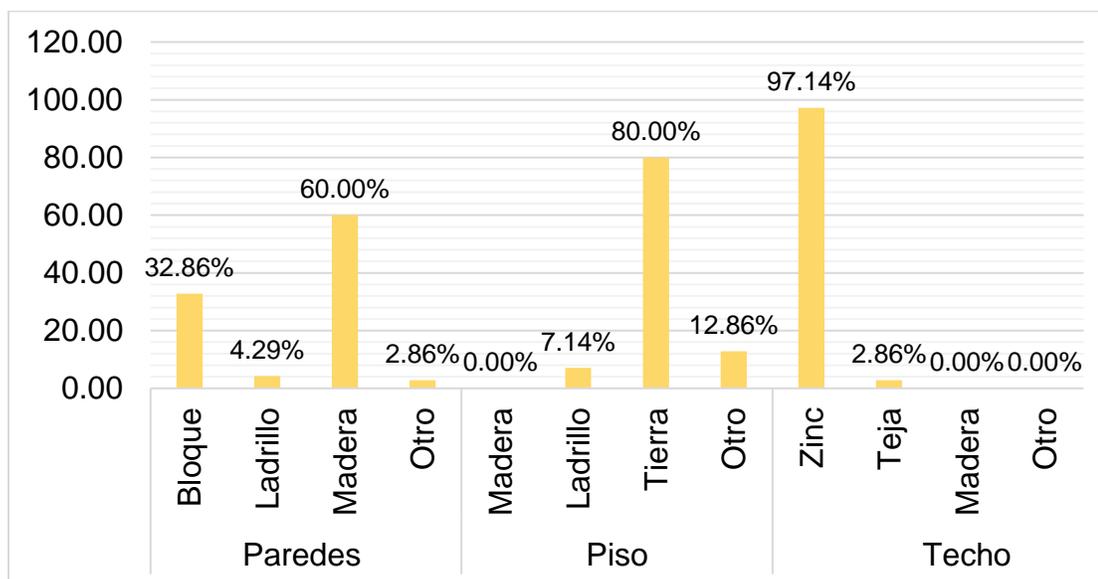
Descripción	Material	Frecuencia	%
<b>Paredes</b>	Bloque	23	32.86
	Ladrillo	3	4.29
	Madera	42	60.00
	Otro	2	2.86
	Total	70	100
<b>Piso</b>	Madera	0	0.00
	Ladrillo	5	7.14
	Tierra	56	80.00
	Otro	9	12.86
	Total	70	100
<b>Techo</b>	Zinc	68	97.14
	Teja	2	2.86
	Madera	0	0.00

	Otro	0	0.00
	Total	70	100

Nota. Elaboración propia.

**Figura 7**

Distribución porcentual por tipo de materiales



Nota. Elaboración propia.

- Producción.** Las 70 familias encuestadas se caracterizan por realizar actividades agrícolas, la cual representa un 67.09%, seguida por la ganadería con un 15.19%, además existe presencia de jornaleros y otros representados con un 8.86% de las familias. Los resultados se presentan en la tabla 6 y figura 8.

**Tabla 6**

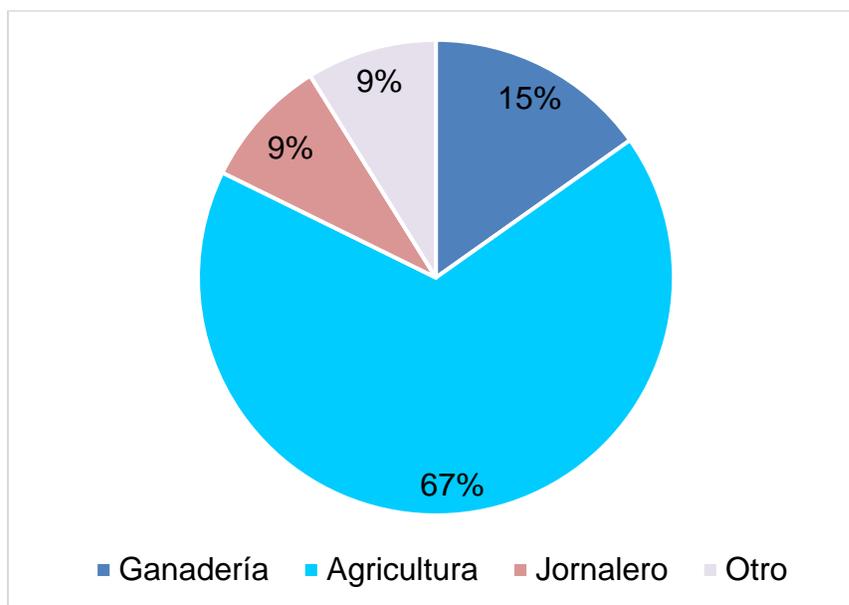
*Rubros a los que se dedican las familias*

Sector	Frecuencia	%
<b>Ganadería</b>	12	15.19
<b>Agricultura</b>	53	67.09
<b>Jornalero</b>	7	8.86
<b>Otro</b>	7	8.86
<b>Total</b>	79	100

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 8**

Distribución porcentual por rubros



*Nota.* Elaboración propia.

- **Actividad Agrícola.** En el grupo de cultivos el frijol se destaca con 37.66%, seguido el maíz con el 35.71%, la papa con el 17.53% y el café con el 9.09%. Siendo el frijol el cultivo que predomina como actividad agrícola en la comunidad. Observándose los resultados en la tabla 7 y figura 9.

**Tabla 7**

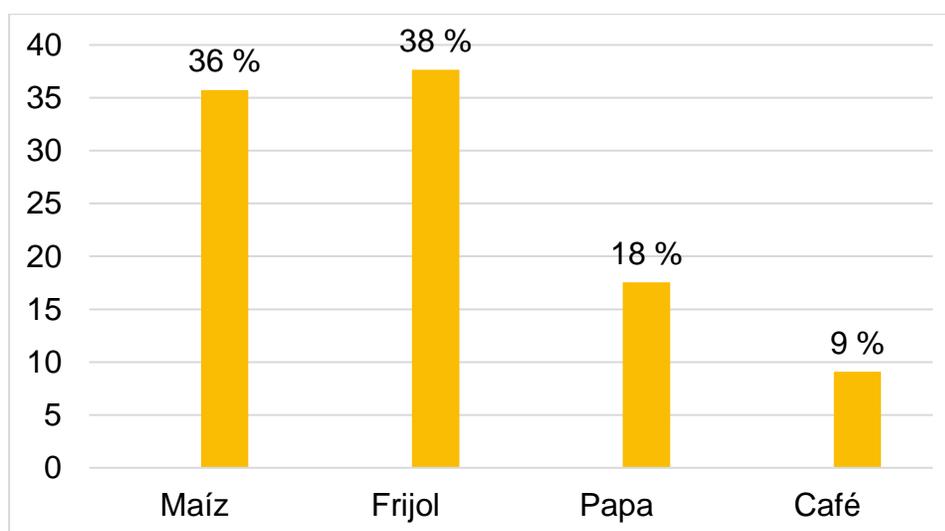
*Tipo de actividad agrícola*

Cultivos	Frecuencia	%
Maíz	55	35.71
Frijol	58	37.66
Papa	27	17.53
Café	14	9.09
<b>Total</b>	154	100

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 9**

*Distribución porcentual por tipos de cultivos*



*Nota.* Elaboración propia.

- **Actividad Ganadera.** Con relación al grupo ganadero, la crianza de ganado vacuno es de 51.43% y un 48.57% de ganado equino, correspondiente a las 35 familias que se dedican a esta actividad. Los resultados se presentan en la tabla 8 y figura 10.

**Tabla 8**

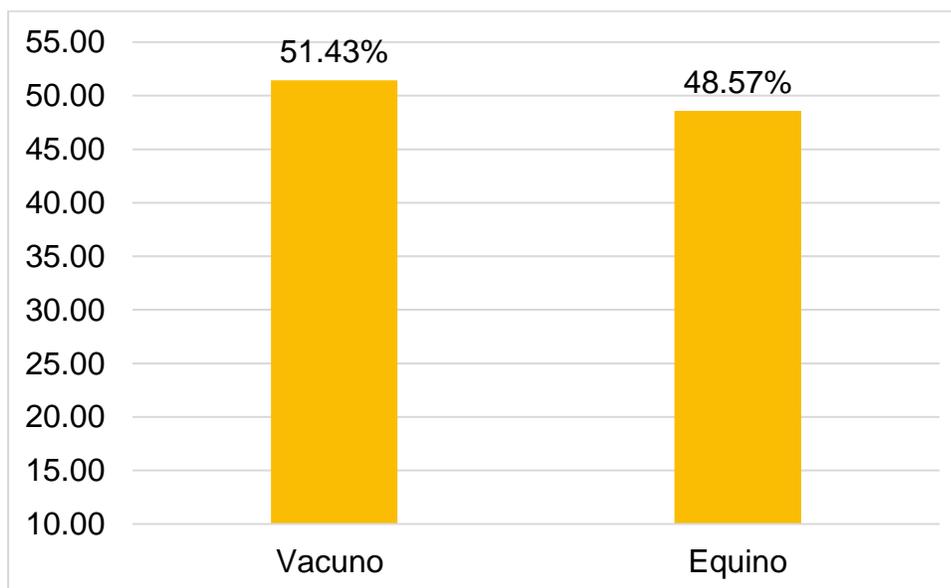
*Tipo de actividad ganadera*

Ganadería	Frecuencia	%
Vacuno	18	51.43
Equino	17	48.57
Total	35	100

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 10**

*Distribución porcentual por tipos de actividad ganadera*



*Nota.* Elaboración propia.

- **Actividad Animales Domésticos.** En lo concerniente a animales domésticos 63 familias realizan esta actividad, siendo la más relevante la crianza de gallinas con un 67.02%, seguida de cerdos con 32.98%. No se observaron otras especies. Los resultados se presentan en la tabla 9 y figura 11.

**Tabla 9**

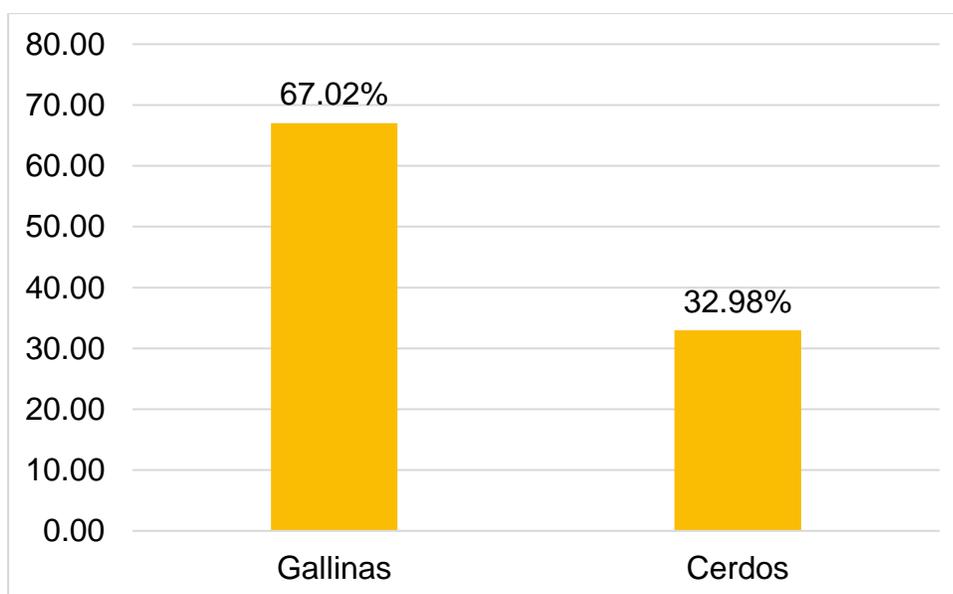
*Tipo de animales domésticos*

<b>Animales domésticos</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>
<b>Gallinas</b>	63	67.02
<b>Cerdos</b>	31	32.98
<b>Total</b>	94	100

*Nota.* Elaboración propia

**Figura 11**

*Distribución porcentual por tipos de animales domésticos*



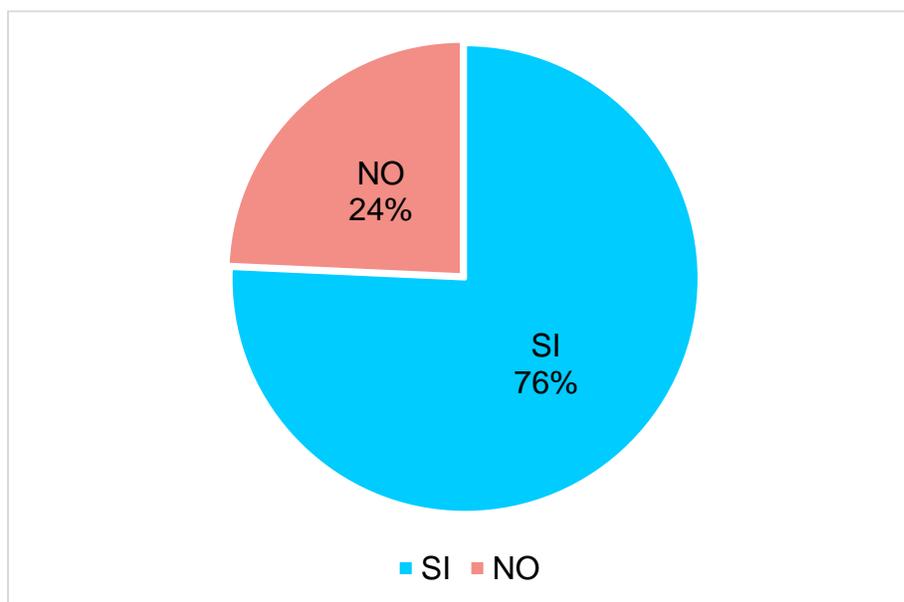
*Nota.* Elaboración propia.

- **Sistema de Saneamiento.** De las 70 viviendas encuestadas, el 75.71% cuentan con letrinas y el 24.29% no cuentan con letrina. Debido a la poca existencia de letrinas existe un riesgo de salud. Los resultados se presentan en la tabla 10 y figura 12.

**Tabla 10***Sistema de saneamiento*

Letrinas	Frecuencia	%
Si	53	75.71
No	17	24.29
Total	70	100

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 12***Sistema de saneamiento en el hogar*

*Nota.* Elaboración propia.

- Estado de las Letrinas en la Comunidad.** El 20.75% de las familias encuestadas tienen letrinas en buen estado, mientras que 35.85% en mal estado y un 43.40% en regular estado. La mayoría de la población cuenta con letrina regular y en mal estado, siendo foco de contaminación a la salud comunitaria. Los resultados se presentan en la tabla 11 y figura 13.

**Tabla 11**

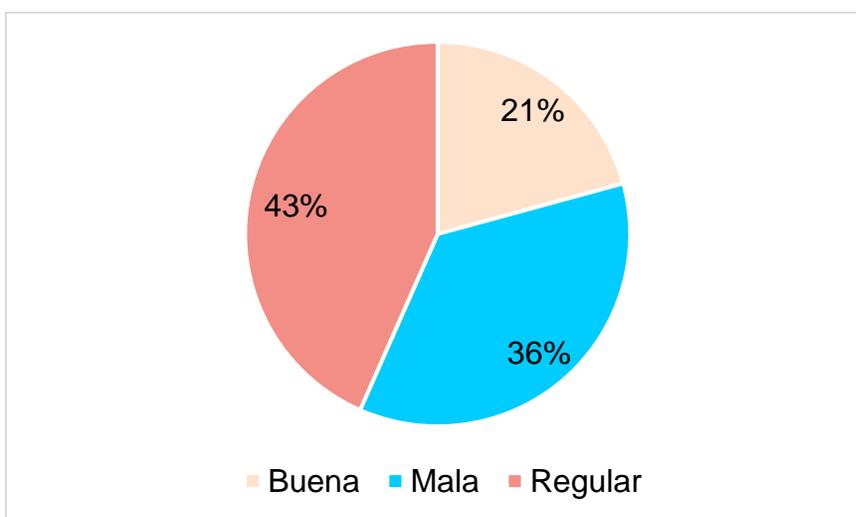
*Estado de las letrinas en la comunidad*

Estado	Frecuencia	%
Buena	11	20.75
Mala	19	35.85
Regular	23	43.40
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>100</b>

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 13**

*Porcentaje de letrinas en la comunidad según su estado*



*Nota.* Elaboración propia.

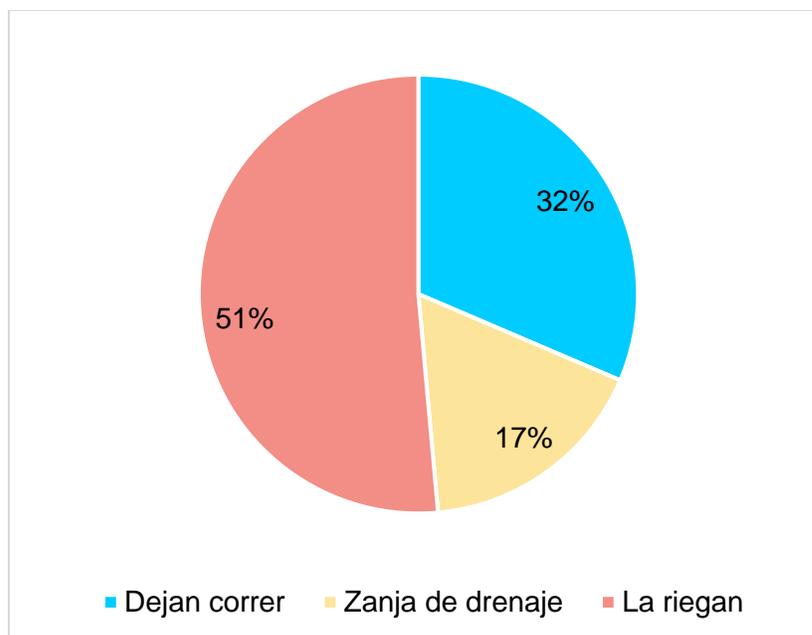
- Manejo de las Aguas Residuales del Hogar.** El uso que optan los encuestados a las aguas grises producidas en el hogar son, un 31.43% de las familias dejan correr el agua en su propiedad, por otra parte, un 17.14% vacía el agua mediante zanjas y un 51.43% la utilizan para el riego de su propiedad. La mayoría de la población principalmente la riegan, la dejan correr y algunos realizan zanja de drenaje, pero no se observaron charcas. Los resultados se presentan en la tabla 12 y figura 14.

**Tabla 12**

*Manejo de las aguas residuales del hogar*

Manejo	Frecuencia	%
Dejan correr	22	31.43
Zanja de drenaje	12	17.14
Filtro para drenaje	0	0.00
La riegan	36	51.43
<b>Total</b>	70	100

*Nota.* Elaboración propia

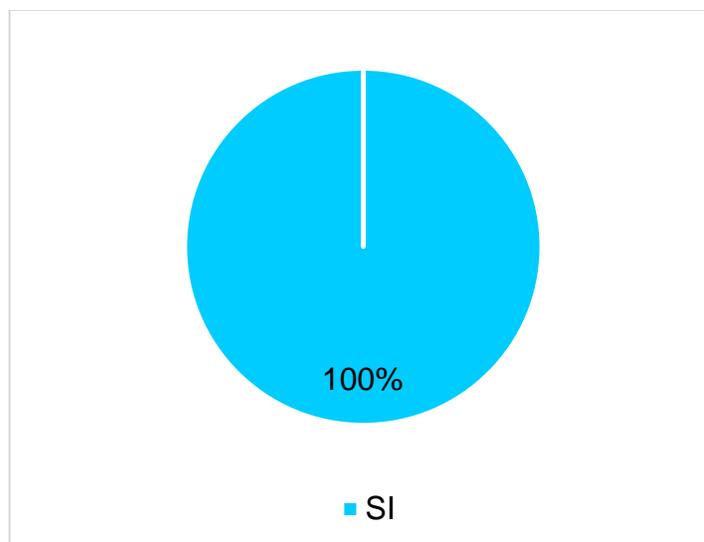
**Figura 14***Manejo de las aguas residuales del hogar**Nota.* Elaboración propia.

- **Viviendas con Servicio de Agua.** En relación al servicio de agua, la totalidad de familias encuestadas cuentan con este servicio, obstante reciben el servicio sólo 2 veces por semana. Los resultados se presentan en la tabla 13 y figura 15.

**Tabla 13***Viviendas con servicio de agua cruda*

Servicio	Frecuencia	%
<b>Si</b>	70	100
<b>No</b>	0	0
<b>Total</b>	70	100

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 15***Porcentaje de viviendas con servicio de agua cruda**Nota.* Elaboración propia.

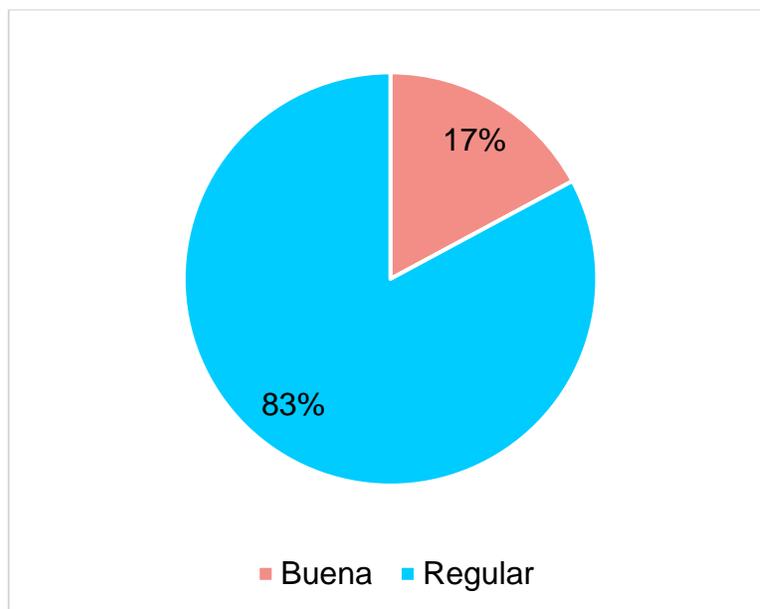
- **Calidad de Agua en la Comunidad.** Respecto a la calidad del agua, el 17.14% de los 70 hogares encuestados, afirmaron que la calidad del agua es buena y un 82.86% afirmó calidad regular, mientras que ningún encuestado la calificó como agua de mala calidad. Los resultados se presentan en la tabla 14 y figura 16.

**Tabla 14***Calidad de agua cruda en la comunidad*

Calidad del agua	Frecuencia	%
Buena	12	17.14
Mala	0	0.00
Regular	58	82.86
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>100</b>

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 16**  
*Porcentaje de calidad del agua en la comunidad*



*Nota.* Elaboración propia.

- **Enfermedades por Rango de Edad.** En los niños menores de 5 años las enfermedades más frecuentes fueron la diarrea, tos y resfriado, las que representan un 92.15% de los padecimientos en estos menores. En los adolescentes las enfermedades antes mencionadas representan el 88.47% de los casos, mientras que, en los adultos y adultos mayores, el mismo grupo de enfermedades representa el 83.67% de los casos. Los resultados se presentan en la tabla 15 y figura 17.

**Tabla 15***Enfermedades por rango de edad*

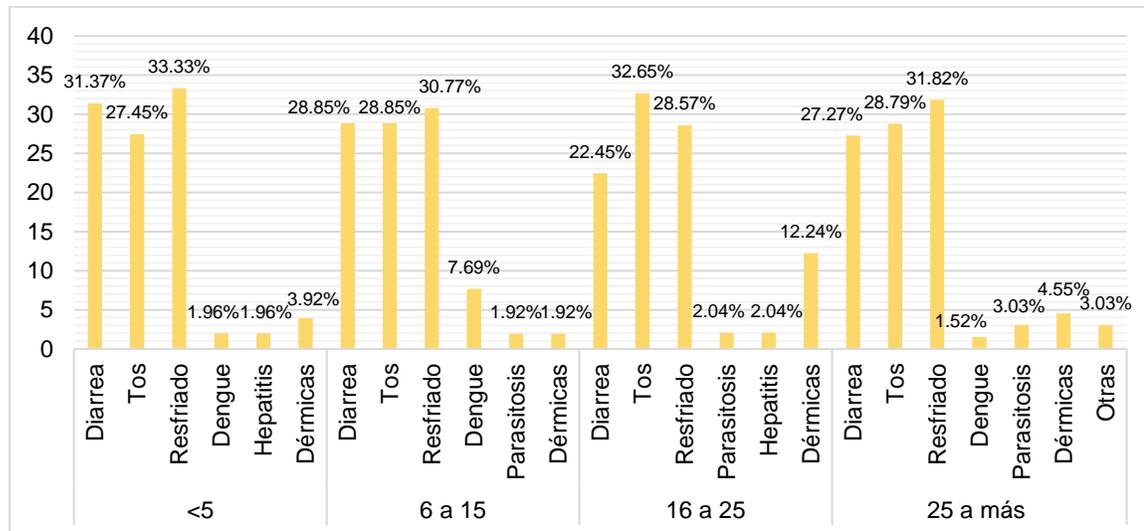
Rango	Enfermedades	Rango de edad	%
<b>&lt;5</b>	Diarrea	16	31.37
	Tos	14	27.45
	Resfriado	17	33.33
	Dengue	1	1.96
	Hepatitis	1	1.96
	Dérmicas	2	3.92
	Total	51	100
<b>6 a 15</b>	Diarrea	15	28.85
	Tos	15	28.85
	Resfriado	16	30.77
	Dengue	4	7.69
	Parasitosis	1	1.92
	Dérmicas	1	1.92
	Total	52	100
<b>16 a 25</b>	Diarrea	11	22.45
	Tos	16	32.65
	Resfriado	14	28.57
	Parasitosis	1	2.04
	Hepatitis	1	2.04
	Dérmicas	6	12.24
	Total	49	100

Rango	Enfermedades	Rango de edad	%
25 a más	Diarrea	18	27.27
	Tos	19	28.79
	Resfriado	21	31.82
	Dengue	1	1.52
	Parasitosis	2	3.03
	Dérmicas	3	4.55
	Otras	2	3.03
	Total	66	100

Nota. Elaboración propia.

**Figura 17**

*Distribución porcentual de enfermedades por rango de edad*



Nota. Elaboración propia.

#### 4.2. Estudio Topográfico

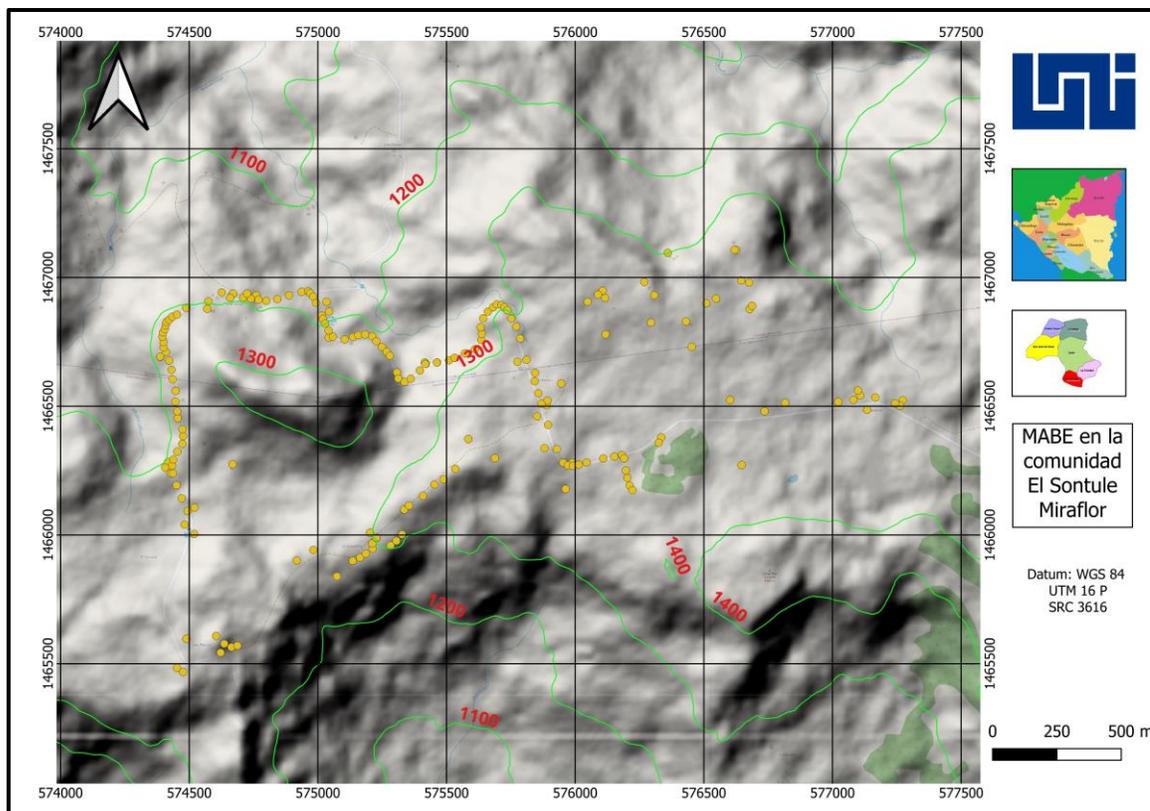
En el levantamiento topográfico de la comunidad El Sontule se georreferenciaron 1,129 puntos, para completar el estudio altiplanimétrico el cual tiene una longitud de 7,890 m, con elevación máxima de 1372.719 msnm, elevación mínima de 1175.234 msnm, promedio 1295.456 msnm, en la figura 17 se presenta el relieve con curvas de nivel y los puntos que fueron levantados.

El levantamiento se realizó con estaciones cada 20 m, partiendo de dos BM geodésicos con coordenadas UTM,  $X = 574484.858$ ,  $Y = 1466147.572$ ,  $Z = 1211.64$  para el primero y coordenadas UTM  $X = 574477.000$ ,  $Y = 1466128.825$ ,  $Z = 1214.220$  para el segundo. El levantamiento de campo se realizó con estación total Leica modelo TS02 y con GPS Garmin modelo G12. Los planos se realizaron con el Datum WGS 84 y SRC 32616.

La caracterización de la superficie del terreno se presentó en 20 planos, los cuales fueron realizados utilizando el software civil 3D, para el análisis del terreno la longitud total del levantamiento se dividió en cuatro tramos, tres de ellos se localizan en caminos internos de la comunidad y uno de ellos se ubica entre el pozo hasta donde se localizará el tanque.

Los planos realizados se presentan en el anexo juego de planos láminas 1 al 20, donde se representa el plano general de conjunto y 19 planos que representan planta y perfil de los cuatros tramos estudiados.

Finalmente se observó un relieve montañoso, no obstante, las viviendas se localizan en áreas moderadamente planas, esto último facilitará el diseño de la red de construcción.

**Figura 18***Área de estudio topográfico*

*Nota.* Elaboración propia.

### **4.3. Aforo y Calidad del Agua**

#### **4.3.1. Aforo de la Fuente**

El pozo perforado se encuentra ubicado en las coordenadas  $X=574470.76$  m,  $Y=1466142.46$  m,  $Z=1,211.32$  m, contiguo a 200 m de la iglesia evangélica de la comunidad el Sontule-Mirafior.

El pozo fue aforado bajo la supervisión de técnicos de la alcaldía municipal de Estelí utilizando el método de aforo para captaciones subterráneas descrito en la norma NTON 09 007-19 pp. 25-26, la cual considera 24 horas de bombeo a caudal constante obteniendo un caudal de 4.42 l/s.

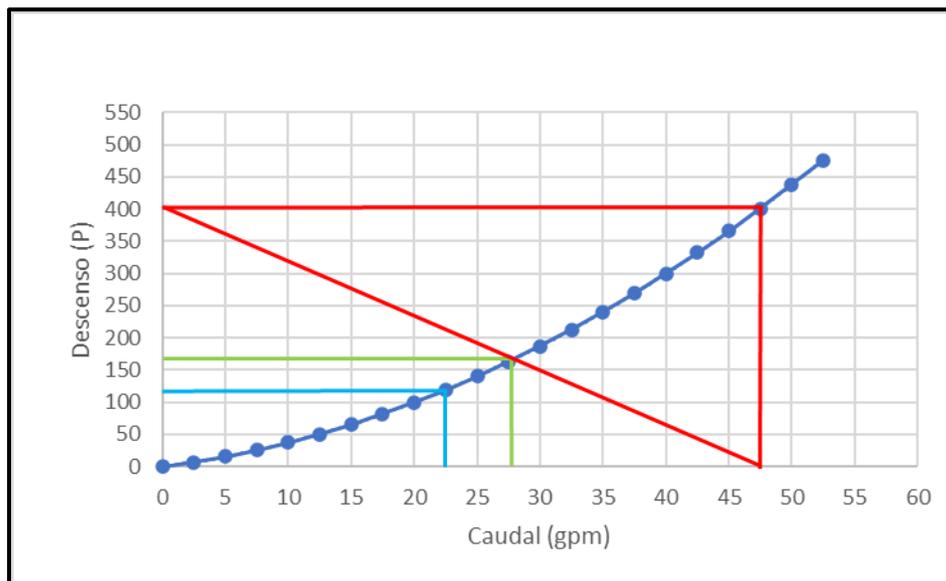
De acuerdo a la tabla 16 y la figura 19 el caudal de explotación del pozo es de 27.50 gpm con descenso de 162.69 pie, pudiendo aprovechar por un máximo de 2 horas un caudal de 47.50 gpm con un descenso de 401.09 pie. En el presente diseño el pozo será explotado con un caudal de 23.33 gpm con un descenso de 120 pie, siendo este resultado ligeramente inferior al caudal de explotación del pozo. A continuación se presentan los resultados del pozo que relacionan el caudal y el abatimiento.

**Tabla 16**  
*Caudal y Descenso*

<b>Caudal (gpm)</b>	<b>Descenso (Pie)</b>
0.00	0.00
2.50	6.89
5.00	15.36
7.50	25.41
10.00	37.04
12.50	50.25
15.00	65.04
17.50	81.41
20.00	99.36
22.50	118.89
25.00	140.00
27.50	162.69
30.00	186.96
32.50	212.81
35.00	240.24
37.50	269.25
40.00	299.84
42.50	332.01
45.00	365.76
47.50	401.09
50.00	438.00
52.50	476.48

*Nota.* Prueba de bombeo de construcciones y perforaciones S.A CONSPERSA

**Figura 19**  
 Curva tipo del pozo El Sontule - Estelí



*Nota. Prueba de bombeo de construcciones y perforaciones S.A CONSPERSA*

#### 4.3.2. Calidad del Agua

La realización de la prueba de calidad de agua pozo profundo se realizó en el mes de abril del año 2024, para corroborar las características de la calidad de agua que previamente se realizó en el año 2011.

Los valores de turbiedad y color verdadero fueron de 19.60 UNT, 8 mg/L(Pt-Co) respectivamente, observándose que únicamente la turbiedad no cumple con la norma CAPRE, la cual recomienda valores menores de 5 UNT.

De acuerdo a los resultados actuales de los parámetros fisicoquímicos, se encontró un PH de 6.76, los parámetros de los elementos alcalinos y alcalinotérreos mostraron los siguientes valores: Sodio 32.90 mg/l, Potasio 3.59 mg/l, Magnesio 1.98 mg/l, Calcio 9.78 mg/l. Todos estos valores cumplen con la norma CAPRE.

Así mismo se encontró Hierro total 1.83 mg Fe/L, manganeso 0.042 mg Mn/L, flúor 0.314 mg F/L, de estos valores únicamente el hierro no cumple con la norma CAPRE ya que el recomendado por la norma es de 0.3 mg Fe/L.

Del mismo modo, los datos obtenidos de parámetros bacteriológicos indican valores que cumplen con la norma establecida de  $2,2 \times 10^2$  NMP/100 ml coliforme total, 1.8 NMP/100 ml coliforme fecal y Negativo Escherichia coli, coliforme total y fecal no cumplen con la norma la cual recomienda que dichos valores deben ser negativos. (CAPRE, 1994, anexo 1, p. 10, cuadro 1).

En cuanto el arsénico este valor se encuentra dentro del rango recomendado por la norma el cual dio un valor menor que 0.002 mg/L, (CAPRE, 1994, anexo 1, p. 12 cuadro 5).

En cuanto al análisis desarrollado en el año 2011 se notaron aumento en la turbiedad, el pH, y en el Hierro. Este aumento repentino puede deberse a la oxidación del hierro en la columna de bombeo, lo que también es sustentado porque en la extracción de la muestra en el primer flujo observado una coloración típica de la oxidación del hierro, y aunque se dejó correr el flujo por más de 10 minutos, la coloración se redujo, pero aún persistió. Debido a que el pH observado en el 2011 fue de 6.47 siendo este un pH ácido facilitó la oxidación del hierro de la tubería de la columna de bombeo y la bomba. Para confirmar esta hipótesis se recomienda hacer al menos uno o dos pruebas adicionales de calidad de agua analizando las variables de turbidez y todas las variables físico-química.

En el anexo 4 se muestran los resultados del estudio de la calidad del agua.

#### 4.4. Diseño de Mini Acueducto MABE

A continuación, se describe el proceso de diseño del mini acueducto que inicia con la población y período de diseño, continuando con los cálculos hidráulicos y finalizando con la realización de los planos de diseño. Anexo juego de planos de diseño hidráulico hoja 21/54 a 45/52.

##### 4.4.1. Periodo de Diseño

Basado en la norma NTON 09 007-19 p. 20, se adoptó un período de diseño de 20 años recomendado para pozos perforados.

##### 4.4.2. Tasa de Crecimiento

Según datos del censo poblacional 2005 realizado por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), la población de la comunidad El Sontule – Miraflores fue de 245 habitantes, por otra parte el censo realizado en el 2023 por el equipo de estudiantes de la UNI reveló una población de 365 habitantes; con los datos anteriores se calculó la tasa de crecimiento poblacional entre el año 2005-2023 obteniéndose una tasa de crecimiento de 2.37%, por tanto, en cumplimiento de la norma NTON 09 007-19 p. 12, se adoptó una tasa de crecimiento del 2.5%. Los cálculos se presentan a continuación, los resultados detallados se presentan en la tabla 17.

$$r = \left( \frac{P_n}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

$$r = \left( \frac{365}{245} \right)^{\frac{1}{17}} - 1$$

$$r = 2.37 \%$$

**Tabla 17**

Tasa de crecimiento

Censos			Tasa de crecimiento	Tasa de crecimiento
Año	Población	Fuente	(r) Calculada	(r) Adoptada
2005	245 habitantes	INIDE	2.37%	2.5%
2023	365 habitantes	Censo propio		

Nota. Elaboración propia.

**4.4.3. Proyección de la Población**

Aplicando el método geométrico con ecuación 1, con una población inicial de 365 habitantes con tasa de crecimiento de 2.5% con una proyección a 20 años, se encontró una población futura de 598 habitantes, la cual se tomará en consideración para los cálculos de demanda de agua potable de la comunidad. A continuación, se presenta el resultado para el último día del período de diseño. En la tabla 18 se presenta los cálculos detallados.

$$P_n = 365 \text{ hab}(1 + 0.025)^{20}$$

$$P_n = 598 \text{ hab}$$

**Tabla 18***Población proyectada comunidad Sontule*

<b>No</b>	<b>Año</b>	<b>P<sub>n</sub></b>
<b>0</b>	2023	365
<b>1</b>	2024	374
<b>2</b>	2025	383
<b>3</b>	2026	393
<b>4</b>	2027	403
<b>5</b>	2028	413
<b>6</b>	2029	423
<b>7</b>	2030	434
<b>8</b>	2031	445
<b>9</b>	2032	456
<b>10</b>	2033	467
<b>11</b>	2034	479
<b>12</b>	2035	491
<b>13</b>	2036	503
<b>14</b>	2037	516
<b>15</b>	2038	529
<b>16</b>	2039	542
<b>17</b>	2040	555
<b>18</b>	2041	569
<b>19</b>	2042	584
<b>20</b>	2043	598

*Nota.* Elaboración propia.

#### 4.4.4. Dotación

Se adoptó una dotación de 80 lppd debido a que la población de la comunidad es dispersa, cumpliendo con la norma NTON 09 007-19 p. 15.

#### 4.4.5. Demanda

##### 4.4.5.1. Consumo Doméstico

El cálculo del consumo doméstico se realizó aplicando la ecuación 2, obteniendo un resultado de 0.554 l/s, para el último día diseño como se muestra a continuación:

$$CD = \frac{598 \text{ hab} \times (80 \text{ lppd})}{86400 \text{ s}}$$

$$CD = 0.554 \text{ l/s}$$

##### 4.4.5.2. Consumo Público o Institucional

El consumo comercial y el industrial no se tomó en cuenta debido a que es una zona rural dónde no existe, ni se prevé inversiones en el sector comercial e industrial. Por lo anterior solo se calculó el consumo institucional con la ecuación 3. Para el cálculo se aplicó el 7% al consumo doméstico, resultando para el consumo institucional o público un valor de 0.039 l/s.

$$C_{inst} = 0.554 \text{ l/s} \times \frac{7}{100}$$

$$C_{inst} = 0.039 \text{ l/s}$$

#### 4.4.5.3. Consumo Promedio Diario

El cálculo del consumo promedio diario (CPD) se hizo con la ecuación 4, resultando un valor de 0.593 l/s, como se muestra a continuación.

$$CPD = 0.554 \text{ l/s} + 0.039 \text{ l/s}$$

$$CPD = 0.593 \text{ l/s}$$

#### 4.4.5.4. Pérdidas Volumétricas

Las pérdidas en el sistema se calcularon aplicando el 15% al consumo promedio diario (CPD), debido a que en la comunidad hay menos de 500 viviendas, aplicando la ecuación 5 se obtuvo un valor de 0.089 l/s.

$$P = 0.593 \text{ l/s} \times \frac{15}{100}$$

$$P = 0.089 \text{ l/s}$$

#### 4.4.6. Caudal de Diseño

Para el dimensionamiento de la línea de conducción se utilizó el consumo máximo diario y para el dimensionamiento de la red de distribución se utilizó el consumo máximo horario.

##### 4.4.6.1. Consumo Máximo Diario

El consumo máximo diario (CMD) el cual se utilizó para el diseño de la columna de bombeo, sarta y línea de impulsión, se calculó con la ecuación 6, resultado un valor de 0.978 l/s. Los cálculos se muestran a continuación.

$$CMD = 1.5 \times (0.593 \text{ l/s}) + 0.089 \text{ l/s}$$

$$CMD = 0.978 \text{ l/s}$$

#### 4.4.6.2. Consumo Máximo Horario

El cálculo del consumo máximo horario (CMH), valor que se utilizó para el diseño de la red de distribución, se realizó con la ecuación 7, resultando un CMH de 1.57 l/s, como se muestra en los siguientes cálculos.

$$CMH = 2.5 \times (0.593 \text{ l/s}) + 0.089 \text{ l/s}$$

$$CMH = 1.57 \text{ l/s}$$

#### 4.4.7. Diseño Hidráulico del Sistema

Una vez obtenida la demanda, se procedió con el diseño hidráulico de la línea de conducción, partiendo del consumo máximo diario (CMD) de 0.978 l/s. El sistema de bombeo se hará desde un pozo perforado. Los cálculos se iniciaron con la columna de bombeo, seguida de la sarta y la línea de impulsión. A continuación, se presenta los resultados del diseño.

##### 4.4.7.1. Caudal de Bombeo

El caudal se basará en 16 horas de bombeo, aplicando la ecuación 8, OPS-COSUDE (2005) p. 6., resultando 1.47 l/s, a continuación, se presentan los resultados.

$$Q_B = 0.978 \text{ l/s} \times \frac{24}{16}$$

$$Q_B = 1.47 \text{ l/s}$$

##### 4.4.7.2. Diseño de la Columna de Bombeo

Seguidamente se propone selección de diámetro nominal, longitud, velocidades y pérdidas de carga de columna de bombeo.

#### 4.4.7.2.1. Diámetro

Debido a que el caudal de bombeo fue de 1.47 l/s en cumplimiento de la norma NTON 09 007-19 p. 32, se adoptó un diámetro nominal de 50 mm, por lo cual se adoptó una tubería comercial 2" HG cedula 40 con diámetro interno 52.48 mm.

#### 4.4.7.2.2. Longitud

La longitud de la tubería se calculó tomando en cuenta el nivel dinámico del agua (NDA) de 120 pie (36.58 m), 6 m de sumergencia y 6 m por variación estación, estos últimos valores dan cumplimiento a la norma NTON 09 007-19 p. 31-32.

$$L = 36.58 \text{ m} + 6 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$L = 48.58 \text{ m}$$

#### 4.4.7.2.3. Velocidad

La velocidad de flujo se calculó con la ecuación 9, resultando 0.678 m/s, a continuación, se presentan los resultados.

$$v = \frac{0.00147 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times \frac{(0.05248 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v = 0.678 \text{ m/s}$$

#### 4.4.7.2.4. Pérdidas de Carga

Las pérdidas de carga de la columna de bombeo se calcularon mediante la ecuación 10, de Hazen - Williams, obteniéndose un resultado de 0.627 m, como se observa a continuación:

$$h_f = \left[ \frac{10.679 \times \left( \frac{0.00147 \text{ m}^3}{s} \right)^{1.85}}{(130)^{1.85} (0.05248 \text{ m})^{4.87}} \right] \times 48.58 \text{ m}$$

$$h_f = 0.627 \text{ m}$$

#### 4.4.7.2.5. Criterio de Diseño

Debe cumplirse que la pérdida de carga por fricción sea menor que el 5% de la longitud de la columna, obteniéndose un valor para este criterio de diseño 2.73 m, por tanto, siendo la pérdida de carga por fricción de 0.627 m y el criterio de diseño de 2.73 m se cumple con lo establecido en la norma NTON 09 007-19 pp. 31-32.

#### 4.4.7.3. Sarta

A continuación, se presenta la selección del diámetro, longitud, velocidades y pérdidas de carga en la sarta.

##### 4.4.7.3.1. Diámetro

El diseño del diámetro de la sarta de basó en el caudal de bombeo y la norma NTON 09 007-19 p. 35, la cual es la relación del caudal y diámetro. Por tanto, debido que el caudal de diseño fue de 1.47 l/s se adoptó un diámetro nominal de 50 mm que corresponde a un diámetro comercial de 2" H°G° clase 40 con diámetro interno de 52.48 mm.

#### 4.4.7.3.2. Longitud

En el diseño de sarta, se adoptó una longitud típica de 6 m, que se recomienda para tuberías con diámetros menores de 3 m, donde se colocarán todos los accesorios que recomienda la norma NTON 09 007- 19 p. 35.

#### 4.4.7.3.3. Velocidad

La velocidad de flujo se calculó con la ecuación 9, siendo esta de 0.678 m/s, como se observa a continuación:

$$v = \frac{0.00147 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times \frac{(0.05248 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v = 0.678 \text{ m/s}$$

#### 4.4.7.3.4. Pérdida por Fricción

La pérdida por fricción en la sarta se calculó con la ecuación 10, de Hazen - Williams, obteniéndose un valor de 0.077 m. A continuación, se presentan los cálculos:

$$h_f = \left[ \frac{10.679 \times (0.00147 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(130)^{1.85} (0.05248 \text{ m})^{4.87}} \right] \times 6 \text{ m}$$

$$h_f = 0.077 \text{ m}$$

#### 4.4.7.3.5. Pérdidas Locales.

Para el cálculo de las pérdidas locales primero se obtuvieron los coeficientes de pérdidas locales de los accesorios de la sarta los que se presentan en la tabla 19, posteriormente se aplicó la ecuación 11, encontrándose un valor para las pérdidas locales de 0.295 m como se muestra a continuación:

**Tabla 19***Pérdidas por accesorio en la sarta*

Accesorio	Cantidad	K	KT
Tee HG 2"	1	1.8	1.8
Tee HG 2" línea Recta	1	0.3	0.3
Medidor HG 2"	1	6.2	6.2
Válvula retención HG 2"	1	2.5	2.5
Unión HG 2"	2	0.3	0.6
Válvula compuerta HG 2"	1	0.2	0.2
Codos 45 HG 2"	2	0.4	0.8
Reducción brusca HG 2 x 1 1/2"	1	0.17	0.17
$\Sigma$			12.57

Nota. Elaboración propia.

$$h_l = \sum 12.57 \times \frac{(0.678 \text{ m/s})^2}{2 (9.81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_l = 0.295 \text{ m}$$

#### 4.4.7.3.6. Pérdida en la Sarta

Aplicando la ecuación 12 se calcularon todas las pérdidas de carga en la sarta, la cual dio como resultado 0.372 m, siendo ésta la suma de las pérdidas por fricción y pérdidas locales, como se muestra a continuación:

$$h_{ts} = 0.077 \text{ m} + 0.295 \text{ m}$$

$$h_{ts} = 0.372 \text{ m}$$

#### 4.4.7.4. Línea de Impulsión

Posteriormente se propone la selección del diámetro teórico, comercial, longitud, velocidades, pérdidas de carga en línea de impulsión y carga dinámica total.

Los cálculos del diseño se muestran a continuación:

##### 4.4.7.4.1. Diámetro Teórico

Se le llama línea de impulsión al tramo desde la sarta hasta el tanque de almacenamiento.

El diámetro de la misma se calculó con la ecuación 13, resultando un diámetro teórico de 0.048 m. Los resultados de los cálculos se presentan a continuación:

$$D = 0.9 \times (0.00147 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.048 \text{ m}$$

##### 4.4.7.4.2. Diámetro Comercial

Tomando en cuenta el diámetro teórico de 48 mm se adoptó diámetro comercial de 2" en PVC, la que de acuerdo a las presiones hidrostáticas y sobre presiones se seleccionaron cédulas SDR 11, ASTM D-2846 y SDR 13.5, 17, 26 ASTM 2241, los diámetros internos fueron respectivamente: 43.62, 51.36, 53.20 y 55.70 mm.

#### 4.4.7.4.3. Longitud

La longitud desde el pozo hasta el tanque de acuerdo al levantamiento topográfico fue de 3,488 m. La longitud de la línea de impulsión se dividió en 5 tramos en los cuales se asignaron tuberías de acuerdo su resistencia, como se presenta en la tabla 20 y la figura 20.

**Tabla 20**

*Progresivas de la línea de conducción*

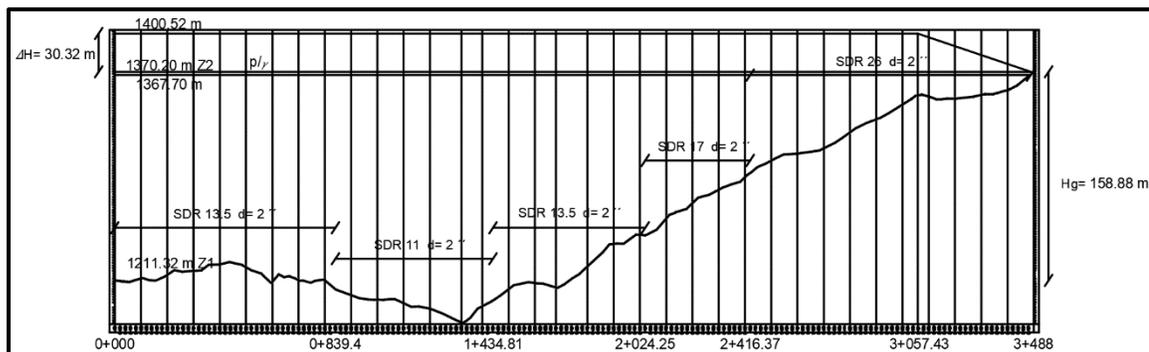
Tramo	Progresiva	Longitud (m)	Tipo	Presión máxima (m.c.a)
1	0+000 - 0+839.4	839.4	SDR 13.5	224
2	0+839.4 - 1+434.81	595.41	SDR 11	280
3	1+434.81 - 2+024.25	589.44	SDR 13.5	224
4	2+024.25 - 2+416.37	392.12	SDR 17	175
5	2+416.37 - 3+488	1070.72	SDR 26	112
Li	0+000 - 3+488	3488		

*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 20 se observa una altura geométrica entre la sarta y la descarga del tanque 158.88 m, así mismo se muestra una sobre presión 30.32 m causada por el golpe de ariete, esto último se tratará con más detalle en incisos posteriores. Por tanto, se tiene una presión total de 189.20 m al inicio de la línea de impulsión, estación 0+000 y una máxima presión en la estación 1+320 con un valor de 221.18 m, así mismo la presión mínima se observó en la descarga del tanque con un valor de 2.5 m en la estación 3+488.

**Figura 20**

*Esquema de sobre presión*



*Nota:* Elaboración propia.

#### 4.4.7.4.4. Velocidad

Aplicando la ecuación 9, se calcularon las velocidades en los 5 tramos que fueron descritos previamente en la tabla 20, obteniéndose velocidades de 0.708 m/s, 0.981 m/s, 0.708 m/s, 0.66 m/s y 0.60 m/s, para los tramos 1,2,3,4 y 5 respectivamente. También se calculó la velocidad ponderada en toda la línea de impulsión obteniéndose un valor de 0.698 m/s, la cual cumple con la norma NTON 09 007-19 pp. 39-40, los resultados se presentan a continuación:

Tramo 1 SDR 13.5

$$v = \frac{0.00147 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times \frac{(0.05136 \text{ m})^2}{4}}$$

$$V = 0.708 \text{ m/s}$$

Tramo 2 SDR 11

$$v = \frac{0.00147 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times \frac{(0.04362 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v = 0.981 \text{ m/s}$$

Tramo 3 SDR 13.5

$$v = \frac{0.00147 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times \frac{(0.05136 \text{ m})^2}{4}}$$

$$V = 0.708 \text{ m/s}$$

Tramo 4 SDR 17

$$v = \frac{0.00147 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times \frac{(0.0532 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v = 0.66 \text{ m/s}$$

Tramo 5 SDR 26

$$v = \frac{0.00147 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times \frac{(0.0557 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v = 0.602 \text{ m/s}$$

Velocidad ponderada de los 5 tramos

$$\frac{L}{v} = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} + \frac{L_3}{v_3} \dots$$

$$\frac{L}{v} = \frac{839.40 \text{ m}}{0.708 \text{ m/s}} + \frac{595.41 \text{ m}}{0.981 \text{ m/s}} + \frac{589.44 \text{ m}}{0.708 \text{ m/s}} + \frac{392.12 \text{ m}}{0.66 \text{ m/s}} + \frac{1070.72 \text{ m}}{0.602 \text{ m/s}}$$

$$\frac{L}{v} = 4998.45 \text{ s}$$

$$v = \frac{L}{\sum \frac{L_1}{v_1}}$$

$$v = \frac{3488 \text{ m}}{4998.45 \text{ s}}$$

$$v = 0.698 \text{ m/s}$$

#### 4.4.7.4.5. Pérdida de Carga por Fricción

Las pérdidas de carga por fricción en la línea de impulsión se calcularon en cada uno de los 5 tramos, teniendo valores de 9.20 m en el tramo 1, 14.45 m en el tramo 2, 6.46 m en el tramo 3, 3.62 m para el tramo 4 y 7.90 m en el tramo 5, todos los cálculos se realizaron con la ecuación 10 de Hazen - Williams, las pérdidas totales por fricción en todos los tramos fue de 41.63 m, como se describe a continuación:

Tramo 1 SDR 13.5

$$h_f = \left[ \frac{10.679 \times (0.00147 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(150)^{1.85} (0.05136 \text{ m})^{4.87}} \right] \times 839.4 \text{ m}$$

$$h_f = 9.20 \text{ m}$$

Tramo 2 SDR 11

$$h_f = \left[ \frac{10.679 \times (0.00147 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(150)^{1.85} (0.04362 \text{ m})^{4.87}} \right] \times 595.41 \text{ m}$$

$$h_f = 14.45 \text{ m}$$

Tramo 3 SDR 13.5

$$h_f = \left[ \frac{10.679 \times (0.00147 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(150)^{1.85} (0.05136 \text{ m})^{4.87}} \right] \times 589.44 \text{ m}$$

$$h_f = 6.46 \text{ m}$$

Tramo 4 SDR 17

$$h_f = \left[ \frac{10.679 \times (0.00147 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(150)^{1.85} (0.0532 \text{ m})^{4.87}} \right] \times 392.12 \text{ m}$$

$$h_f = 3.62 \text{ m}$$

Tramo 5 SDR 26

$$h_f = \left[ \frac{10.679 \times (0.00147 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(150)^{1.85} (0.0557 \text{ m})^{4.87}} \right] \times 1070.72 \text{ m}$$

$$h_f = 7.90 \text{ m}$$

Todos los tramos

$$\sum h_f = 41.63 \text{ m}$$

#### 4.4.7.4.6. Carga Dinámica Total

El cálculo de carga dinámica total (CDT) se basa en la ecuación 14, donde la carga estática (H) se determina como la diferencia entre cota en la descarga del tanque (1370.20 m) y la cota del nivel del pozo (1211.32 m), además del nivel dinámico del agua (36.58 m), resultando en  $H = 195.46 \text{ m}$ . Posteriormente, se incorporan las pérdidas según la ecuación 15, que abarca las pérdidas en la columna de bombeo, en la sarta y en la línea de impulsión. Finalmente, con la ecuación 16, se obtiene un valor para la carga dinámica total de 238.09 m. A continuación, se detalla el cálculo de la carga estática, las pérdidas y la carga dinámica total.

$$H = 1370.20 \text{ m} - 1211.32 \text{ m} + 36.58 \text{ m}$$

$$H = 195.46 \text{ m}$$

$$h_f = 0.627 \text{ m} + 0.077 \text{ m} + 41.63 \text{ m}$$

$$h_f = 42.334 \text{ m}$$

$$CDT = 195.46 \text{ m} + 42.334 \text{ m} + 0.295 \text{ m}$$

$$CDT = 238.09 \text{ m}$$

#### 4.4.8. Golpe de Ariete

Aplicando la ecuación 17, se calcularon las celeridades en los 5 tramos que fueron descritos previamente en la tabla 20, obteniéndose celeridades de 476.70 m/s, 546.26 m/s, 476.70 m/s, 422.97 m/s y 338.46 m/s, para los tramos 1,2,3,4 y 5 respectivamente. También se calculó la celeridad ponderada en toda la línea de impulsión obteniéndose un valor de 426.41 m/s, teniendo en cuenta un módulo de elasticidad del PVC,  $\varepsilon = 3 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2$  los resultados se presentan a continuación:

SDR 13.5

$$a = \frac{9900 \text{ m/s}}{\sqrt{48.3 + \left( \frac{10^{10} \text{ Kg/m}^2}{3 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2} \right) \frac{0.05136 \text{ m}}{0.0045 \text{ m}}}}$$

$$a = 476.70 \text{ m/s}$$

SDR 11

$$a = \frac{9900 \text{ m/s}}{\sqrt{48.3 + \left( \frac{10^{10} \text{ Kg/m}^2}{3 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2} \right) \frac{0.04362 \text{ m}}{0.0052 \text{ m}}}}$$

$$a = 546.26 \text{ m/s}$$

SDR 13.5

$$a = \frac{9900 \text{ m/s}}{\sqrt{48.3 + \left( \frac{10^{10} \text{ Kg/m}^2}{3 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2} \right) \frac{0.05136 \text{ m}}{0.0045 \text{ m}}}}$$

$$a = 476.70 \text{ m/s}$$

SDR 17

$$a = \frac{9900 \text{ m/s}}{\sqrt{48.3 + \left( \frac{10^{10} \text{ Kg/m}^2}{3 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2} \right) \frac{0.0532 \text{ m}}{0.0036 \text{ m}}}}$$

$$a = 422.97 \text{ m/s}$$

SDR 26

$$a = \frac{9900 \text{ m/s}}{\sqrt{48.3 + \left( \frac{10^{10} \text{ Kg/m}^2}{3 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2} \right) \frac{0.0557 \text{ m}}{0.0023 \text{ m}}}}$$

$$a = 338.46 \text{ m/s}$$

Celeridad ponderada 5 tramos

$$\frac{L}{a} = \frac{L_1}{a_1} + \frac{L_2}{a_2} + \frac{L_3}{a_3} \dots$$

$$\frac{L}{a} = \frac{839.40 \text{ m}}{476.70 \text{ m/s}} + \frac{595.41 \text{ m}}{546.26 \text{ m/s}} + \frac{589.44 \text{ m}}{476.70 \text{ m/s}} + \frac{392.12 \text{ m}}{422.97 \text{ m/s}} + \frac{1070.72 \text{ m}}{338.46 \text{ m/s}}$$

$$\frac{L}{a} = 8.18 \text{ s}$$

$$a = \frac{L}{\sum \frac{L_1}{a_1}}$$

$$a = \frac{3488 \text{ m}}{8.16 \text{ s}}$$

$$a = 426.41 \text{ m/s}$$

#### 4.4.8.1. Tiempo del Ciclo de la Onda de Presión

El tiempo del ciclo de la onda de presión se calculó mediante la ecuación 18 obteniendo como resultado 16.4 s, a continuación, se presentan los cálculos:

$$t = \frac{2(3488 \text{ m})}{426.41 \text{ m/s}}$$

$$t = 16.4 \text{ s}$$

#### 4.4.8.2. Tiempo de Parada

El tiempo de parada se calculó con la ecuación 19, de Mendiluce, resultado un valor de 2.02 s. El valor de coeficiente (C) de Mendiluce se seleccionó partiendo de la relación altura manométrica y longitud de la línea de impulsión (Hm/L) la cual tuvo un valor 0.07, por lo que según la tabla 21 se adoptó un valor para C un valor igual a 1.

Así mismo tomando en cuenta la línea de conducción de 3488 m se adoptó un valor para el coeficiente (K) de Mendiluce, que según la tabla 22 el valor de K debe ser igual a 1.

A continuación, se presentan los cálculos:

$$T = 1 + \frac{1 \times 3488 \text{ m} \times 0.698 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2 \times 238.09 \text{ m}}$$

$$T = 2.02 \text{ s}$$

**Tabla 21**

*Valores de C según la gradiente hidráulica*

<b>i</b>	<b>C</b>
<b>&lt; 20 %</b>	1
<b>&gt; 40 %</b>	0
<b>≈ 30 %</b>	0.6

*Nota.* Escuela Universitaria de Ingeniería Agrícola de Ciudad Real.

**Tabla 22**

*Valores de K según la longitud de la línea de conducción*

<b>L(m)</b>	<b>K</b>
<b>&lt; 500</b>	2
<b>≈ 500</b>	1.75
<b>500 &lt; L &lt; 1500</b>	1.5
<b>≈ 1500</b>	1.25
<b>&gt;1500</b>	1

*Nota.* Escuela Universitaria de Ingeniería Agrícola de Ciudad Real.

#### **4.4.8.3. Tiempo Crítico**

Debido a que el tiempo de parada de la válvula fue de 2.02 s y este valor es menor que el tiempo de la onda de presión, teniendo este último un valor de 16.4 s, a continuación, se presenta el análisis del tiempo crítico observándose un cierre rápido.

$$T < t, \text{ cierre rápido}$$

$$T > t, \text{ cierre lento}$$

$$T = 2.02 \text{ S} < t = 16.4 \text{ S} : \text{ Cierre rápido}$$

#### 4.4.8.4. Longitud Crítica

Se calculó la longitud crítica con la ecuación 20, obteniendo un valor de 429.66 m, indicándose a continuación:

$$L_c = \frac{426.41 \text{ m/s} (2.02 \text{ s})}{2}$$

$$L_c = 429.66 \text{ m}$$

#### 4.4.8.5. Longitud de Máxima Presión

La longitud donde se presenta la máxima presión se calculó con la ecuación 21, encontrándose una longitud de 3,057.43 m en la cual se presentan las presiones máximas de la línea de impulsión, a continuación, se muestran los cálculos:

$$L_m = 3,488 \text{ m} - 429.66 \text{ m}$$

$$L_m = 3,057.43 \text{ m}$$

#### 4.4.8.6. Tipo de Impulsión

Dado que la longitud crítica es menor que la longitud de la línea de conducción, se tiene una impulsión larga como se observa:

$$L = 3,488 \text{ m} > L_c = 429.66 \text{ m} : \text{ es impulsión larga.}$$

#### 4.4.8.7. Cálculo de Sobrepresión

Debido a que se tiene una instalación con tipo de cierre rápido con impulsión larga se adopta el cálculo de sobrepresión con la ecuación 23 de Allievi, dando como resultado 30.32 m como se describe a continuación:

$$\Delta_H = \frac{426.41 \text{ m/s} (0.698 \text{ m/s})}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

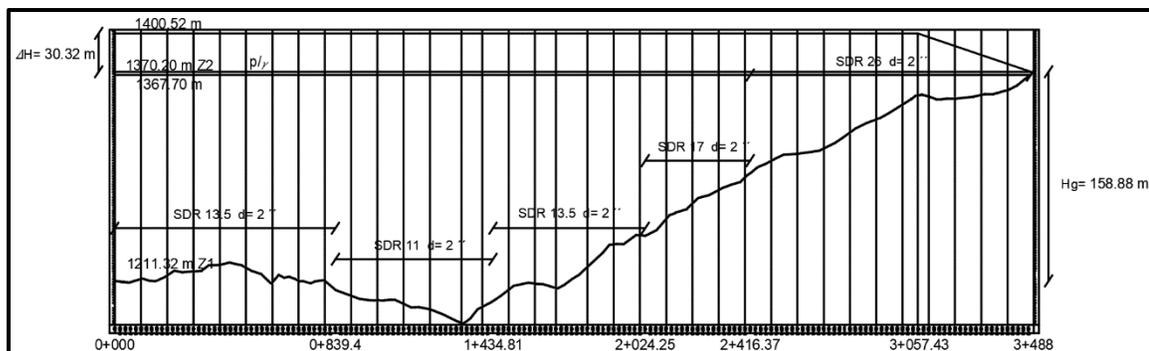
$$\Delta_H = 30.32 \text{ m}$$

#### 4.4.8.8. Cálculo Presión Total

La presión total en el sistema se calculó sumando la carga hidrostática de 158.88 m (figura 21) a la sobrepresión con valor de 30.32 m, resultando una presión total de 189.20 m o 268.67 psi, en la sarta y 221.18 m o 314.08 PSI en el punto más bajo de línea de impulsión estación 1+320.

Dado que la tubería de conducción se diseñó con PVC 2" SDR 11, 13.5, 17, 26, con resistencia de 400, 320, 250 y 160 psi, se concluye que la tubería resistirá la sobre presión causada por el golpe de ariete, siendo por tanto un diseño adecuado.

En la figura 21, se presentan, las diferentes cargas, la sobrepresión, longitud y longitud crítica, características de cierre rápido e impulsión larga.

**Figura 21***Esquema de sobre presión*

*Nota.* Elaboración propia.

#### 4.4.8.9. Potencia de la Bomba

Basados en el caudal de bombeo a 20 años atendiendo a la vida útil de las bombas y sus respectivas cargas dinámicas (CDT) se calculó con la ecuación 24, la potencia de las mismas, resultando una potencia teórica de 5.73 HP. A continuación, se presentan los cálculos.

$$P = \frac{9777 \frac{N}{m^3} (0.00147 m^3/s) 238.09 m}{746 (0.8)}$$

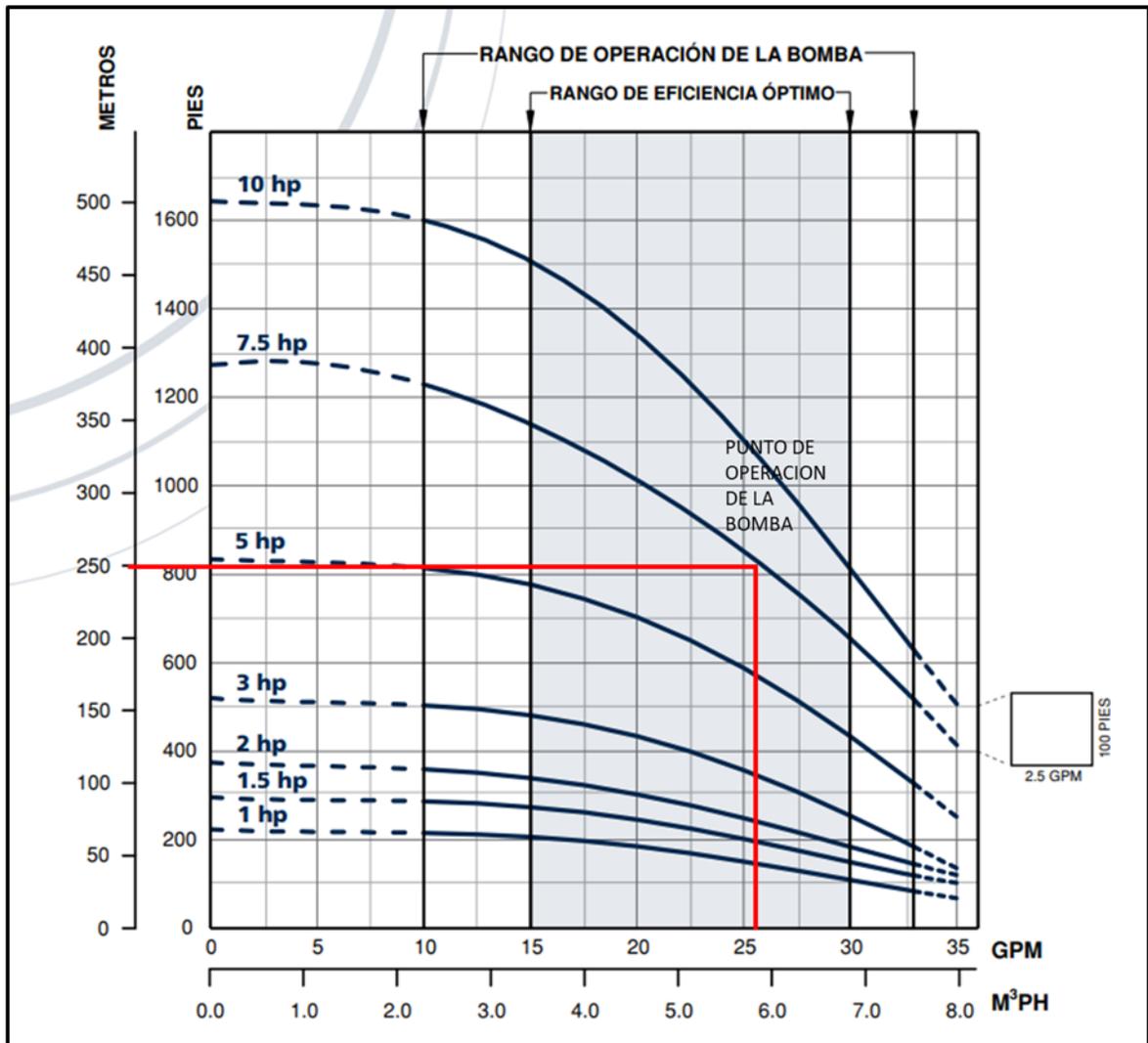
$$P = 5.73 HP$$

#### 4.4.8.10. Selección de la Bomba Comercial

Se seleccionó una bomba Franklin Electric de 4", modelo 4400-Tri-Seal de 7.5 HP con capacidad de 25 GPM, como se muestra en la figura 22, observándose que el punto de operación de la bomba se encuentra en la zona de eficiencia recomendada por el fabricante.

Figura 22

Nomograma de operación de la bomba



Nota. Franklin Electric.

#### 4.4.9. Tanque de Almacenamiento

##### 4.4.9.1. Volumen de Tanque

Para el cálculo del volumen de almacenamiento del tanque, según la norma NTON 09007-19 p. 53, el volumen de almacenamiento lo componen la suma del volumen compensador y volumen de reserva, siendo estos el 25% del CMD más fugas y el 15% del CMD respectivamente. Según la ecuación 25 el volumen compensador fue de  $9.81 \text{ m}^3$  y de acuerdo la ecuación 26 volumen de reserva  $5.12 \text{ m}^3$ , y el volumen total de la ecuación 27 fue de  $15 \text{ m}^3$ .

$$V_C = \left( 0.593 \frac{l}{s} + 0.089 \frac{l}{s} \right) \times \frac{25}{100} \times 16 \text{ h} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}}$$

$$V_C = 9.81 \text{ m}^3$$

$$V_R = 0.593 \text{ l/s} \times \frac{15}{100} \times 16 \text{ h} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}}$$

$$V_R = 5.12 \text{ m}^3$$

$$V_T = 9.81 \text{ m}^3 + 5.12 \text{ m}^3$$

$$V_T = 15 \text{ m}^3$$

#### 4.4.9.2. Tipo de Tanque

Se seleccionó un tanque de polietileno de alta densidad con las siguientes características: Volumen – 15000 l, altura 3.90 m, diámetro 2.40 m, placa 0.20 m, diámetro de tapa 0.45 y peso 400 kg.

#### 4.4.9.3. Ubicación del Tanque

El tanque se encontrará ubicado en las coordenadas X= 576222.350, Y= 1466174.337 y Z= 1,367.70 m. Esta posición proporciona información precisa sobre la localización tridimensional del tanque.

#### 4.4.10. Desinfección

La desinfección se realizó con hipoclorito de sodio al 12% y la capacidad de cloro se calculó con la ecuación 28, (INAA, 1999, p. 96). El resultado de la capacidad de cloro fue de 0.11 kg/día, correspondiendo esto a 0.92 l de hipoclorito de sodio al 12% por día.

De acuerdo a la norma el hipoclorito de sodio al 12% debe diluirse entre al 1% y el 3%, en este caso se adoptó una disolución al 2%, por tanto, se tendrá un volumen 45.83 l de hipoclorito de sodio al 2%, volumen que se aplicará en 16 h de bombeo aplicando por tanto una tasa de 2.86 l/h.

$$c_a = \frac{84.47 \frac{m^3}{dia} \times 2.12 \frac{mg}{l}}{1000}$$

$$c_a = 0.18 \text{ kg/dia}$$

$$\text{Volumen de NaOCl 12\%} = \left( 0.18 \frac{kg}{dia} \times \frac{1000 \text{ gr}}{1 \text{ kg}} \right) \frac{1 \text{ l}}{120 \text{ gr}}$$

$$\text{Volumen de NaOCl 12\%} = 1.5 \text{ l}$$

$$\text{Volumen de NaOCl 2\%} = \left( \frac{0.92 \text{ l}}{0.02} \right)$$

*Volumen de NaOCl 2% = 75 l*

$$Tasa\ de\ aplicación = \frac{45.83\ l}{16\ h}$$

$$Tasa\ de\ aplicación = 4.69\ l/h$$

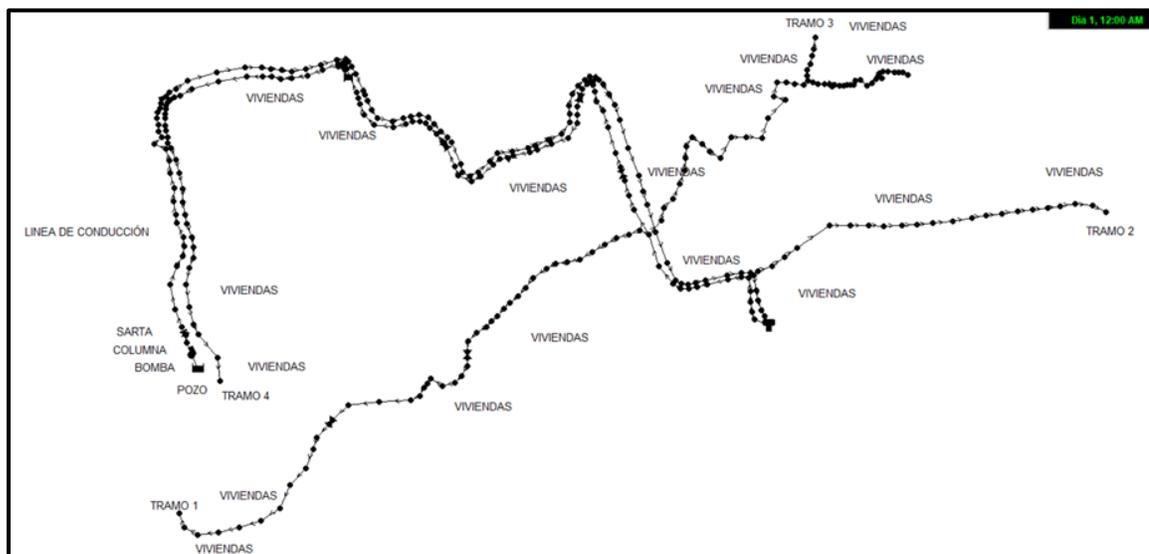
#### 4.4.11. Simulación Hidráulica

Previo a la simulación, Epanet se configuró para cálculos de pérdidas de carga con Hazen-Williams, caudal en l/s y resto de variables en el sistema internacional.

La simulación con Epanet, se observa en la figura 23, la cual se realizó con bomba Franklin Electric de 7.5 HP, con capacidad de 25 GPM, cuyo punto de operación se encuentra en la curva con abscisa de 26 GPM y ordenada 253.02 m. La red es una red abierta, la cual abastece las diferentes zonas de la comunidad.

**Figura 23**

*Topología de la red, comunidad El Sontule*



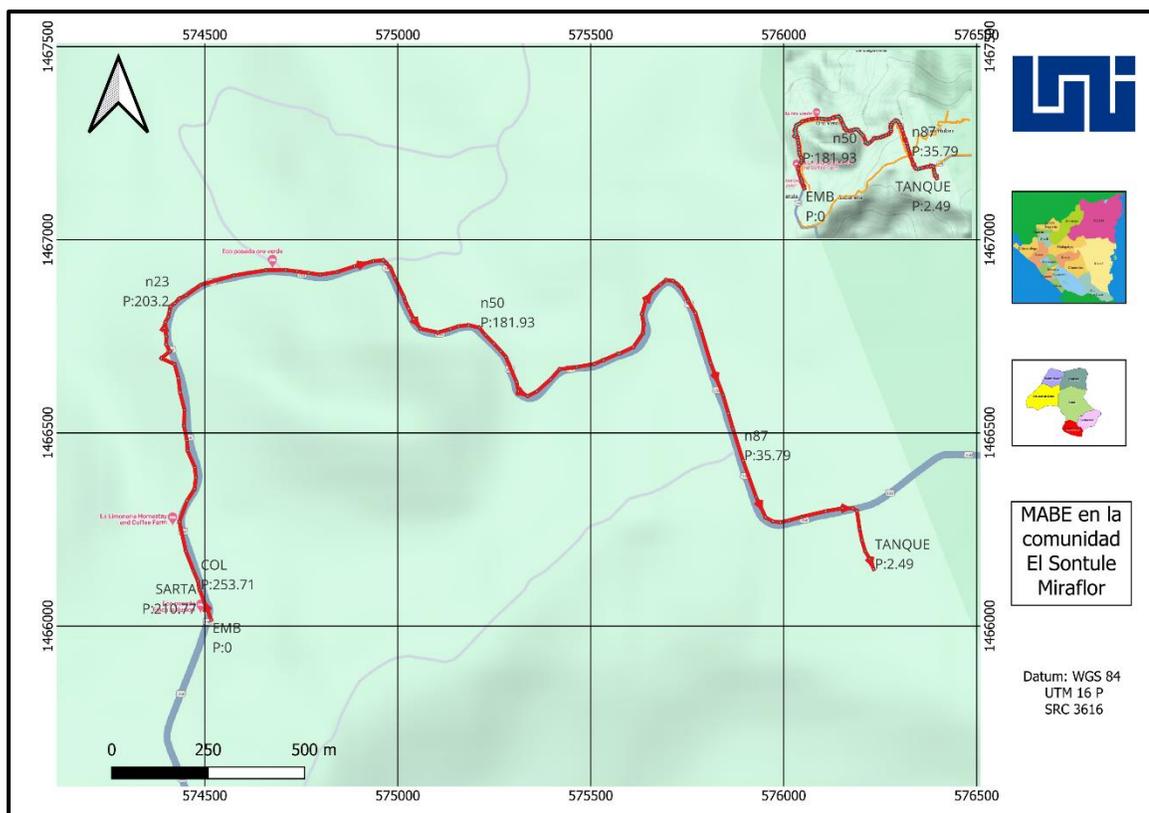
*Nota.* Elaboración propia.

#### 4.4.11.1. Simulación de la Línea de Conducción

La topología de la línea de conducción se presenta en la figura 24, la cual fue dotada de una bomba Franklin Electric sumergible que sirve para el llenado del tanque de almacenamiento.

**Figura 24**

*Línea de conducción*



*Nota.* Elaboración propia.

La longitud total de la línea de conducción fue de 3,547.76 m por la cual circula un caudal de 1.63 l/s con una velocidad de flujo 0.79 m/s, 1.09 m/s, 0.79 m/s, 0.74 m/s y 0.67 m/s para las tuberías de 2". SDR 13.5, SDR 11, SDR 17 y SDR 26 respectivamente, todas las velocidades cumplen con la norma NTON 09 007 - 19 pp. 39-40, la cual establece una velocidad mínima de 0.6 m/s y una máxima de 1.5 m/s.

Igualmente, las pérdidas de carga fueron de 13.11 m/km, 29.06 m/km, 13.11 m/km, 11.05 m/km y 8.78 m/km que corresponden a los tramos de tubería de 2". SDR 13.5, SDR 11, SDR 17 y SDR 26 respectivamente. En la tabla 23 se presenta las características de la tubería y las variables hidráulica del flujo en las mismas.

**Tabla 23**

*Tuberías y sus características, variables hidráulicas de la línea de conducción*

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
p1	48.59	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p2	78.48	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p3	57.82	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p4	36.88	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p5	29.49	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p6	26.93	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p7	46.48	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p8	27.44	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p9	38.36	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p10	41.16	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p11	46.95	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p12	37.16	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p13	37.38	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p14	38.40	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p15	29.25	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p16	20.31	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p17	20.60	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p18	21.65	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p19	16.77	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p20	14.74	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p21	15.02	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p22	13.06	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p23	14.01	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p24	16.70	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p25	20.39	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p26	45.38	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p27	89.88	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p28	85.59	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p29	50.43	43.62	150	1.63	1.09	29.06

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
p30	29.82	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p31	30.75	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p32	30.31	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p33	43.57	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p34	47.95	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p35	50.89	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p36	25.99	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p37	11.23	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p38	17.63	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p39	27.85	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p40	53.52	43.62	150	1.63	1.09	29.06
p41	14.27	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p42	20.44	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p43	30.29	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p44	30.04	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p45	46.75	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p46	33.68	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p47	21.98	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p48	26.63	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p49	28.11	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p50	25.47	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p51	31.42	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p52	26.39	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p53	20.40	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p54	71.66	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p55	24.77	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p56	27.41	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p57	26.98	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p58	48.33	51.36	150	1.63	0.79	13.12
p59	34.42	51.36	150	1.63	0.79	13.11
p60	43.51	53.2	150	1.63	0.74	11.05
p61	1.00	53.2	150	1.63	0.74	11.05
p62	48.63	53.2	150	1.63	0.74	11.05
p63	23.60	53.2	150	1.63	0.74	11.05
p64	0.97	53.2	150	1.63	0.74	11.01
p65	42.79	53.2	150	1.63	0.74	11.05
p66	3.63	53.2	150	1.63	0.74	11.07
p67	40.24	53.2	150	1.63	0.74	11.05
p68	42.82	53.2	150	1.63	0.74	11.05
p69	23.96	53.2	150	1.63	0.74	11.05

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
<b>p70</b>	26.34	53.2	150	1.63	0.74	11.05
<b>p71</b>	36.12	53.2	150	1.63	0.74	11.05
<b>p72</b>	31.35	53.2	150	1.63	0.74	11.05
<b>p73</b>	27.16	53.2	150	1.63	0.74	11.05
<b>p74</b>	18.41	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p75</b>	18.10	55.7	150	1.63	0.67	8.84
<b>p76</b>	14.07	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p77</b>	17.02	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p78</b>	35.18	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p79</b>	0.46	55.7	150	1.63	0.67	8.78
<b>p80</b>	37.29	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p81</b>	48.38	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p82</b>	86.50	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p83</b>	89.75	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p84</b>	49.09	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p85</b>	42.88	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p86</b>	86.15	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p87</b>	82.24	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p88</b>	58.46	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p89</b>	21.56	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p90</b>	19.15	55.7	150	1.63	0.67	8.84
<b>p91</b>	23.21	55.7	150	1.63	0.67	8.84
<b>p92</b>	32.18	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p93</b>	65.96	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p94</b>	43.91	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p95</b>	30.87	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p96</b>	15.17	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p97</b>	47.41	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p98</b>	29.90	55.7	150	1.63	0.67	8.84
<b>p99</b>	30.46	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>p100</b>	21.96	55.7	150	1.63	0.67	8.83
<b>SARTA</b>	6.00	52.48	130	1.63	0.76	76.35
<b>COLUMNA</b>	54.67	52.48	130	1.63	0.76	15.39
<b>TANQUE</b>	5.00	55.7	150	1.63	0.67	8.84
<b>BOMBA</b>				1.63	0	-252.67
	3547.76					

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a las cotas de la tabla 24 se tiene una carga estática de 199.05 m, observándose la presión mínima con un valor de cero en el embalse y la máxima presión de 252.67 m en la columna de bombeo, la cual corresponde a la carga dinámica total que genera la bomba Franklin Electric de 7.5 HP, con capacidad de 25 GPM. Debido a las altas presiones que deben resistir las tuberías se seleccionaron las cédulas SDR 11, SDR 13, SDR 17 Y SDR 26, las cuales fueron descritas anteriormente.

**Tabla 24**

Cotas y presiones de la línea de conducción

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
<b>EMB</b>	1168.65		1168.65	0.00
<b>COL</b>	1168.65	0	1421.32	252.67
<b>SARTA</b>	1211.32	0	1420.48	209.16
<b>n1</b>	1211.32	0	1420.02	208.70
<b>n2</b>	1210.08	0	1419.38	209.30
<b>n3</b>	1211.34	0	1418.35	207.01
<b>n4</b>	1214.22	0	1417.59	203.37
<b>n5</b>	1219.09	0	1417.11	198.02
<b>n6</b>	1217.84	0	1416.72	198.88
<b>n7</b>	1218.27	0	1416.37	198.10
<b>n8</b>	1218.97	0	1415.76	196.79
<b>n9</b>	1223.15	0	1415.40	192.25
<b>n10</b>	1223.31	0	1414.90	191.59
<b>n11</b>	1225.27	0	1414.36	189.09
<b>n12</b>	1223.07	0	1413.74	190.67
<b>n13</b>	1219.02	0	1413.26	194.24
<b>n14</b>	1216.58	0	1412.77	196.19
<b>n15</b>	1209.24	0	1412.26	203.03
<b>n16</b>	1215.89	0	1411.88	195.99
<b>n17</b>	1213.75	0	1411.61	197.86
<b>n18</b>	1214.47	0	1411.34	196.87
<b>n19</b>	1212.87	0	1411.06	198.19
<b>n20</b>	1211.05	0	1410.84	199.78
<b>n21</b>	1211.08	0	1410.64	199.57
<b>n22</b>	1210.27	0	1410.45	200.17
<b>n23</b>	1209.47	0	1410.28	200.80

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
n24	1210.82	0	1410.09	199.28
n25	1211.37	0	1409.87	198.51
n26	1211.90	0	1409.61	197.70
n27	1204.33	0	1409.01	204.69
n28	1197.81	0	1406.40	208.59
n29	1196.65	0	1403.91	207.26
n30	1196.98	0	1402.45	205.47
n31	1194.17	0	1401.58	207.41
n32	1191.26	0	1400.69	209.43
n33	1191.50	0	1399.81	208.31
n34	1189.75	0	1398.54	208.79
n35	1186.00	0	1397.15	211.14
n36	1181.02	0	1395.67	214.65
n37	1178.86	0	1394.91	216.06
n38	1180.13	0	1394.59	214.45
n39	1182.94	0	1394.07	211.14
n40	1189.64	0	1393.26	203.62
n41	1195.33	0	1391.71	196.38
n42	1197.12	0	1391.52	194.40
n43	1199.91	0	1391.25	191.35
n44	1204.47	0	1390.86	186.38
n45	1208.04	0	1390.46	182.43
n46	1209.98	0	1389.85	179.87
n47	1209.07	0	1389.41	180.34
n48	1208.77	0	1389.12	180.35
n49	1207.26	0	1388.77	181.51
n50	1205.56	0	1388.40	182.84
n51	1208.11	0	1388.07	179.95
n52	1212.89	0	1387.66	174.77
n53	1216.07	0	1387.31	171.24
n54	1219.74	0	1387.04	167.31
n55	1232.87	0	1386.10	153.23
n56	1238.59	0	1385.78	147.19
n57	1239.45	0	1385.42	145.97
n58	1239.27	0	1385.06	145.80
n59	1246.14	0	1384.43	138.29
n60	1245.43	0	1383.98	138.55
n61	1249.90	0	1383.50	133.60
n62	1250.08	0	1383.49	133.41
n63	1261.06	0	1382.95	121.89

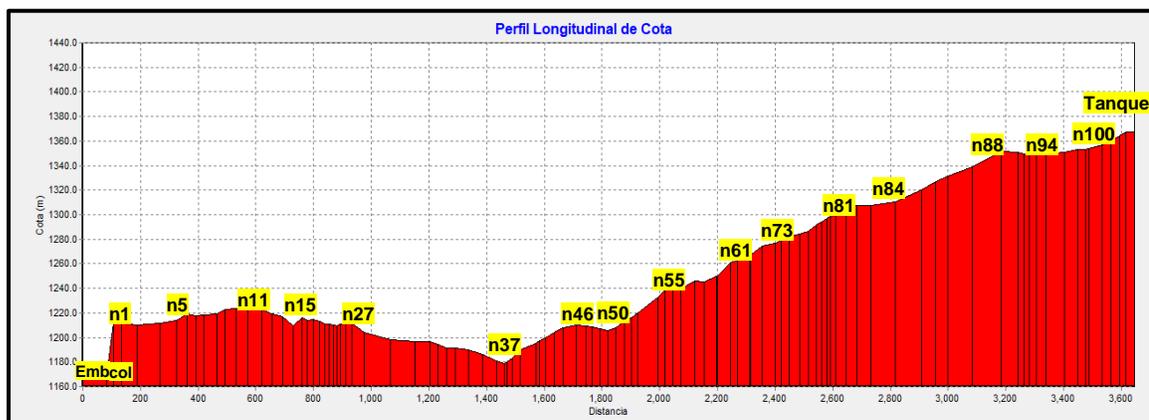
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
n64	1262.92	0	1382.69	119.77
n65	1263.24	0	1382.68	119.44
n66	1265.82	0	1382.21	116.39
n67	1266.80	0	1382.17	115.36
n68	1274.37	0	1381.72	107.35
n69	1276.52	0	1381.25	104.73
n70	1279.17	0	1380.98	101.81
n71	1281.87	0	1380.69	98.83
n72	1284.56	0	1380.29	95.73
n73	1286.43	0	1379.95	93.52
n74	1291.45	0	1379.65	88.20
n75	1294.08	0	1379.48	85.41
n76	1297.18	0	1379.32	82.14
n77	1298.65	0	1379.20	80.55
n78	1299.90	0	1379.05	79.15
n79	1303.63	0	1378.74	75.11
n80	1303.72	0	1378.74	75.01
n81	1307.20	0	1378.41	71.20
n82	1307.71	0	1377.98	70.27
n83	1310.13	0	1377.21	67.08
n84	1320.01	0	1376.42	56.41
n85	1327.05	0	1375.99	48.93
n86	1331.28	0	1375.61	44.33
n87	1338.82	0	1374.85	36.02
n88	1351.79	0	1374.12	22.33
n89	1350.89	0	1373.61	22.71
n90	1349.25	0	1373.42	24.17
n91	1349.27	0	1373.25	23.98
n92	1349.74	0	1373.04	23.30
n93	1349.75	0	1372.76	23.01
n94	1351.24	0	1372.17	20.94
n95	1353.14	0	1371.79	18.65
n96	1353.05	0	1371.51	18.46
n97	1353.94	0	1371.38	17.44
n98	1356.67	0	1370.96	14.29
n99	1359.80	0	1370.70	10.90
n100	1364.66	0	1370.43	5.77
n101	1367.70	0	1370.23	2.53
<b>TANQUE</b>	1367.70		1370.19	2.49

Nota. Elaboración propia.

El terreno presenta un valle con pendiente negativa en dirección al flujo, seguida con un terreno de pendiente positiva gradual hasta la colina donde se localiza el tanque de almacenamiento como se observa en la figura 25.

**Figura 25**

*Perfil de cota del terreno*

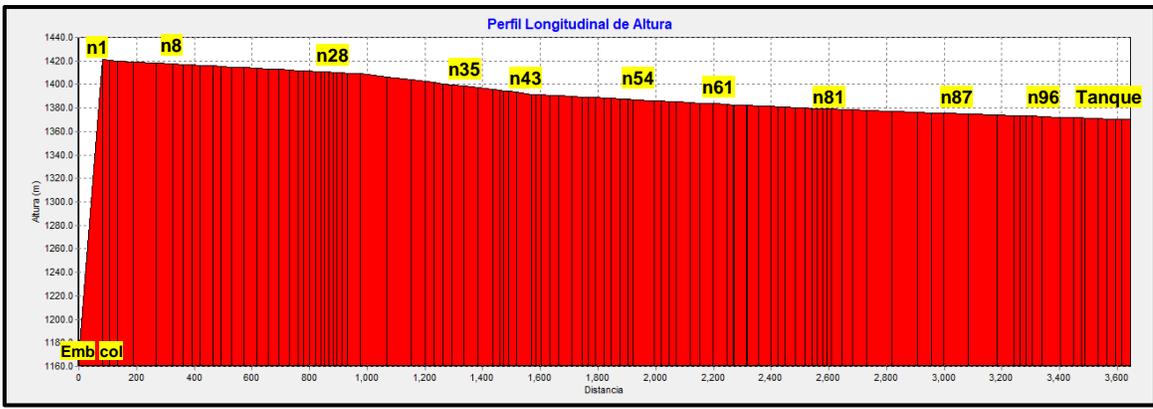


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 26 se observa la altura piezométrica, la cual varía con gradientes que van de 13.11 m/km, 29.06 m/km, 13.11 m/km, 11.05 m/km y 8.78 m/km, en la medida que el flujo se desplaza por las tuberías hasta el tanque de almacenamiento, claramente se observan los diferentes gradientes de la línea de energía piezométrica.

**Figura 26**

*Perfil de línea piezométrica*

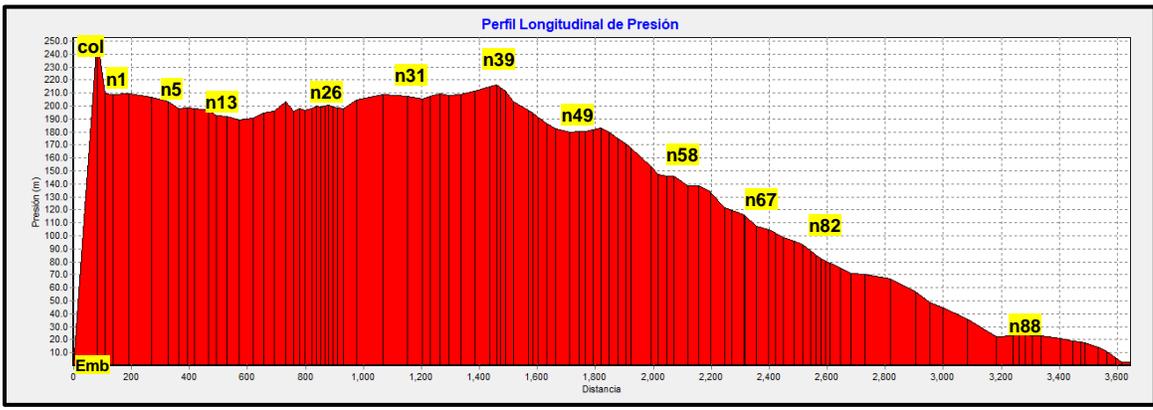


Nota. Elaboración propia.

En la figura 27 se observa la máxima presión 252.67 m en el nodo col, que representa la columna de bombeo. También se nota que las presiones permanecen altas en un rango de 210 m y 190 m en el tramo que corresponde al valle, posteriormente se reducen hasta 2.49 m en el tanque de almacenamiento.

**Figura 27**

*Perfil de presiones*



Nota. Elaboración propia.

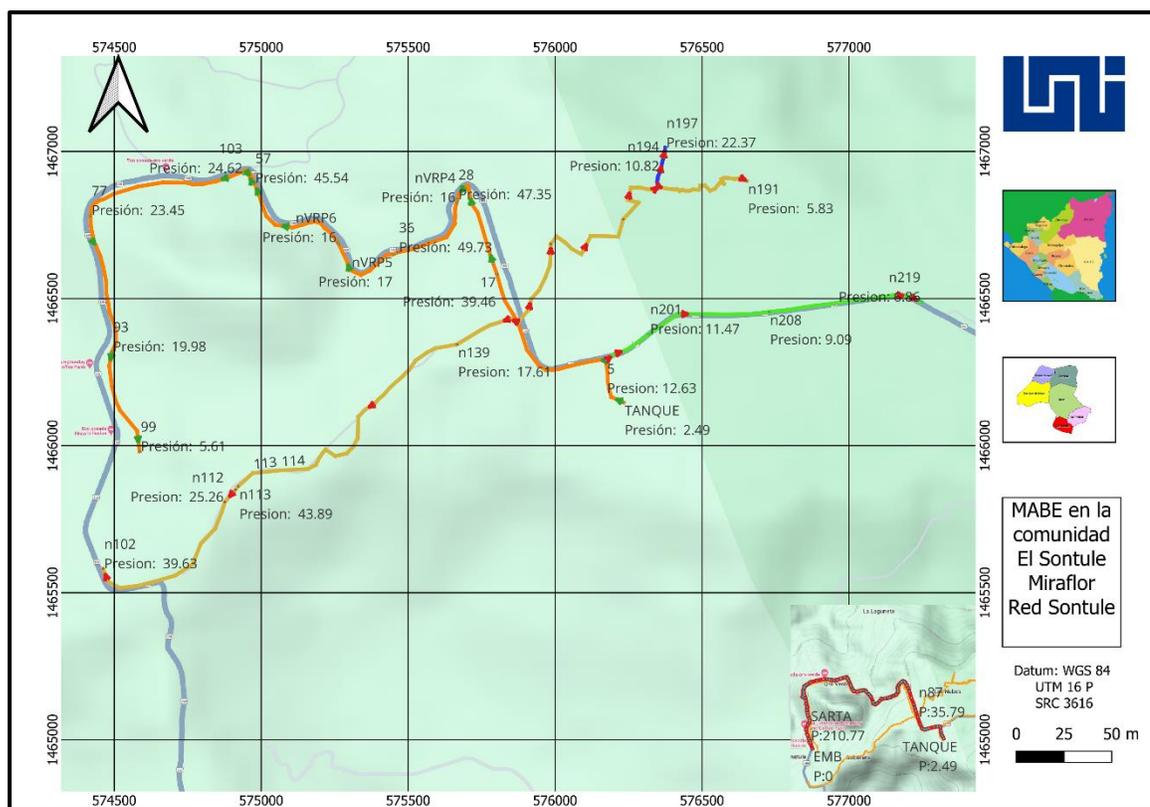
#### 4.4.11.2. Simulación de la Red de Distribución

La red de distribución corresponde a una red abierta como se muestra en la figura 28, la demanda fue de 1.57 l/s y corresponde al consumo máximo horario, la cual se distribuyó en nodos de consumo como se observa en la tabla 25. Para establecer el valor de cada nodo de consumo se tomó en cuenta la cantidad de viviendas cercana o alrededor del nodo.

Para obtener el valor unitario de demanda se dividió el caudal de demanda entre el total de viviendas posteriormente dicho valor fue multiplicado por la cantidad de viviendas cercanas al nodo concentrado, obteniéndose de este modo el caudal del nodo.

**Figura 28**

*Red de distribución El Sontule*



*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 25**

Nodos de demanda

<b>Tramos</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Nodo caudal</b>
<b>Tramo línea c</b>	11	0.19
	5	0.09
	3	0.05
	8	0.14
<b>Tramo 1</b>	8	0.14
	7	0.12
	12	0.21
	6	0.1
	9	0.16
<b>Tramo 2</b>	5	0.09
	9	0.16
<b>Tramo 3</b>	3	0.12
		1.57

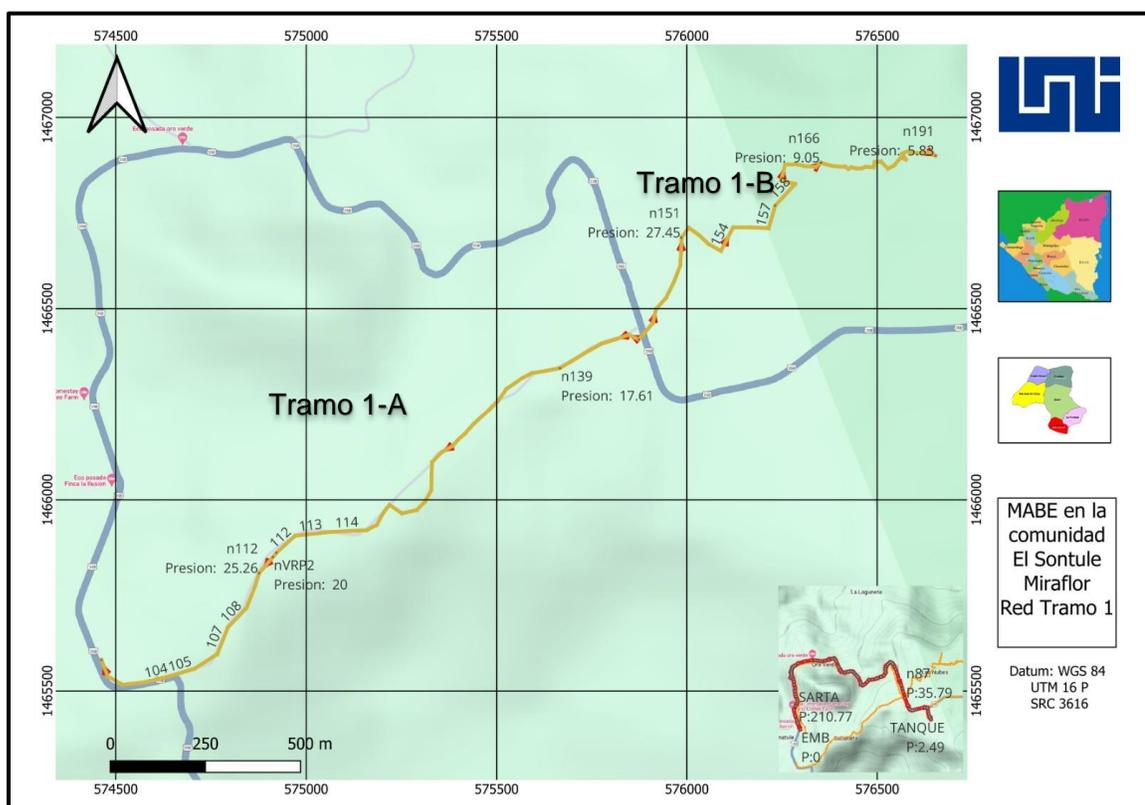
*Nota.* Elaboración propia

#### 4.4.11.2.1. Red Tramo 1 - A

El tramo 1-A de la red de distribución de 1,897.76 m, se describe en la figura 29, el tramo fue diseñado con tubería PVC 1 ½". SDR 26, la cual transporta un caudal que varía 0.14 l/s y 0.47 l/s con velocidades de flujo que variaron entre 0.09 m/s y 0.30 m/s, estas velocidades son inferiores a las recomendadas por la norma NTON 09 007-19 pp. 39-40, por lo que se utilizarán válvulas de limpieza para evitar la sedimentación. Las pérdidas de carga variaron en un rango de entre 0.27 m/km y 2.59 m/km. En la tabla 26 se presentan los detalles de las tuberías y las variables hidráulicas.

**Figura 29**

*Línea de distribución tramo 1- A y 1 - B*



*Nota.* Elaboración propia.

Tabla 26

*Tuberías y sus características, variables hidráulicas tramo 1-A*

ID	Longit ud m	Diámetro mm	Rugosid ad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
p143	28.1	44.6	150	0.47	0.3	2.6
p142	36.51	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p141	37.96	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p140	41.33	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p139	42.2	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p138	44.01	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p137	39.09	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p136	35.9	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p135	30.34	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p134	48.82	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p133	37.91	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p132	33.22	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p131	33.73	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p130	23.99	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p129	30.22	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p128	23.37	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p127	23.41	44.6	150	0.47	0.3	2.59
VRP1		44.6		0.47	0.3	22.4
p126	34.54	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p125	35.47	44.6	150	0.47	0.3	2.59

ID	Longitud ud m	Diámetro mm	Rugosidad ad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
p124	33.01	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p123	41.54	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p122	34.12	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p121	30.38	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p120	39.44	44.6	150	0.47	0.3	2.59
p119	39.97	44.6	150	0.47	0.3	2.6
p118	17.92	44.6	150	0.26	0.17	0.86
p117	17.93	44.6	150	0.26	0.17	0.86
p116	26.6	44.6	150	0.26	0.17	0.87
p115	30.26	44.6	150	0.26	0.17	0.87
p114	95.71	44.6	150	0.26	0.17	0.87
p113	93.18	44.6	150	0.26	0.17	0.87
p112	66.08	44.6	150	0.26	0.17	0.87
VRP2		44.6		0.26	0.17	32.22
p111	70.55	44.6	150	0.26	0.17	0.87
p110	36.52	44.6	150	0.26	0.17	0.86
p109	61.28	44.6	150	0.26	0.17	0.87
p108	70.3	44.6	150	0.26	0.17	0.87
p107	75.89	44.6	150	0.26	0.17	0.87
p106	71.51	44.6	150	0.14	0.09	0.27
p105	67.36	44.6	150	0.14	0.09	0.28
p104	64.2	44.6	150	0.14	0.09	0.27
p103	62	44.6	150	0.14	0.09	0.28

ID	Longit ud m	Diámetro mm	Rugosid ad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
<b>p102</b>	45.32	44.6	150	0.14	0.09	0.28
<b>p101</b>	46.57	44.6	150	0.14	0.09	0.27
	1897.76					

*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 27 la cota mínima fue de 1,271.73 m y la cota máxima fue de 1,352.18 m, así mismo la presión mínima fue de 6.19 m y la máxima presión fue de 29.69 m. Para mantener el rango de presiones recomendados por la norma NTON 09 007-19 p. 47, fue necesario instalar dos válvulas reductoras de presión VRP en el nodo nVRP1 la cual redujo la presión de 37.40 m a 15 m y en la nVRP2 la cual redujo la presión de 52.22 m a 20 m. Todas las presiones cumplen con la norma NTON 09 007-19 p.47.

**Tabla 27**

Cotas y presiones tramo 1-A

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
<b>14</b>	1338.82	0	1359.94	21.11
<b>n144</b>	1330.76	0	1359.86	29.1
<b>n143</b>	1332.28	0	1359.77	27.49
<b>n142</b>	1333.83	0	1359.67	25.84
<b>n141</b>	1334.87	0	1359.56	24.69
<b>n140</b>	1337.34	0	1359.45	22.12
<b>n139</b>	1341.73	0	1359.34	17.61
<b>n138</b>	1341.93	0	1359.24	17.31

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
n137	1339.59	0	1359.14	19.55
n136	1337.38	0	1359.07	21.69
n135	1331.28	0	1358.94	27.66
n134	1332.93	0	1358.84	25.91
n133	1331.49	0	1358.76	27.26
n132	1327.41	0	1358.67	31.25
n131	1325.66	0	1358.61	32.94
n130	1325.03	0	1358.53	33.49
n129	1323.30	0	1358.47	35.17
n128	1321.00	0	1358.41	37.4
VRP1	1321.00	0	1336	15
n127	1317.67	0	1335.91	18.24
n126	1316.28	0	1335.82	19.54
n125	1312.41	0	1335.74	23.33
n124	1306.77	0	1335.63	28.86
n123	1305.51	0	1335.54	30.03
n122	1305.40	0	1335.46	30.07
n121	1301.53	0	1335.36	33.83
n120	1299.74	0.21	1335.26	35.51
n119	1298.43	0	1335.24	36.81
n118	1297.70	0	1335.23	37.53
n117	1296.69	0	1335.2	38.51
n116	1293.12	0	1335.18	42.06

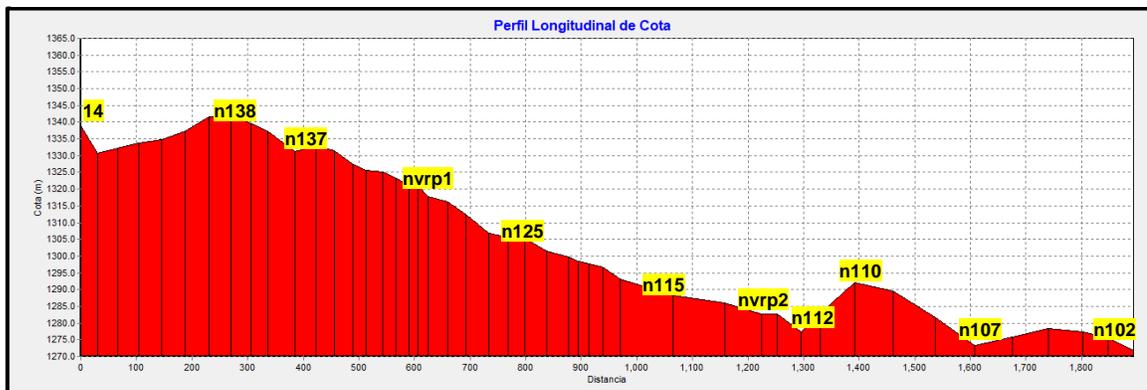
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
n115	1288.18	0	1335.09	46.91
n114	1285.89	0	1335.01	49.12
n113	1282.73	0	1334.96	52.22
nVRP2	1282.73	0	1302.73	20
n112	1277.41	0	1302.67	25.26
n111	1283.00	0	1302.64	19.64
n110	1292.06	0	1302.59	10.53
n109	1289.58	0	1302.53	12.94
n108	1281.73	0.12	1302.46	20.73
n107	1273.27	0	1302.44	29.17
n106	1275.92	0	1302.42	26.5
n105	1278.35	0	1302.4	24.06
n104	1277.27	0	1302.39	25.12
n103	1275.54	0	1302.37	26.83
n102	1271.73	0.14	1302.36	30.63

Nota. Elaboración propia

De acuerdo a la figura 30 el perfil del terreno natural presenta una pendiente negativa en dirección al flujo (n138-n102) con un columpio al inicio del tramo y otros dos en los nodos en los nodos n112 y n107.

**Figura 30**

*Perfil de cota del terreno tramo 1 - A*

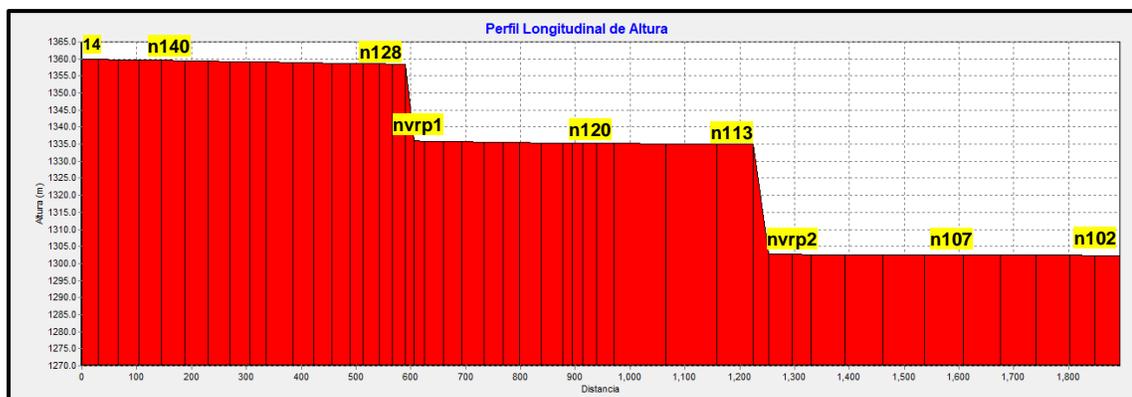


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 31 se observa la variación de la línea piezométrica con roturas de carga por el efecto de dos válvulas rompe presión.

**Figura 31**

*Perfil de línea piezométrica tramo 1-A*

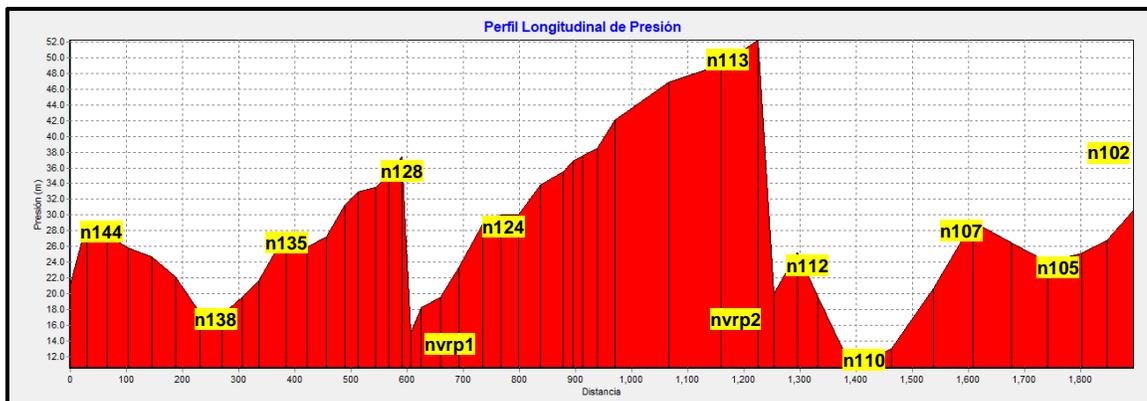


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 32 se presenta el perfil de presiones siendo la mínima de 10.53 m y la máxima 52.22 m, también se observa las reducciones de presión debida a la presencia de dos válvulas rompe presión en los nodos nVRP1 y nVRP2.

**Figura 32**

*Perfil de presiones 1-A*



Nota. Elaboración propia.

#### 4.4.11.2.2. Red Tramo 1 - B

El tramo 1-B de la red de distribución de 1,259.846 m, se describe en la figura 29, el tramo fue diseñado con tubería PVC 1 ½". SDR 26, la cual transporta un caudal que varía 0.16 l/s y 0.38 l/s con velocidades de flujo que variaron entre 0.1 m/s y 0.24 m/s, estas velocidades son inferiores a las recomendadas por la norma NTON 09 007-19 pp. 39-40, por lo que se utilizaran válvulas de limpieza para evitar la sedimentación. Las pérdidas de carga variaron en un rango de entre 0.35 m/km y 1.75 m/km. En la tabla 28 se presentan los detalles de las tuberías y las variables hidráulicas.

**Tabla 28**

Tuberías y sus características, variables hidráulicas tramo 1-B

<b>ID</b>	<b>Longitud</b> <b>m</b>	<b>Diámetro</b> <b>mm</b>	<b>Rugosidad</b>	<b>Caudal</b> <b>LPS</b>	<b>Velocidad</b> <b>m/s</b>	<b>Pérd.</b> <b>Unit.</b> <b>m/km</b>
<b>1</b>	28.1	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p144</b>	42.79	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p145</b>	39.42	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p146</b>	47.8	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p147</b>	43.75	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p148</b>	38.94	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p149</b>	34.94	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p150</b>	32.39	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p151</b>	34.33	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p152</b>	32.87	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p153</b>	37.7	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p154</b>	69.92	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p155</b>	44.85	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p156</b>	49	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p157</b>	61.17	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p158</b>	77.43	44.6	150	0.38	0.24	1.75
<b>p159</b>	37.6	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>p160</b>	43.08	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>p161</b>	29.44	44.6	150	0.28	0.18	0.99

<b>ID</b>	<b>Longitud</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Rugosidad</b>	<b>Caudal</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Pérd.</b>
	<b>m</b>	<b>mm</b>		<b>LPS</b>	<b>m/s</b>	<b>Unit.</b>
						<b>m/km</b>
<b>p162</b>	25.4	44.6	150	0.28	0.18	1
<b>p163</b>	26.45	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>p164</b>	16.77	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>p165</b>	14.27	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p166</b>	15.58	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p167</b>	19.31	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p168</b>	14.7	44.6	150	0.16	0.1	0.34
<b>p169</b>	10.38	44.6	150	0.16	0.1	0.36
<b>p170</b>	8.59	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p171</b>	14.96	44.6	150	0.16	0.1	0.36
<b>p172</b>	12.72	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p173</b>	10.66	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p174</b>	10.72	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p175</b>	10.5	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p176</b>	14.05	44.6	150	0.16	0.1	0.36
<b>p177</b>	16.98	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p178</b>	25.45	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p179</b>	18.61	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p180</b>	17.16	44.6	150	0.16	0.1	0.36
<b>p181</b>	9.796	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p182</b>	13.48	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p183</b>	17.64	44.6	150	0.16	0.1	0.35

ID	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
<b>p184</b>	11.85	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p185</b>	13.72	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p186</b>	20.65	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p187</b>	13.51	44.6	150	0.16	0.1	0.35
<b>p188</b>	11.71	44.6	150	0.16	0.1	0.36
<b>p189</b>	18.71	44.6	150	0.16	0.1	0.35
	1259.846					

Nota. Elaboración propia.

Según la tabla 29 la cota mínima fue de 1,329.82 m y la cota máxima fue de 1,352.22 m, así mismo la presión mínima fue de 5.24 m y la máxima presión fue de 52.22 m.

Todas las presiones cumplen con la norma NTON 09 007-19 p. 47.

**Tabla 29**

*Cotas y presiones tramo 1-B*

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
<b>14</b>	1338.82	0	1359.94	21.11
<b>n145</b>	1335.60	0	1359.89	24.28
<b>n146</b>	1334.86	0	1359.81	24.95
<b>n147</b>	1332.27	0	1359.74	27.47
<b>n148</b>	1330.74	0	1359.66	28.92

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
n149	1329.98	0	1359.58	29.6
n150	1329.82	0	1359.51	29.69
n151	1332.01	0	1359.45	27.45
n152	1336.55	0	1359.4	22.85
n153	1334.56	0	1359.34	24.78
n154	1332.01	0	1359.28	27.27
n155	1330.70	0	1359.21	28.51
n156	1338.45	0	1359.09	20.64
n157	1340.08	0	1359.01	18.93
n158	1344.00	0	1358.93	14.93
n159	1345.34	0	1358.82	13.48
n160	1351.57	0.1	1358.68	7.11
n161	1351.14	0	1358.65	7.51
n162	1348.78	0	1358.6	9.82
n163	1350.48	0	1358.58	8.1
n164	1350.98	0	1358.55	7.57
n165	1350.20	0	1358.52	8.33
n166	1349.46	0	1358.51	9.05
n167	1349.90	0	1358.5	8.6
n168	1350.59	0	1358.5	7.9
n169	1350.59	0	1358.49	7.9
n170	1351.10	0	1358.48	7.38
n171	1351.66	0	1358.48	6.83

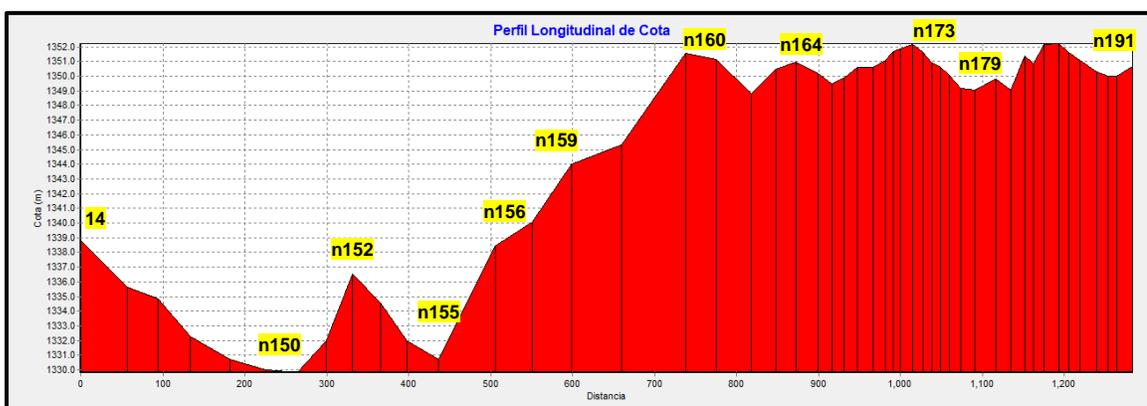
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
n172	1351.85	0	1358.48	6.63
n173	1352.14	0	1358.47	6.34
n174	1351.59	0	1358.47	6.88
n175	1350.90	0	1358.46	7.57
n176	1350.63	0	1358.46	7.83
n177	1350.09	0	1358.46	8.36
n178	1349.16	0	1358.45	9.29
n179	1349.08	0	1358.45	9.37
n180	1349.80	0	1358.44	8.63
n181	1349.02	0	1358.43	9.41
n182	1351.37	0	1358.42	7.06
n183	1350.83	0	1358.42	7.59
n184	1352.18	0	1358.42	6.24
n185	1352.22	0	1358.41	6.19
n186	1351.64	0	1358.41	6.77
n187	1351.08	0	1358.4	7.32
n188	1350.30	0	1358.39	8.09
n189	1350.00	0	1358.39	8.39
n190	1350.01	0	1358.38	8.37
n191	1350.66	0.16	1358.38	7.72

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 33 el perfil del terreno natural presenta una pendiente positiva en dirección al flujo (nodos 14-n191) con dos columpios en los nodos n150 y n155.

**Figura 33**

*Perfil de cota del terreno tramo 1 B*

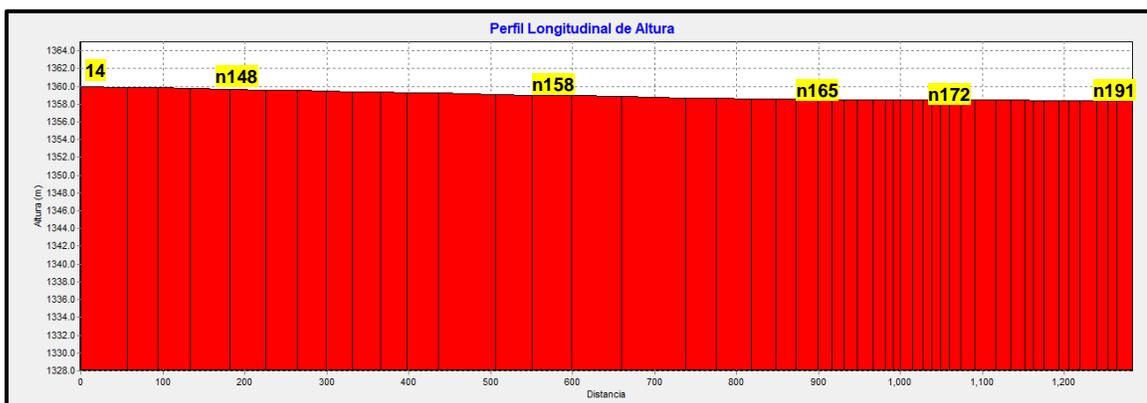


*Nota.* Elaboración propia.

La gradiente de la línea piezométrica solo se debe a la pérdida de carga, sin presencia de válvulas (VRP) como muestra en la figura 34.

**Figura 34**

*Perfil de línea piezométrica*

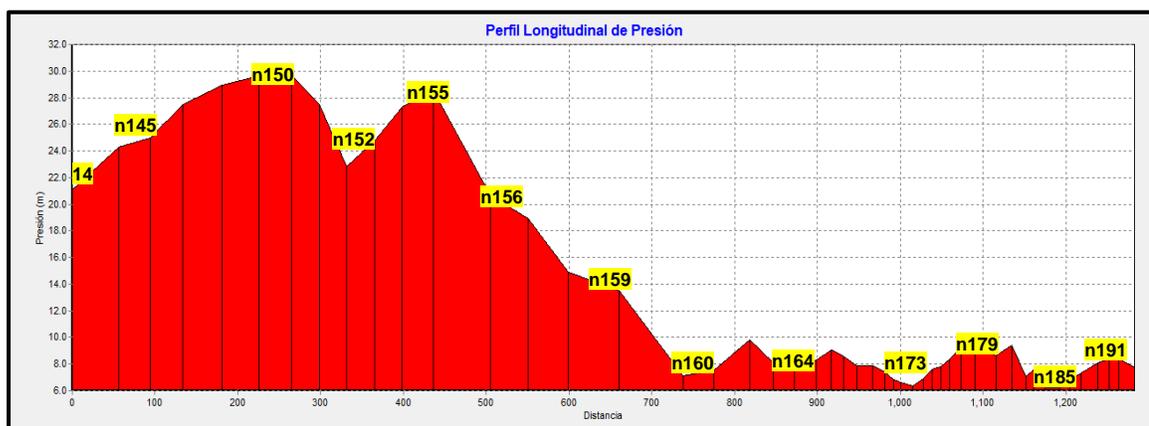


*Nota.* Elaboración propia.

Se observa en la figura 35 que las presiones decrecen en la medida que avanza el flujo, es debido a las pérdidas de carga y al aumento de las cotas del terreno, presiones variaron de 6.19 m la mínima y la máxima 29.69 m, siendo la máxima en el nodo n150 y la mínima en el nodo n185.

**Figura 35**

*Perfil de presiones*



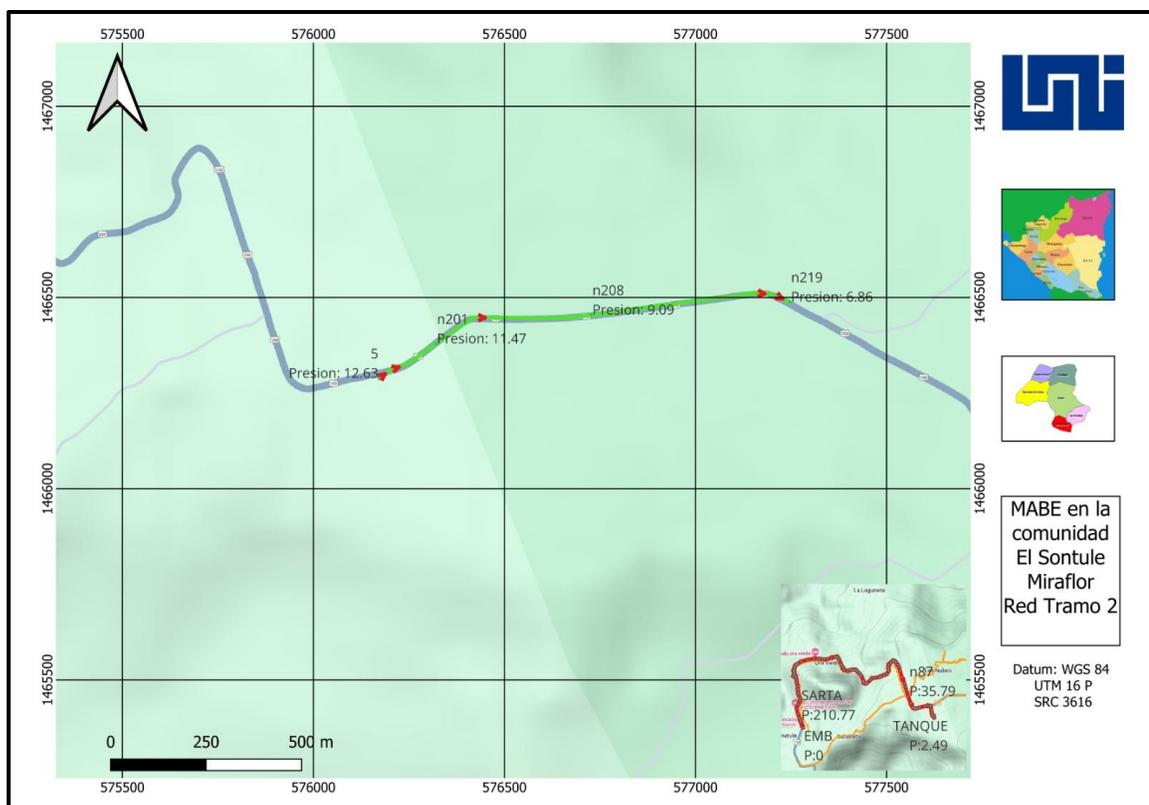
*Nota.* Elaboración propia.

#### 4.4.11.2.3. Tramo 2 de la Red

El tramo 2 de la red de distribución de 1,115.43 m y se describe en la figura 36, el tramo fue diseñado con tubería PVC 1 ½". SDR 26, la cual transporta un caudal que varía 0.16 l/s y 0.25 l/s con velocidades de flujo que variaron entre 0.10 m/s y 0.16 m/s, estas velocidades son inferiores a los valores recomendados por la norma NTON 09 007-19 p. 39-40, por lo que se utilizarán válvulas de limpieza para evitar la sedimentación. Las pérdidas de carga variaron en un rango de entre 0.35 m/km y 0.81 m/km.

Figura 36

Línea de distribución tramo 2



Nota. Elaboración propia.

Tabla 30

Tuberías y sus características, variables hidráulicas tramo 2

ID	Longitud m	Diámetro mm	Rugosida d	Caudal LPS	Velocida d m/s	Pérd. Unit. m/km
p196	18.67	44.6	150	0.25	0.16	0.81
p197	45.59	44.6	150	0.25	0.16	0.81

<b>ID</b>	<b>Longitud</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Rugosida</b>	<b>Caudal</b>	<b>Velocida</b>	<b>Pérd.</b>
	<b>m</b>	<b>mm</b>	<b>d</b>	<b>LPS</b>	<b>d</b>	<b>Unit.</b>
					<b>m/s</b>	<b>m/km</b>
<b>p198</b>	45.89	44.6	150	0.25	0.16	0.80
<b>p199</b>	47.32	44.6	150	0.25	0.16	0.81
<b>p200</b>	118.7	44.6	150	0.25	0.16	0.80
<b>p201</b>	60.97	44.6	150	0.25	0.16	0.81
<b>p202</b>	55.21	44.6	150	0.25	0.16	0.81
<b>p203</b>	46.66	44.6	150	0.25	0.16	0.80
<b>p204</b>	53.09	44.6	150	0.25	0.16	0.81
<b>p205</b>	46.05	44.6	150	0.25	0.16	0.80
<b>p206</b>	48.84	44.6	150	0.25	0.16	0.80
<b>p207</b>	60.35	44.6	150	0.25	0.16	0.81
<b>p208</b>	56.86	44.6	150	0.16	0.10	0.35
<b>p209</b>	43.76	44.6	150	0.16	0.10	0.35
<b>p210</b>	48.76	44.6	150	0.16	0.10	0.35
<b>p211</b>	46.28	44.6	150	0.16	0.10	0.35
<b>p212</b>	47.32	44.6	150	0.16	0.10	0.35
<b>p213</b>	43.85	44.6	150	0.16	0.10	0.35
<b>p214</b>	37.29	44.6	150	0.16	0.10	0.35
<b>p215</b>	46.69	44.6	150	0.16	0.10	0.35
<b>p216</b>	52.01	44.6	150	0.16	0.10	0.35
<b>p217</b>	45.27	44.6	150	0.16	0.10	0.35
	1115.43					

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 31 la cota mínima es de 1,353.43 m y la cota máxima fue de 1,359.94 m, así mismo la presión mínima fue de 6.04 m y la máxima presión fue de 13.05 m, por lo que las presiones antes mencionadas cumplen con la norma NTON 09 007-19 p. 47.

**Tabla 31**

*Cotas y presiones tramo 2*

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
<b>5</b>	1353.94	0	1366.56	12.63
<b>n198</b>	1353.91	0	1366.55	12.63
<b>n199</b>	1353.84	0	1366.51	12.67
<b>n200</b>	1353.43	0	1366.47	13.05
<b>n201</b>	1354.96	0	1366.44	11.47
<b>n202</b>	1354.81	0	1366.34	11.53
<b>n203</b>	1356.35	0	1366.29	9.94
<b>n204</b>	1358.61	0	1366.25	7.64
<b>n205</b>	1359.94	0	1366.21	6.27
<b>n206</b>	1357.22	0	1366.17	8.95
<b>n207</b>	1357.61	0	1366.13	8.52
<b>n208</b>	1357.00	0	1366.09	9.09
<b>n209</b>	1356.02	0.09	1366.04	10.02
<b>n210</b>	1358.42	0	1366.02	7.6
<b>n211</b>	1359.59	0	1366.01	6.42
<b>n212</b>	1359.83	0	1365.99	6.16

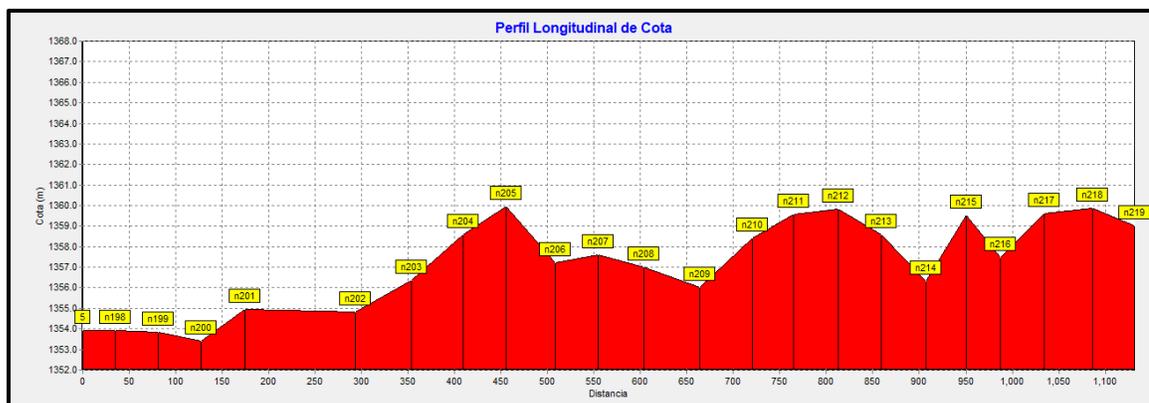
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
n213	1358.58	0	1365.97	7.39
n214	1356.33	0	1365.95	9.63
n215	1359.54	0	1365.94	6.4
n216	1357.48	0	1365.93	8.45
n217	1359.61	0	1365.91	6.3
n218	1359.85	0	1365.89	6.04
n219	1359.01	0.16	1365.88	6.86

*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 37 se muestra la altura piezométrica, la cual varía con gradientes que van de 0.81 m/km y 0.35 m/km, en la medida que el flujo se desplaza por las tuberías hasta su distribución, claramente se observan los diferentes gradientes de la línea de energía piezométrica.

### Figura 37

*Perfil de cota de terreno*

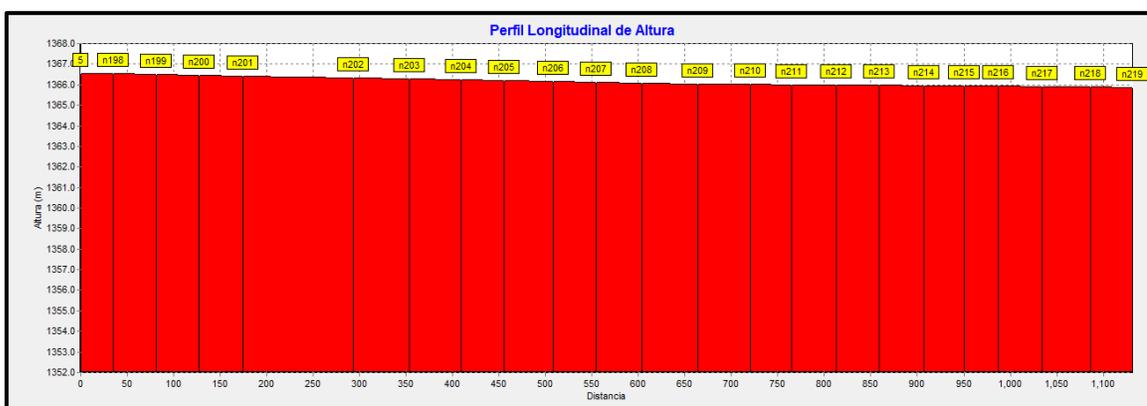


*Nota.* Elaboración propia.

El la figura 38 se observa la variación de altura siendo la máxima y mínima de 1,356.56 m y 1,365.88 m de la línea piezométrica.

**Figura 38**

*Perfil de línea piezométrica*

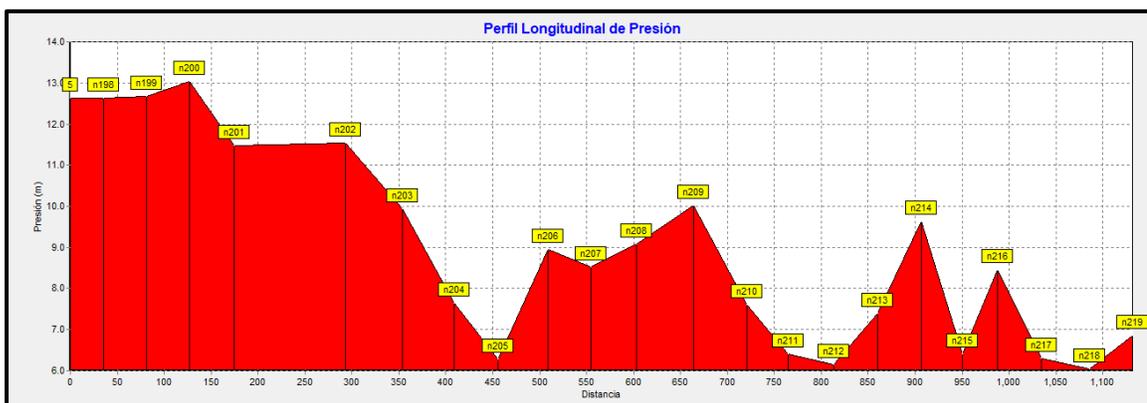


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 39 se muestra el perfil de presiones siendo la máxima de 13.05 m y la mínima de 6.04 m.

**Figura 39**

*Perfil de presiones*



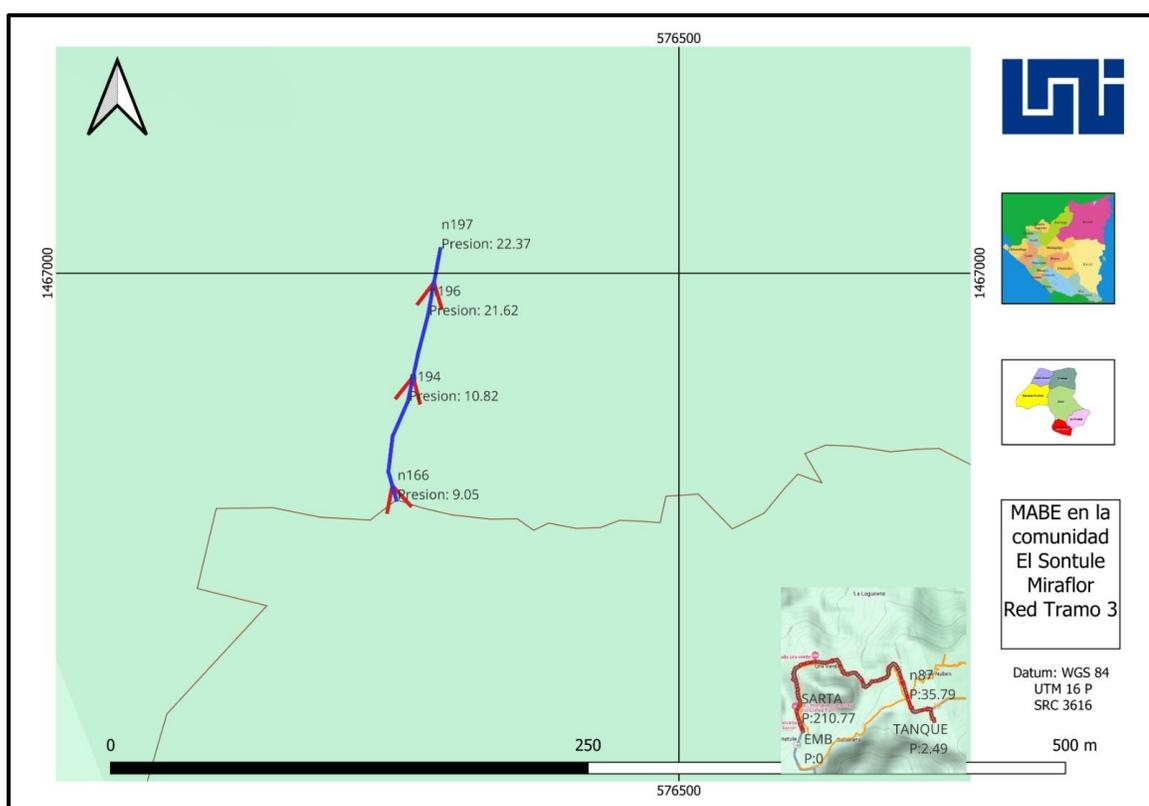
*Nota.* Elaboración propia.

#### 4.4.11.2.4. Tramo 3 de la Red

El tramo 3 de la red de distribución de 138.88 m se describe en la figura 40, el tramo fue diseñado con tubería PVC 1 ½". SDR 26, la cual transporta un caudal de 0.12 l/s con velocidad de flujo de 0.08 m/s, esta velocidad es inferior recomendada por la norma NTON 09 007-19 pp. 39-40, por lo que se utilizarán válvulas de limpieza para evitar la sedimentación. Las pérdidas de carga permanecieron constantes con un valor de 0.21 m/km.

**Figura 40**

*Línea de distribución tramo 3*



*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 32***Tuberías y sus características, variables hidráulicas tramo 3*

<b>ID</b>	<b>Longitud</b> <b>m</b>	<b>Diámetro</b> <b>mm</b>	<b>Rugosidad</b>	<b>Caudal</b> <b>LPS</b>	<b>Velocida</b> <b>d m/s</b>	<b>Pérd.</b> <b>Unit.</b> <b>m/km</b>
<b>p190</b>	16.96	44.6	150	0.12	0.08	0.21
<b>p191</b>	18.68	44.6	150	0.12	0.08	0.21
<b>p192</b>	20.46	44.6	150	0.12	0.08	0.20
<b>p193</b>	26.92	44.6	150	0.12	0.08	0.21
<b>p194</b>	20.4	44.6	150	0.12	0.08	0.20
<b>p195</b>	35.46	44.6	150	0.12	0.08	0.21
	138.88					

*Nota.* Elaboración propia.

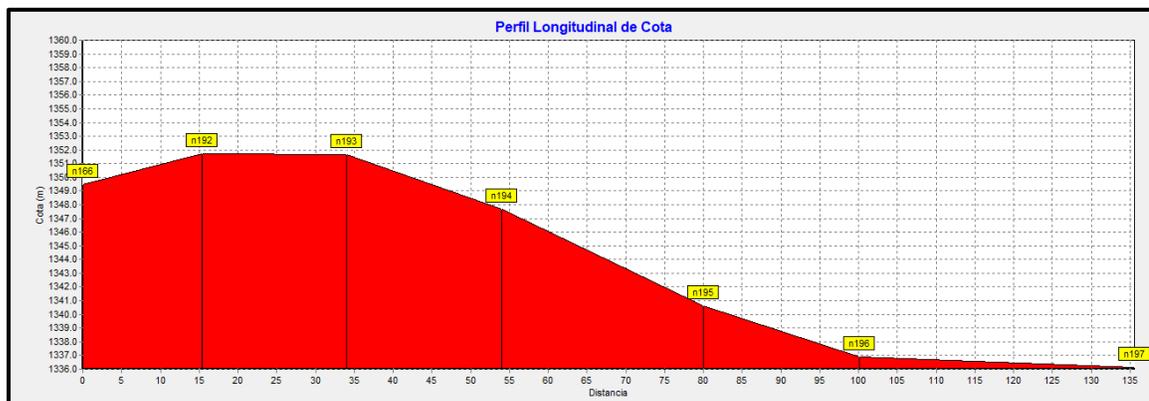
De acuerdo a la tabla 33, la cota mínima fue de 1,336.10 m y la cota máxima fue de 1,351.73 m, así mismo la presión mínima fue de 6.77 m y la máxima presión fue de 22.37 m, estas presiones cumple con la norma NTON 09 007-19 p. 47.

**Tabla 33***Cotas y presiones tramo 3*

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
<b>n166</b>	1349.46	0	1358.51	9.05
<b>n192</b>	1351.73	0	1358.5	6.77
<b>n193</b>	1351.64	0	1358.5	6.86
<b>n194</b>	1347.68	0	1358.5	10.82
<b>n195</b>	1340.64	0	1358.49	17.85
<b>n196</b>	1336.87	0	1358.49	21.62
<b>n197</b>	1336.10	0.12	1358.48	22.37

*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 41 se presenta las características del terreno natural el cual muestra un pequeño valle en una cima seguido de una pendiente negativa que gradualmente desciende en dirección al flujo.

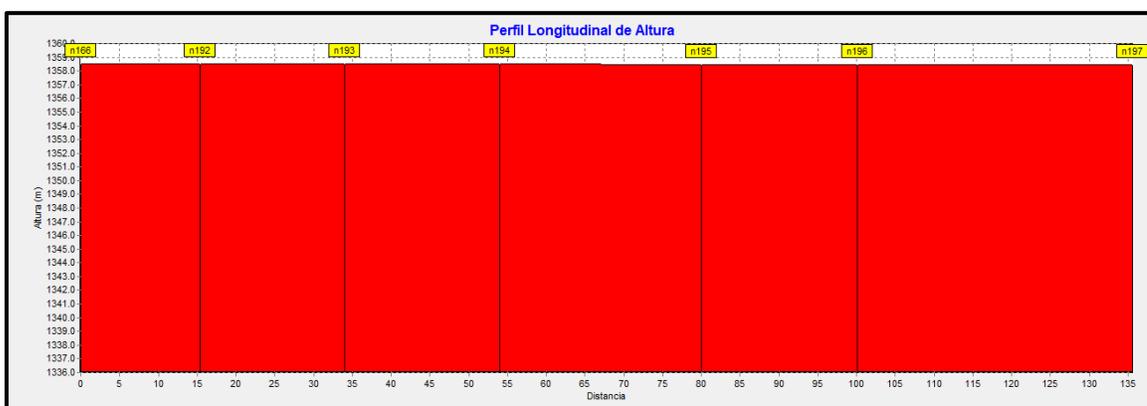
**Figura 41***Perfil de cota del terreno*

*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 42 se observa una variación en las gradientes que van desde 0.20 m/km y 0.21 m/km de la línea piezométrica.

### Figura 42

*Perfil de línea piezométrica*

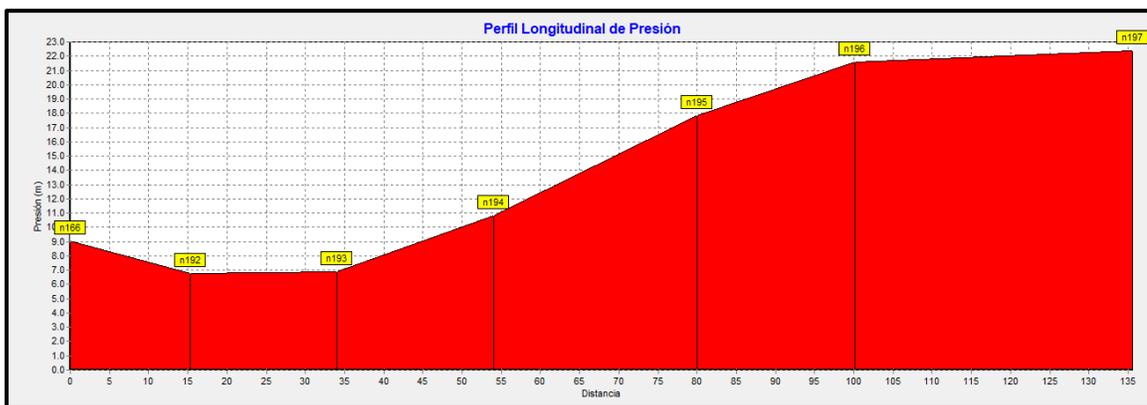


*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 43 se muestra el perfil de presiones siendo la mínima de 6.77 m y la máxima 22.73 m, todas las presiones observadas cumplen con la norma NTON 09 007-19 p. 47.

### Figura 43

*Perfil de presiones*



*Nota.* Elaboración propia.



**Tabla 34***Tuberías y sus características, variables hidráulicas tramo 4*

<b>ID</b>	<b>Longitud</b> <b>m</b>	<b>Diámetro</b> <b>mm</b>	<b>Rugosidad</b>	<b>Caudal</b> <b>LPS</b>	<b>Velocidad</b> <b>m/s</b>	<b>Pérd.</b> <b>Unit.</b> <b>m/km</b>
<b>2</b>	5	44.6	150	1.57	1.00	24.20
<b>3</b>	21.96	44.6	150	1.57	1.00	24.20
<b>4</b>	30.46	44.6	150	1.57	1.00	24.20
<b>5</b>	29.9	44.6	150	1.57	1.00	24.20
<b>6</b>	62.58	44.6	150	1.57	1.00	24.20
<b>7</b>	30.87	44.6	150	1.32	0.84	17.55
<b>8</b>	43.91	44.6	150	1.32	0.84	17.55
<b>9</b>	65.96	44.6	150	1.32	0.84	17.55
<b>10</b>	32.18	44.6	150	1.32	0.84	17.55
<b>11</b>	23.21	44.6	150	1.32	0.84	17.55
<b>12</b>	19.15	44.6	150	1.32	0.84	17.55
<b>13</b>	21.56	44.6	150	1.32	0.84	17.55
<b>14</b>	58.46	44.6	150	1.32	0.84	17.55
<b>15</b>	82.24	44.6	150	1.32	0.84	17.55
<b>16</b>	86.15	44.6	150	0.47	0.30	2.59
<b>16X</b>	42.88	44.6	150	0.47	0.30	2.59
<b>17</b>	49.09	44.6	150	0.47	0.30	2.59
<b>VRP3</b>		44.6		0.47	0.30	26.46
<b>18</b>	89.75	44.6	150	0.47	0.30	2.59

ID	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
19	86.5	44.6	150	0.47	0.30	2.59
20	48.38	44.6	150	0.47	0.30	2.59
21	37.29	44.6	150	0.47	0.30	2.59
22	35.63	44.6	150	0.47	0.30	2.59
23	17.02	44.6	150	0.47	0.30	2.60
24	14.07	44.6	150	0.47	0.30	2.59
25	18.1	44.6	150	0.47	0.30	2.59
26	18.41	44.6	150	0.47	0.30	2.59
27	27.16	44.6	150	0.47	0.30	2.59
28	31.35	44.6	150	0.47	0.30	2.59
VRP4		44.6		0.47	0.30	31.35
29	36.12	44.6	150	0.47	0.30	2.59
30	26.34	44.6	150	0.47	0.30	2.59
31	23.96	44.6	150	0.47	0.30	2.59
32	42.82	44.6	150	0.47	0.30	2.59
33	40.24	44.6	150	0.47	0.30	2.59
34	46.41	44.6	150	0.47	0.30	2.59
35	24.57	44.6	150	0.47	0.30	2.59
36	48.63	44.6	150	0.47	0.30	2.60
VRP5		44.6		0.47	0.30	32.73
37	44.5	44.6	150	0.47	0.30	2.60
38	34.42	44.6	150	0.47	0.30	2.59

ID	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
39	48.33	44.6	150	0.47	0.30	2.59
40	26.98	44.6	150	0.33	0.21	1.35
41	27.41	44.6	150	0.33	0.21	1.35
42	24.77	44.6	150	0.33	0.21	1.35
43	71.66	44.6	150	0.33	0.21	1.35
VRP6		44.6		0.33	0.21	30.81
44	20.4	44.6	150	0.33	0.21	1.35
45	26.39	44.6	150	0.33	0.21	1.35
46	31.42	44.6	150	0.33	0.21	1.35
47	25.47	44.6	150	0.33	0.21	1.35
48	28.11	44.6	150	0.33	0.21	1.35
49	26.63	44.6	150	0.33	0.21	1.35
50	21.98	44.6	150	0.33	0.21	1.35
51	33.68	44.6	150	0.33	0.21	1.35
52	46.75	44.6	150	0.33	0.21	1.35
53	30.04	44.6	150	0.33	0.21	1.35
54	30.29	44.6	150	0.33	0.21	1.35
55	20.44	44.6	150	0.33	0.21	1.35
56	14.27	44.6	150	0.33	0.21	1.35
57	53.52	44.6	150	0.33	0.21	1.35
VRP7		44.6		0.05	0.03	29.54
100X	27.85	44.6	150	0.05	0.03	0.04

<b>ID</b>	<b>Longitud</b> <b>m</b>	<b>Diámetro</b> <b>mm</b>	<b>Rugosidad</b>	<b>Caudal</b> <b>LPS</b>	<b>Velocidad</b> <b>m/s</b>	<b>Pérd.</b> <b>Unit.</b> <b>m/km</b>
<b>101X</b>	17.63	44.6	150	0.05	0.03	0.04
<b>102X</b>	11.23	44.6	150	0.05	0.03	0.04
<b>103X</b>	25.99	44.6	150	0.05	0.03	0.04
<b>58</b>	27.85	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>59</b>	17.63	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>60</b>	11.23	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>61</b>	25.99	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>62</b>	50.89	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>63</b>	47.95	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>64</b>	43.57	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>65</b>	30.31	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>66</b>	30.75	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>67</b>	29.82	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>68</b>	50.43	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>69</b>	85.59	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>70</b>	89.88	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>71</b>	45.38	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>72</b>	20.39	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>73</b>	16.7	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>74</b>	14.01	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>75</b>	13.06	44.6	150	0.28	0.18	0.99
<b>76</b>	15.02	44.6	150	0.28	0.18	1.00

<b>ID</b>	<b>Longitud</b> <b>m</b>	<b>Diámetro</b> <b>mm</b>	<b>Rugosidad</b>	<b>Caudal</b> <b>LPS</b>	<b>Velocidad</b> <b>m/s</b>	<b>Pérd.</b> <b>Unit.</b> <b>m/km</b>
77	14.74	44.6	150	0.28	0.18	0.99
78	16.77	44.6	150	0.28	0.18	0.99
79	21.65	44.6	150	0.28	0.18	0.99
80	20.6	44.6	150	0.28	0.18	0.99
81	20.31	44.6	150	0.28	0.18	0.99
82	29.25	44.6	150	0.28	0.18	0.99
83	38.4	44.6	150	0.19	0.12	0.48
84	37.38	44.6	150	0.19	0.12	0.49
85	37.16	44.6	150	0.19	0.12	0.48
86	46.95	44.6	150	0.19	0.12	0.48
87	41.16	44.6	150	0.19	0.12	0.48
88	38.36	44.6	150	0.19	0.12	0.48
89	27.44	44.6	150	0.19	0.12	0.49
90	46.48	44.6	150	0.19	0.12	0.48
91	26.93	44.6	150	0.19	0.12	0.48
92	29.49	44.6	150	0.19	0.12	0.48
93	36.88	44.6	150	0.19	0.12	0.49
94	57.82	44.6	150	0.19	0.12	0.48
95	78.48	44.6	150	0.19	0.12	0.48
96	48.59	44.6	150	0.19	0.12	0.48
97	6	44.6	150	0.19	0.12	0.48
98	149.913	44.6	150	0.19	0.12	0.48

ID	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
99	100	44.6	150	0.19	0.12	0.48
	3825.67					

*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 35 la cota mínima fue de 1,178.86 m y la cota máxima fue de 1,367.70 m, así mismo la presión mínima fue de 5.61 m y la máxima presión fue de 49.73 m. Para mantener el rango de presiones recomendados por la norma NTON 09 007-19 p. 47.

Fue necesario instalar cinco válvulas reductoras de presión (VRP), una en el nodo nVRP3 la cual redujo la presión de 39.46 m a 13 m, otra en el nodo nVRP4 la cual redujo la presión de 47.35 m a 16 m, seguidamente otra más en el nodo nVRP5 que redujo la presión de 49.73 m a 17 m y otra más en el nodo nVRP6 que hizo pasar la presión de 46.81 m a 16 m y finalmente la última válvula en el nodo nVRP7 que redujo la presión de 45.54 a 16 m. Todas las presiones cumplen con la norma NTON 09 007-19 p. 47.

**Tabla 35**

*Cotas y presiones tramo 4*

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
TANQUE	1367.70		1370.19	2.49
1	1367.70	0	1370.07	2.37
2	1364.66	0	1369.54	4.88
3	1359.80	0	1368.8	9

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
4	1356.67	0	1368.08	11.41
5	1353.94	0	1366.56	12.63
6	1353.14	0	1366.02	12.88
7	1351.24	0	1365.25	14.01
8	1349.75	0	1364.09	14.34
9	1349.74	0	1363.53	13.79
10	1349.27	0	1363.12	13.85
11	1349.25	0	1362.78	13.54
12	1350.89	0	1362.41	11.51
13	1351.79	0	1361.38	9.59
14	1338.82	0	1359.94	21.11
15	1331.28	0	1359.71	28.44
16	1327.05	0	1359.6	32.55
17	1320.01	0	1359.47	39.46
nVRP3	1320.01	0	1333.01	13
18	1310.13	0	1332.78	22.65
19	1307.71	0	1332.55	24.85
20	1307.20	0	1332.43	25.23
21	1303.72	0	1332.33	28.61
22	1299.90	0	1332.24	32.33
23	1298.65	0	1332.19	33.54
24	1297.18	0	1332.16	34.98
25	1294.08	0	1332.11	38.03

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
26	1291.45	0	1332.06	40.62
27	1286.43	0	1331.99	45.56
28	1284.56	0	1331.91	47.35
nVRP4	1284.56	0	1300.56	16
29	1281.87	0	1300.47	18.6
30	1279.17	0	1300.4	21.23
31	1276.52	0	1300.34	23.81
32	1274.37	0	1300.23	25.86
33	1265.82	0	1300.12	34.31
34	1263.24	0	1300	36.76
35	1261.06	0	1299.94	38.88
36	1250.08	0	1299.81	49.73
nVRP5	1250.08	0	1267.08	17
37	1245.43	0	1266.96	21.53
38	1246.14	0	1266.87	20.74
39	1239.27	0.14	1266.75	27.48
40	1239.45	0	1266.71	27.26
41	1238.59	0	1266.68	28.08
42	1232.87	0	1266.64	33.77
43	1219.74	0	1266.55	46.81
nVRP6	1219.74	0	1235.74	16
44	1216.07	0	1235.71	19.64

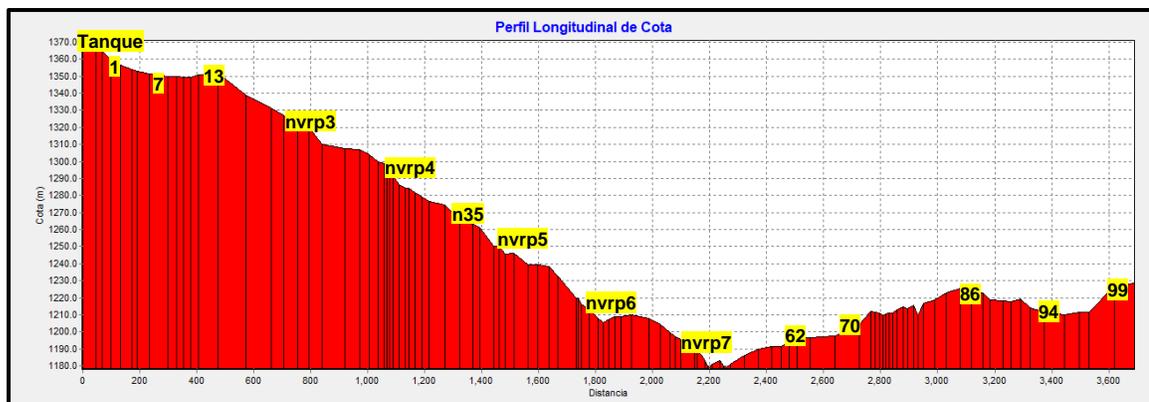
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
45	1212.89	0	1235.67	22.78
46	1208.11	0	1235.63	27.52
47	1205.56	0	1235.6	30.03
48	1207.26	0	1235.56	28.3
49	1208.77	0	1235.52	26.75
50	1209.07	0	1235.49	26.43
51	1209.98	0	1235.45	25.46
52	1208.04	0	1235.38	27.35
53	1204.47	0	1235.34	30.87
54	1199.91	0	1235.3	35.4
55	1197.12	0	1235.28	38.16
56	1195.33	0	1235.26	39.93
57	1189.64	0	1235.18	45.54
nVRP7	1189.64	0	1205.64	16
100	1182.94	0	1205.64	22.71
101	1180.13	0	1205.64	25.51
102	1178.86	0	1205.64	26.79
103	1181.02	0.05	1205.64	24.62
58	1182.94	0	1235.16	52.22
59	1180.13	0	1235.14	55
60	1178.86	0	1235.13	56.27
61	1181.02	0	1235.1	54.08
62	1186.00	0	1235.05	49.05

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
63	1189.75	0	1235	45.26
64	1191.50	0	1234.96	43.46
65	1191.26	0	1234.93	43.67
66	1194.17	0	1234.9	40.73
67	1196.98	0	1234.87	37.89
68	1196.65	0	1234.82	38.17
69	1197.81	0	1234.73	36.92
70	1204.33	0	1234.65	30.32
71	1211.90	0	1234.6	22.7
72	1211.37	0	1234.58	23.21
73	1210.82	0	1234.56	23.75
74	1209.47	0	1234.55	25.08
75	1210.27	0	1234.54	24.26
76	1211.08	0	1234.52	23.44
77	1211.05	0	1234.51	23.45
78	1212.87	0	1234.49	21.62
79	1214.47	0	1234.47	20
80	1213.75	0	1234.45	20.7
81	1215.89	0	1234.43	18.54
82	1209.24	0.09	1234.4	25.16
83	1216.58	0	1234.38	17.8
84	1219.02	0	1234.36	15.34
85	1223.07	0	1234.34	11.27

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
86	1225.27	0	1234.32	9.05
87	1223.31	0	1234.3	10.99
88	1223.15	0	1234.28	11.14
89	1218.97	0	1234.27	15.3
90	1218.27	0	1234.25	15.98
91	1217.84	0	1234.23	16.39
92	1219.09	0	1234.22	15.13
93	1214.22	0	1234.2	19.98
94	1211.34	0	1234.17	22.83
95	1210.08	0	1234.14	24.05
96	1211.32	0	1234.11	22.79
97	1211.32	0	1234.11	22.79
98	1226.91	0	1234.04	7.13
99	1228.38	0.19	1233.99	5.61

*Nota.* Elaboración propia.

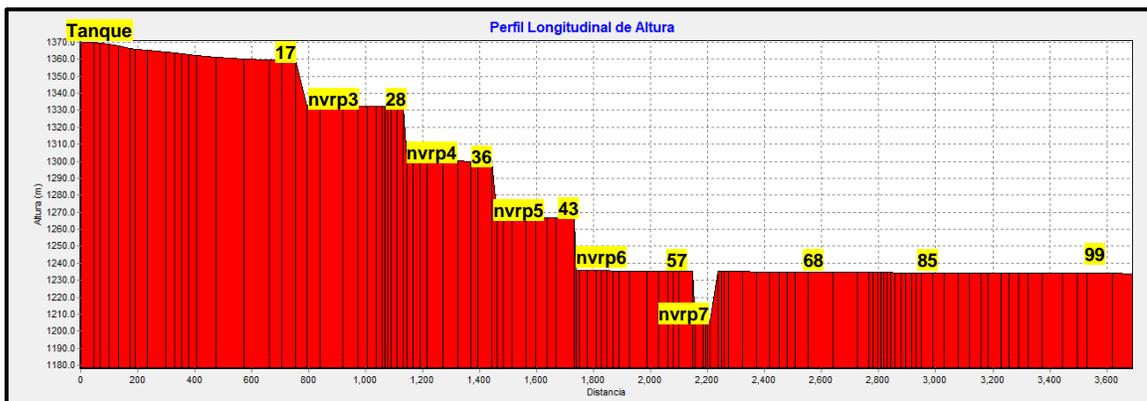
En la figura 45 se muestra cota de terreno natural, el cual presenta una pendiente negativa en dirección al flujo hasta un columpio en el nodo nvrp7, seguida de una pendiente positiva que forma un valle con depresión en nodo 94 al final del tramo.

**Figura 45***Perfil de cota del terreno*

*Nota.* Elaboración propia.

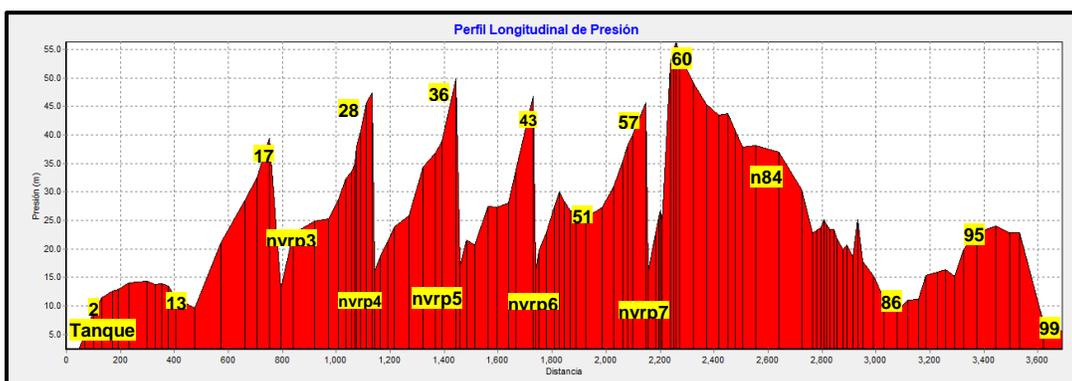
En la figura 46 se observa la altura piezométrica, las cuales varían con gradientes que van desde 24.20 m/km a 0.48 m/km, valores que se reducen en la medida que el flujo se desplaza por las tuberías hasta los puntos de entrega en los nodos de demanda. También en el perfil se observan cinco válvulas reductoras de presión (VRP), la última válvula rompe presión localizada en el nodo nVRP7 corresponde a una derivación del tramo 4 en un punto de alta presión, por tanto, la línea de tubería derivada del tramo 4 abastecerá a las viviendas con presiones que variaron entre 22.71 m a 24.62 m.

Por tanto, en el tramo 4 de los nodos 58 a 61 mantienen presiones altas en un rango de 52.22 m a 54.08 m en el columpio, esto fue necesario para mantener las presiones que aseguren el flujo para alcanzar un valle elevado al final del tramo, en la cual las presiones alcanzaron valores entre 43.67 m a 5.61 m, en el sector donde se encuentran localizada las viviendas.

**Figura 46***Perfil de línea piezométrica*

Nota. Elaboración propia.

La figura 47 presenta el perfil de presiones siendo la mínima de 2.37 m en el tanque, también se observan máximas entre 52.22 m y 56.27 m, presiones que se redujeron mediante una válvula VRP y su derivación para mantener los valores de presión en el rango que recomienda la norma NTON 09 007-19 p.47. No obstante, las máximas presiones antes mencionadas que se dieron en el columpio fueron necesarios para alcanzar la cima y el final del tramo 4.

**Figura 47***Perfil de presiones*

Nota. Elaboración propia.

#### 4.4.11.3. Simulación sin Consumo.

La simulación sin consumo se muestra en la tabla 36, la cual se realizó para observar las presiones hidrostáticas máximas en la toda red. La presión más alta fue de 56.88 m y la menor 5.53 m, lo cual cumple con la NTON 09 007 - 19 p. 47, que recomienda presiones estáticas máximas de 70 m.

**Tabla 36**

*Presiones máximas en la red sin consumo*

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>TANQUE</b>	1367.70		1370.19	2.49
<b>n102</b>	1271.73	0	1308.18	36.45
<b>n103</b>	1275.54	0	1308.18	32.64
<b>n104</b>	1277.27	0	1308.18	30.91
<b>n105</b>	1278.35	0	1308.18	29.84
<b>n106</b>	1275.92	0	1308.18	32.26
<b>n107</b>	1273.27	0	1308.18	34.91
<b>n108</b>	1281.73	0	1308.18	26.45
<b>n109</b>	1289.58	0	1308.18	18.6
<b>n110</b>	1292.06	0	1308.18	16.12
<b>n111</b>	1283.00	0	1308.18	25.18
<b>n112</b>	1277.41	0	1308.18	30.77
<b>n113</b>	1282.73	0	1308.18	25.45
<b>n114</b>	1285.89	0	1308.18	22.29
<b>n115</b>	1288.18	0	1336	47.82

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>n116</b>	1293.12	0	1336	42.89
<b>n117</b>	1296.69	0	1336	39.31
<b>n118</b>	1297.70	0	1336	38.31
<b>n119</b>	1298.43	0	1336	37.58
<b>n120</b>	1299.74	0	1336	36.26
<b>n121</b>	1301.53	0	1336	34.48
<b>n122</b>	1305.40	0	1336	30.61
<b>n123</b>	1305.51	0	1336	30.49
<b>n124</b>	1306.77	0	1336	29.23
<b>n125</b>	1312.41	0	1336	23.6
<b>n126</b>	1316.28	0	1336	19.73
<b>n127</b>	1317.67	0	1336	18.33
<b>n128</b>	1321.00	0	1370.19	49.19
<b>n129</b>	1323.30	0	1370.19	46.89
<b>n130</b>	1325.03	0	1370.19	45.16
<b>n131</b>	1325.66	0	1370.19	44.53
<b>n132</b>	1327.41	0	1370.19	42.77
<b>n133</b>	1331.49	0	1370.19	38.7
<b>n134</b>	1332.93	0	1370.19	37.26
<b>n135</b>	1331.28	0	1370.19	38.91
<b>n136</b>	1337.38	0	1370.19	32.81
<b>n137</b>	1339.59	0	1370.19	30.6
<b>n138</b>	1341.93	0	1370.19	28.26

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>n139</b>	1341.73	0	1370.19	28.46
<b>n140</b>	1337.34	0	1370.19	32.85
<b>n141</b>	1334.87	0	1370.19	35.32
<b>n142</b>	1333.83	0	1370.19	36.36
<b>n143</b>	1332.28	0	1370.19	37.91
<b>n144</b>	1330.76	0	1370.19	39.43
<b>n145</b>	1335.60	0	1370.19	34.59
<b>n146</b>	1334.86	0	1370.19	35.33
<b>n147</b>	1332.27	0	1370.19	37.92
<b>n148</b>	1330.74	0	1370.19	39.45
<b>n149</b>	1329.98	0	1370.19	40.21
<b>n150</b>	1329.82	0	1370.19	40.37
<b>n151</b>	1332.01	0	1370.19	38.18
<b>n152</b>	1336.55	0	1370.19	33.64
<b>n153</b>	1334.56	0	1370.19	35.63
<b>n154</b>	1332.01	0	1370.19	38.18
<b>n155</b>	1330.70	0	1370.19	39.49
<b>n156</b>	1338.45	0	1370.19	31.74
<b>n157</b>	1340.08	0	1370.19	30.11
<b>n158</b>	1344.00	0	1370.19	26.19
<b>n159</b>	1345.34	0	1370.19	24.85
<b>n160</b>	1351.57	0	1370.19	18.62
<b>n161</b>	1351.14	0	1370.19	19.05

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>n162</b>	1348.78	0	1370.19	21.41
<b>n163</b>	1350.48	0	1370.19	19.71
<b>n164</b>	1350.98	0	1370.19	19.21
<b>n165</b>	1350.20	0	1370.19	19.99
<b>n166</b>	1349.46	0	1370.19	20.73
<b>n167</b>	1349.90	0	1370.19	20.29
<b>n168</b>	1350.59	0	1370.19	19.6
<b>n169</b>	1350.59	0	1370.19	19.6
<b>n170</b>	1351.10	0	1370.19	19.09
<b>n171</b>	1351.66	0	1370.19	18.53
<b>n172</b>	1351.85	0	1370.19	18.34
<b>n173</b>	1352.14	0	1370.19	18.05
<b>n174</b>	1351.59	0	1370.19	18.6
<b>n175</b>	1350.90	0	1370.19	19.29
<b>n176</b>	1350.63	0	1370.19	19.56
<b>n177</b>	1350.09	0	1370.19	20.1
<b>n178</b>	1349.16	0	1370.19	21.03
<b>n179</b>	1349.08	0	1370.19	21.11
<b>n180</b>	1349.80	0	1370.19	20.39
<b>n181</b>	1349.02	0	1370.19	21.17
<b>n182</b>	1351.37	0	1370.19	18.82
<b>n183</b>	1350.83	0	1370.19	19.36
<b>n184</b>	1352.18	0	1370.19	18.01

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>n185</b>	1352.22	0	1370.19	17.97
<b>n186</b>	1351.64	0	1370.19	18.55
<b>n187</b>	1351.08	0	1370.19	19.11
<b>n188</b>	1350.30	0	1370.19	19.89
<b>n189</b>	1350.00	0	1370.19	20.19
<b>n190</b>	1350.01	0	1370.19	20.18
<b>n191</b>	1350.66	0	1370.19	19.53
<b>n192</b>	1351.73	0	1370.19	18.46
<b>n193</b>	1351.64	0	1370.19	18.55
<b>n194</b>	1347.68	0	1370.19	22.51
<b>n195</b>	1340.64	0	1370.19	29.55
<b>n196</b>	1336.87	0	1370.19	33.32
<b>n197</b>	1336.10	0	1370.19	34.08
<b>n198</b>	1353.91	0	1370.19	16.28
<b>n199</b>	1353.84	0	1370.19	16.35
<b>n200</b>	1353.43	0	1370.19	16.76
<b>n201</b>	1354.96	0	1370.19	15.23
<b>n202</b>	1354.81	0	1370.19	15.38
<b>n203</b>	1356.35	0	1370.19	13.84
<b>n204</b>	1358.61	0	1370.19	11.58
<b>n205</b>	1359.94	0	1370.19	10.25
<b>n206</b>	1357.22	0	1370.19	12.97
<b>n207</b>	1357.61	0	1370.19	12.58

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>n208</b>	1357.00	0	1370.19	13.19
<b>n209</b>	1356.02	0	1370.19	14.17
<b>n210</b>	1358.42	0	1370.19	11.77
<b>n211</b>	1359.59	0	1370.19	10.6
<b>n212</b>	1359.83	0	1370.19	10.36
<b>n213</b>	1358.58	0	1370.19	11.61
<b>n214</b>	1356.33	0	1370.19	13.86
<b>n215</b>	1359.54	0	1370.19	10.65
<b>n216</b>	1357.48	0	1370.19	12.71
<b>n217</b>	1359.61	0	1370.19	10.58
<b>n218</b>	1359.85	0	1370.19	10.34
<b>n219</b>	1359.01	0	1370.19	11.18
<b>1</b>	1367.70	0	1370.19	2.49
<b>2</b>	1364.66	0	1370.19	5.53
<b>3</b>	1359.80	0	1370.19	10.39
<b>4</b>	1356.67	0	1370.19	13.52
<b>5</b>	1353.94	0	1370.19	16.25
<b>6</b>	1353.14	0	1370.19	17.05
<b>7</b>	1351.24	0	1370.19	18.95
<b>8</b>	1349.75	0	1370.19	20.44
<b>9</b>	1349.74	0	1370.19	20.45
<b>10</b>	1349.27	0	1370.19	20.92
<b>11</b>	1349.25	0	1370.19	20.94

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
12	1350.89	0	1370.19	19.3
13	1351.79	0	1370.19	18.4
14	1338.82	0	1370.19	31.36
15	1331.28	0	1370.19	38.91
16	1327.05	0	1370.19	43.14
17	1320.01	0	1370.19	50.18
18	1310.13	0	1333.01	22.88
19	1307.71	0	1333.01	25.3
20	1307.20	0	1333.01	25.81
21	1303.72	0	1333.01	29.29
22	1299.90	0	1333.01	33.11
23	1298.65	0	1333.01	34.36
24	1297.18	0	1333.01	35.83
25	1294.08	0	1333.01	38.93
26	1291.45	0	1333.01	41.56
27	1286.43	0	1333.01	46.58
28	1284.56	0	1333.01	48.45
29	1281.87	0	1300.56	18.7
30	1279.17	0	1300.56	21.39
31	1276.52	0	1300.56	24.04
32	1274.37	0	1300.56	26.19
33	1265.82	0	1300.56	34.74
34	1263.24	0	1300.56	37.32

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>35</b>	1261.06	0	1300.56	39.5
<b>36</b>	1250.08	0	1300.56	50.48
<b>37</b>	1245.43	0	1267.08	21.65
<b>38</b>	1246.14	0	1267.08	20.94
<b>39</b>	1239.27	0	1267.08	27.81
<b>40</b>	1239.45	0	1267.08	27.63
<b>41</b>	1238.59	0	1267.08	28.49
<b>42</b>	1232.87	0	1267.08	34.2
<b>43</b>	1219.74	0	1267.08	47.34
<b>44</b>	1216.07	0	1235.74	19.66
<b>45</b>	1212.89	0	1235.74	22.85
<b>46</b>	1208.11	0	1235.74	27.62
<b>47</b>	1205.56	0	1235.74	30.17
<b>48</b>	1207.26	0	1235.74	28.48
<b>49</b>	1208.77	0	1235.74	26.96
<b>50</b>	1209.07	0	1235.74	26.67
<b>51</b>	1209.98	0	1235.74	25.75
<b>52</b>	1208.04	0	1235.74	27.7
<b>53</b>	1204.47	0	1235.74	31.26
<b>54</b>	1199.91	0	1235.74	35.83
<b>55</b>	1197.12	0	1235.74	38.62
<b>56</b>	1195.33	0	1235.74	40.41
<b>57</b>	1189.64	0	1235.74	46.09

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>58</b>	1182.94	0	1235.74	52.8
<b>59</b>	1180.13	0	1235.74	55.6
<b>60</b>	1178.86	0	1235.74	56.88
<b>61</b>	1181.02	0	1235.74	54.72
<b>62</b>	1186.00	0	1235.74	49.73
<b>63</b>	1189.75	0	1235.74	45.99
<b>64</b>	1191.50	0	1235.74	44.24
<b>65</b>	1191.26	0	1235.74	44.47
<b>66</b>	1194.17	0	1235.74	41.56
<b>67</b>	1196.98	0	1235.74	38.76
<b>68</b>	1196.65	0	1235.74	39.08
<b>69</b>	1197.81	0	1235.74	37.92
<b>70</b>	1204.33	0	1235.74	31.41
<b>71</b>	1211.90	0	1235.74	23.83
<b>72</b>	1211.37	0	1235.74	24.37
<b>73</b>	1210.82	0	1235.74	24.92
<b>74</b>	1209.47	0	1235.74	26.26
<b>75</b>	1210.27	0	1235.74	25.46
<b>76</b>	1211.08	0	1235.74	24.66
<b>77</b>	1211.05	0	1235.74	24.68
<b>78</b>	1212.87	0	1235.74	22.87
<b>79</b>	1214.47	0	1235.74	21.26
<b>80</b>	1213.75	0	1235.74	21.98

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>81</b>	1215.89	0	1235.74	19.85
<b>82</b>	1209.24	0	1235.74	26.5
<b>83</b>	1216.58	0	1235.74	19.16
<b>84</b>	1219.02	0	1235.74	16.72
<b>85</b>	1223.07	0	1235.74	12.66
<b>86</b>	1225.27	0	1235.74	10.47
<b>87</b>	1223.31	0	1235.74	12.42
<b>88</b>	1223.15	0	1235.74	12.59
<b>89</b>	1218.97	0	1235.74	16.77
<b>90</b>	1218.27	0	1235.74	17.46
<b>91</b>	1217.84	0	1235.74	17.9
<b>92</b>	1219.09	0	1235.74	16.65
<b>93</b>	1214.22	0	1235.74	21.51
<b>94</b>	1211.34	0	1235.74	24.4
<b>95</b>	1210.08	0	1235.74	25.65
<b>96</b>	1211.32	0	1235.74	24.42
<b>97</b>	1211.32	0	1235.74	24.42
<b>98</b>	1226.91	0	1235.74	8.83
<b>99</b>	1228.38	0	1235.74	7.36
<b>VRP1</b>	1321.00	0	1336	15
<b>nVRP2</b>	1288.18	0	1308.18	20
<b>nVRP3</b>	1320.01	0	1333.01	13
<b>nVRP4</b>	1284.56	0	1300.56	16

<b>Nudo</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>nVRP5</b>	1250.08	0	1267.08	17
<b>nVRP6</b>	1219.74	0	1235.74	16
<b>nVRP7</b>	1189.64	0	1205.64	16
<b>100</b>	1182.94	0	1205.64	22.71
<b>101</b>	1180.13	0	1205.64	25.51
<b>102</b>	1178.86	0	1205.64	26.79
<b>103</b>	1181.02	0	1205.64	24.62

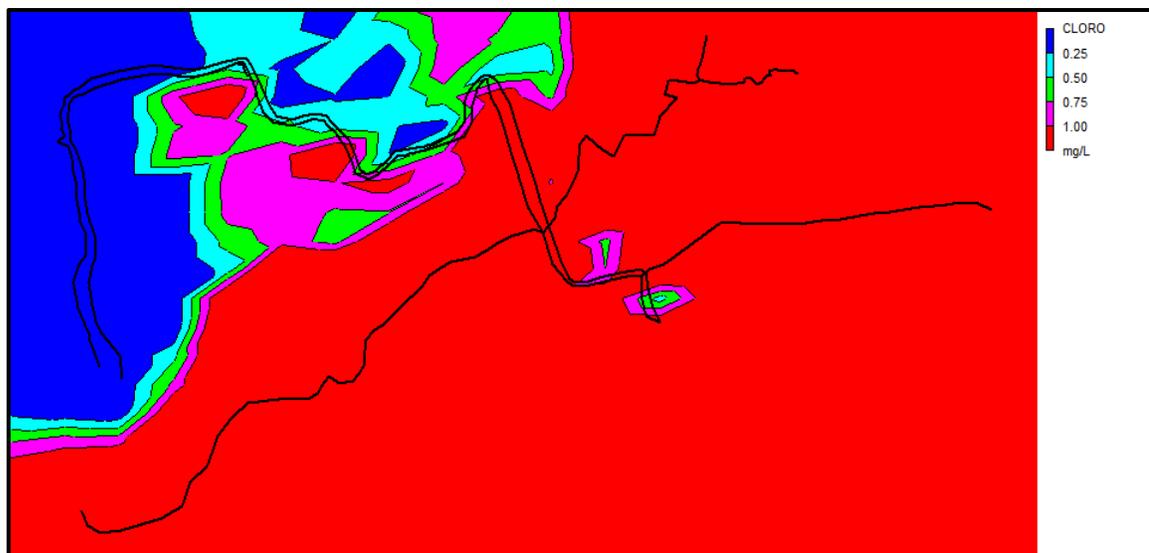
*Nota.* Elaboración propia.

#### **4.4.11.4. Simulación de Cloro**

La simulación de cloro se realizó con una concentración de 2.1 mg/l, la cual se calculó previamente en el capítulo de desinfección. Seguidamente se presenta la simulación de cloro a las 6, 12 y 24 horas que se describe en las figuras 48,49 y 50, observándose que a las 24 horas la concentración de cloro residual alcanza un valor mínimo 0.73 mg/l y valor máximo 1.14 mg/l, lo cual cumple con la norma CAPRE que recomienda valores mínimos residual de 0.5 a 1 mg/l.

**Figura 48**

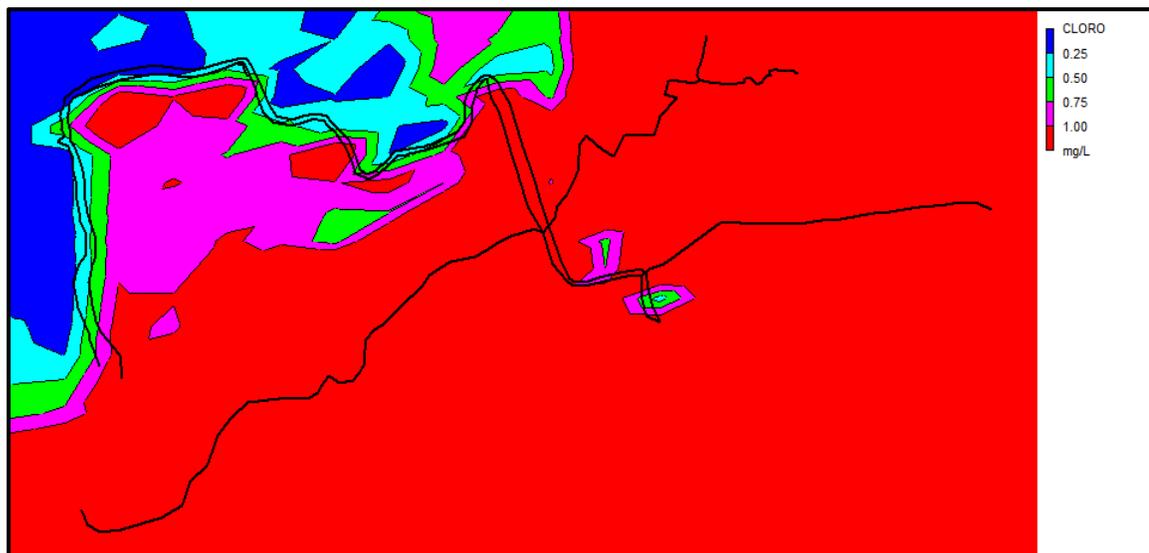
*Simulación cloro a 6 horas*



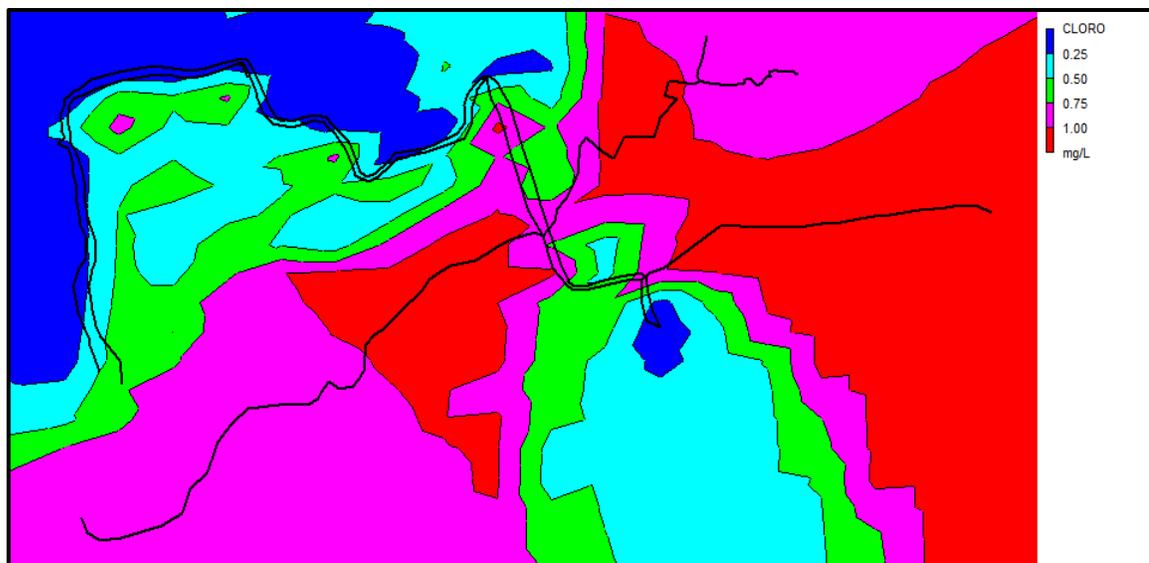
Nota. Elaboración propia.

**Figura 49**

*Simulación de cloro a 12 horas*



Nota. Elaboración propia.

**Figura 50***Simulación de cloro a 24 horas*

*Nota.* Elaboración propia.

#### **4.5. Presupuesto**

La elaboración del presupuesto con metodología FISE se dividió en 9 etapas. Cada etapa incluye sub etapas detalladas y actividades. El precio de las actividades se tomó de la guía de precios maestros del FISE del año 2022.

El costo total del proyecto fue de C\$ 8,983,010.76, un resumen del presupuesto de la tabla 37 y el detalle del presupuesto en el anexo 4.

**Tabla 37***Etapas del presupuesto*

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total, C\$</b>
<b>310</b>	Preliminares	GLB	1.00	421,631.47	433,955.95
<b>320</b>	Línea de conducción	ml	3,488.00	330.50	1,152,796.14
<b>330</b>	Línea de distribución	ml	4,447.00	1,131.92	5,033,659.33
<b>335</b>	Tanque de almacenamiento	m3	15.00	26,231.97	393,479.54
<b>340</b>	Fuentes y obras de toma	c/u	1.00	563,178.74	563,178.74
<b>345</b>	Estación de bombeo - Agua potable	c/u	1.00	260,393.07	260,393.07
<b>350</b>	Conexiones	c/u	61.00	2,697.03	164,518.57
<b>360</b>	Planta de purificación	m3	1.00	69,725.44	69,725.44
<b>370</b>	Limpieza y entrega	GLB	1.00		
<b>Total</b>					<b>8,983,010.76</b>

*Nota.* Elaboración propia.

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

- Se encontró que las viviendas son ocupadas en promedio por 5 personas, además que la mayor parte de la comunidad son adultos entre 36 y 60 años, aproximadamente dos tercios de la población son hombres, así mismo un tercio de la población cuentan con salario menor al mínimo y otro tercio tienen salario mínimo por lo que dos tercios de la población se considera pobre.
- La mayoría de familias cuentan letrinas en regular y mal estado, considerando lo anteriormente señalado, se concluyó, que esto representa un desafío para la salud e higiene comunitaria.
- La topografía presenta relieve montañoso irregular, determinado por grandes desniveles a lo largo del eje de levantamiento, esta condición es más pronunciada en la línea de conducción y tramo 4.
- En cuanto a la calidad del agua se encontraron valores aceptables de acuerdo a los descritos por la norma CAPRE, excepto turbiedad, hierro, coliforme total y fecal no cumple. La turbiedad y hierro que superan los valores de la norma CAPRE puede deberse al Ph ácido y a la oxidación de la columna de bombeo cuya tubería metálica ha estado expuesto al agua con bajo Ph por 13 años.
- Las velocidades de flujo en algunos tramos tuvieron valores inferiores al recomendado por la norma, también debido a las características del terreno se presentaron presiones con valores altos, por lo tanto, se tuvieron que incluir en el diseño 7 válvulas VRP para cumplir lo recomendado por la norma.

- El costo total del presupuesto para llevar a cabo el proyecto de sistema de agua potable fue de C\$ 8,983,010.76.

## Recomendaciones

- Se sugiere que el CAPS sostenga un diálogo abierto con la población para llegar a un consenso sobre el precio del metro cúbico de agua para establecer una tarifa adecuada a las condiciones económicas de la familia.
- Implementar programas de mantenimiento y mejora de letrinas, así como promover conciencia y prácticas sanitarias adecuadas, involucrando activamente a la comunidad en la preservación y mejora de estas instalaciones.
- A causa del relieve montañoso irregular, se sugiere llevar a cabo revisiones permanentes de la red, por la posible presencia de materiales sueltos que pudieran afectar y causar daños en las instalaciones de tuberías y accesorios.
- Llevar a cabo limpiezas sistemáticas a válvulas y tuberías en la red, a causa de sedimentos depositados en ellas, debido a las bajas velocidades de flujo.
- Se recomienda a la población explore opciones como la creación de fondos comunitarios, la búsqueda de subsidios gubernamentales. Además, fomentar la participación activa de la comunidad en la gestión del proyecto y considerar modelos financieros sostenibles a largo plazo, lo que puede contribuir a garantizar la viabilidad y el éxito continuo del proyecto de agua potable.

## **Bibliografía**

- ANA. (2007). Diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable NTON 09 007-19. Managua: ANA.
- Basán Nickisch, M. (2008). Curso de aforadores de corriente de agua. Santiago del Estero: INTA-EEA Santiago del Estero.
- CAPRE. (1994). Normas de calidad del agua para consumo humano. San José: CAPREE.
- CENEPRED. (2016). Guía metodológica para elaborar el estudio socioeconómico, cultural y ambiental para el reasentamiento poblacional en zonas de muy alto riesgo no mitigable. Lima: Centro Nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres.
- CONAGUA. (2015). Manual de agua potable alcantarillado y saneamiento. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Boulevard Adolfo Ruíz Cortines No. 4209 Col. Jardines en la Montaña C.P. 14210, Tlalplan, México, D.F.
- Escuela universitaria técnica agrícola de Ciudad Real. (2016). Catedra ingeniería rural el golpe de ariete. Ciudad Real: Ingeniería rural.
- Gómez morales, W. (2015). Texto básico autoformativo de topografía general. Managua: UNA.
- INAA. (1999). Norma técnica para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua . Managua: ANA.
- INEGI. (2013). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

°SIASAR NICARAGUA. (21 de Enero de 2023). SIASAR Data. Obtenido de <http://data.globalsiasar.org/download-excels>

UNIFOM. (2006). Manual de presupuestos de obras municipales. Managua: Departamentop de inversión y servicios municipales.

Zamarripa Medina, M. (2010). Apuntes de topopgrafía. Acatlán: Facultad de estudios superiores de Acatlán.

Anexo 1. Formato de encuesta para estudio socioeconómico

ENCUESTA SOCIOECONÓMICA	
Fecha	<input type="text"/>
Departamento	<input type="text"/>
Municipio	<input type="text"/>
Comunidad	<input type="text"/>
Responsable de hogar	<input type="text"/>
Nombre persona encuestada	<input type="text"/>
CONDICIONES DE LA VIVENDA	
La vivienda es:	Propia <input type="text"/> Prestada <input type="text"/> Alquilada <input type="text"/> Otro <input type="text"/>
Las paredes son:	Bloque <input type="text"/> Ladrillo <input type="text"/> Madera <input type="text"/> Otro <input type="text"/>
El piso es:	Madera <input type="text"/> Ladrillo <input type="text"/> Tierra <input type="text"/> Otro <input type="text"/>
El techo es:	Zinc <input type="text"/> Madera <input type="text"/> Teja <input type="text"/> Otro <input type="text"/>
¿Cuántas divisiones tiene la vivienda?	3 o más <input type="text"/> 2 <input type="text"/> No tiene <input type="text"/>
SITUACIÓN ECONÓMICA DE LAS FAMILIAS	
¿Cuántas personas del hogar trabajan?	
Dentro de la comunidad:	Hombres <input type="text"/> Mujeres <input type="text"/> Total <input type="text"/>
Fuera de la comunidad:	Hombres <input type="text"/> Mujeres <input type="text"/> Total <input type="text"/>
¿Cuál es el ingreso económico del mes?	_____
¿En qué trabajan las personas del hogar?	
	Ganadería <input type="text"/> Agricultura <input type="text"/> Jornalero <input type="text"/> Otro/Cual <input type="text"/>
Que cultivos realizan:	Maiz <input type="text"/> Arroz <input type="text"/> Frijol <input type="text"/>
Ganado:	Si/Cuanto <input type="text"/> Vacuno <input type="text"/> Equino <input type="text"/> Caprino <input type="text"/>
	No <input type="text"/>
Tienen Animales domésticos	
	Si/Cuanto <input type="text"/> Gallinas <input type="text"/> cerdos <input type="text"/> Otros <input type="text"/>
	No <input type="text"/>
Recibe remesas	
Si	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>

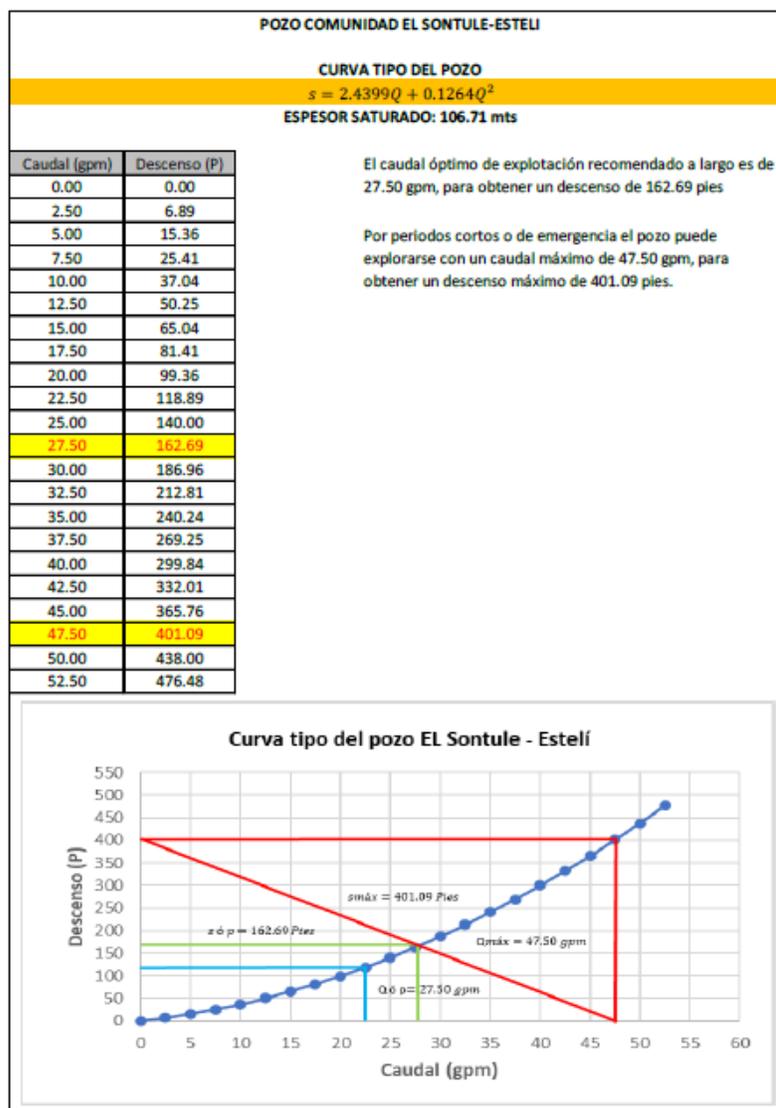
SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA				
¿Tienen letrina?	Si <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Buena	
	No <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mala	
			Regular <input type="checkbox"/>	
¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa?				
La riegan	<input type="checkbox"/>			
Dejan correr	<input type="checkbox"/>			
Zanja de drenaje	<input type="checkbox"/>			
Filtro para drenaje	<input type="checkbox"/>			
¿Existen charcar en el patio?	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
¿Cómo eliminan las charcas?	Drenando <input type="checkbox"/>	Aterrando <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	
RECURSOS Y SERVICIOS DE AGUA				
¿Cuenta con servicio de agua?				
Si/cuál	<input type="checkbox"/>			
No/ como se abast.	<input type="checkbox"/>			
Pago al mes	<input type="checkbox"/>			
¿Quién busca o acarrea el agua?				
Mujeres	<input type="checkbox"/>			
Hombres	<input type="checkbox"/>			
Niños	<input type="checkbox"/>			
Otro	<input type="checkbox"/>			
¿Cuántos viajes realizan diario para obtener el agua que utilizan?				
<table border="1"> <tr> <td><input type="text"/></td> </tr> </table>				<input type="text"/>
<input type="text"/>				
¿En que almacenan el agua?				
Barriles	<input type="checkbox"/>			
Pilas	<input type="checkbox"/>			
Bidones	<input type="checkbox"/>			
Los recipientes en que se almacena el agua se mantienen:				
Tapados	<input type="checkbox"/>			
Destapados	<input type="checkbox"/>			
La calidad del agua se considera:				
Buena	<input type="checkbox"/>			
Regular	<input type="checkbox"/>			
Mala	<input type="checkbox"/>			
¿Qué condiciones tiene el agua que consume?				
Mal sabor	<input type="checkbox"/>			
Mal olor	<input type="checkbox"/>			
Mal color	<input type="checkbox"/>			
¿Distancia que recorre para traer el agua?	<input type="checkbox"/>			
¿Cuántos pozos hay en la comunidad?	<input type="checkbox"/>			
GENERALIDADES DEL PROYECTO				
¿Conoce el proyecto de abastecimiento de agua potable que se pretende realizar en esta comunidad?				
Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	
		Poco	<input type="checkbox"/>	
¿Le gustaría tener servicio de agua potable en su hogar?				
Si	<input type="checkbox"/>	No/por qué	<input type="checkbox"/>	
¿Cuánto estaría dispuesto/a a pagar mensual por este servicio?				
CS20-25	<input type="checkbox"/>	CS 36-50	<input type="checkbox"/>	
		CS51 a más	<input type="checkbox"/>	
		No/porq.	<input type="checkbox"/>	

ORGANIZACIÓN COMUNITARIA						
¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización?						
Si		Productividad		Social		
No		Otra				
		Por qué				
¿Cuántos miembros del hogar participan en organización comunitaria?						
Hombres		Mujeres		Total		
¿Participarían de forma organizada en la construcción del proyecto de agua potable?						
Si		No		Por qué		
SITUACIÓN DE SALUD EN LA VIVIENDA						
¿Están	Enfermedades	Grupos de edad				Observaciones
		Menor a 5	6 a 15	16 a 25	Más de 26	
	Diarrea					
	Tos					
	Resfriados					
	Malaria					
	Dengue					
	Parasitosis					
	Renal					
	Tifoidea					
	Hepatitis					
	Dérmicas					
Otras						
Vacunados los niños y niñas?						
Si		No				
Las personas que habitan en esta vivienda practicaban hábitos como:						
Lavado de manos	Si		No			
Buen uso del agua	Si		No			
Buen uso de letrinas	Si		No			
¿Cuántos niños o niñas nacieron y/o fallecieron en este hogar, durante el año pasado?						
Vivos/as	Niños		Niñas		Total	
Fallecidos/as	Niños		Niñas		Total	
GRACIAS						
_____ Encuestador (a)			_____ Supervisor (a)			

Nota: Nuevo FISE

**Anexo 2: Fuente de abastecimiento**

## Anexo 3: Prueba de Bombeo



**Dir.: Entrada Principal al Sector XIX 50 Vrs. Al Oeste, Bo. Los Maestro  
Somoto, Madriz**

**Teléfonos: 27220279 Cel. 86029594**

**Email: edgardo.2008@yahoo.com**

## Anexo 4: Estudio de la calidad del agua



Programa de Investigación,  
Estudios y Servicios del Ambiente  
INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICOS

MB-2404-0121.01  
LA-PT-09-RT01

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELEFONO
Beiling Eda y Marcos		Tesis para Optar al Título de Ingeniería Civil-Esteli		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Marcos Alfredo Rayo Izaguirre		Estudiante	marcosrayo234@gmail.com	NR
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	21/4/2024; 4:00 p.m		Ingreso de muestra	22/04/2024
Fuente	Pozo		Inicio de análisis	22/04/2024
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	26/04/2024
Ubicación de la fuente	Comunidad El Sontule-Mirafior, Esteli		Emisión del informe de resultados	02/05/2024
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	6408
Recolectada por	Marcos Alfredo Rayo Izaguirre		Código de muestra	LA-2404-0481
Supervisor en campo	CAPS Comunidad		Muestra No.	Uno (01)
Rango o valor máximo permisible o recomendado				
METODO SM /EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE <sup>1</sup>
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	2,2X10 <sup>2</sup>	Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	1.8	Negativo
9221-F	E. Coli	NMP/100mL	Negativo	NE

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

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

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

EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, \*\*Valor recomendado.

‡Ensayos subcontratados en el laboratorio.

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

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

*Xóchil Barahona*  
MSc. Ing. Xóchil Barahona  
Coordinadora Laboratorio Ambiental

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

fol. 240605

Teléfono: (505) 2270 5613

Pág. 1/1

Fin del Informe

atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni  
www.piensa.uni.edu.ni



Programa de Investigación,  
Estudios Nacionales y  
Servicios del Ambiente

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELEFONO
Beiling Eda y Marcos		Tesis para Optar al Título de Ingeniería Civil-Esteli		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Marcos Alfredo Rayo Izaguirre		Estudiante	marcosrayo234@gmail.com	NR
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	21/4/2024; 4:00 p.m		Ingreso de muestra	22/04/2024
Fuente	Pozo		Inicio de análisis	22/04/2024
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	26/04/2024
Ubicación de la fuente	Comunidad El Sontule-Mirafior, Esteli		Emisión del informe de resultados	29/04/2024
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	6408
Recolectada por	Marcos Alfredo Rayo Izaguirre		Código de muestra	LA-2404-0481
Supervisor en campo	CAPS Comunidad		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE <sup>1</sup>
2110	Apariencia	Adim	Turbia con sedimentos	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	8.76	6.5 - 8.5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	143.10	400**
2130-B	Turbiedad	UNT	19.60	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	8.00	15
2320-B	Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	68.40	NE
2320-B	Carbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	<0.40	NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	68.40	NE
4500-B	Nitratos	mg NO <sub>3</sub> -N/L	1.13	50
4500-B	Nitritos	mg NO <sub>2</sub> -N/L	<0.003	0.1
4500-D	Cloruros	mg Cl/L	22.00	250
3500-B	Hierro Total	mg Fe/L	1.83	0.3
4500-D	Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	11.48	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	32.55	400**
2340-C	Dureza Calcica	mg/L CaCO <sub>3</sub>	24.40	NE
3500-B	Calcio	mg Ca/L	9.78	100**
3500-B	Magnesio	mg Mg/L	1.98	50
3149	Manganeso	mg/L Mn	0.042	0.5
3500-X	Sodio	mg Na/L	32.90	200
3500-C	Potasio	mg K/L	3.59	10
4500-C	Flúor	mg F/L	0.314	0.7

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

**Abreviaturas y símbolos:** s menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, **NE**= No especificada en la Norma, **NR**= No Reporta, **Adim**= Adimensional  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** **SM** = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, **MH**= Metodología Hach  
EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, \*\*Valor recomendado

**Observaciones:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realización de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados. Una vez recibido los informes de ensayo, la validez de su reclamo es de 28 días calendario.

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

☎ Teléfono: (505) 2270 5613

MSc. Ing. Xóchitl Barahona  
Coordinadora Laboratorio Ambiental

Recinto Universitario Simón Bolívar  
Avenida Universitaria,  
Managua, Nicaragua.  
Apto: 5595

fol. 240604

atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni  
www.piensa.uni.edu.ni

Pag. 1/1

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

## INFORME DE ENSAYO DE MICROPOLUENTES

 MP 2404-0104-01  
LA-PT-09.RT01

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Belling Eda y Marcos		Tesis para Optar el Título de Ingeniería Civil-Esteli		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Marcos Alfredo Rayo Izaguirre		Estudiante	marcosrayo234@gmail.com	NR
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	21/4/2024; 4:00 p.m		Ingreso de muestra	22/04/2024
Fuente	Pozo		Inicio de análisis	23/04/2024
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Subterránea/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	02/05/2024
Ubicación de la fuente	Comunidad El Sontule-Mirafior, Esteli		Emisión del informe de resultados	07/05/2024
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	6408
Recolectada por	Marcos Alfredo Rayo Izaguirre		Código de muestra	LA-2404-0481
Supervisor en campo	CAPS Comunidad		Muestra No.	Uno(01)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	
G..H	Arsénico	mg/L	<0.002	
				Norma CAPRE <sup>1</sup> 0.01

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

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

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los ítems de ensayo. Una vez recibido los informes de ensayo, la validez de su reclamo es de 28 días calendario.


 MSc. Ing. Xóchilt Barahona  
Coordinadora Laboratorio Ambiental

fol. 240644

Pag. 1/1

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

 Teléfono: (505) 2270 5613

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

 atención.cliente@piensa.uni.edu.ni  
www.piensa.uni.edu.ni

## Anexo 5: Presupuesto

Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total, C\$
<b>310</b>			<b>Preliminares</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>433,955.95</b>	<b>433,955.95</b>
<b>310</b>	<b>01</b>		<b>Limpieza inicial</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>8,608.52</b>	<b>24.00</b>	<b>206,604.48</b>
		92224	Limpieza inicial predio de captación	m <sup>2</sup>	473.52	24.00	11,364.48
		92224	Limpieza inicial línea de conducción y distribución	m <sup>2</sup>	7,935.00	24.00	190,440.00
		92224	Limpieza inicial predio del tanque	m <sup>2</sup>	200.00	24.00	4,800.00
<b>310</b>	<b>02</b>		<b>Trazo y nivelación</b>	<b>ml</b>	<b>7,935.00</b>	<b>25.10</b>	<b>199,158.98</b>
		92806	Trazo y nivelación para tuberías (incl. Estacas de madera + mano de obra topografía) (no incl. equipo de topografía)	ml	7,935.00	25.10	199,158.98
<b>310</b>	<b>05</b>		<b>Rótulos</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>28,192.50</b>	<b>28,192.50</b>
		05442	Rótulo tipo FISE 1.22 m x 2.44 (Est. Acero & Zinc Liso)	c/u	1.00	28192.50	28,192.50
<b>320</b>			<b>Línea de conducción</b>	<b>ml</b>	<b>3,488.00</b>	<b>330.50</b>	<b>1,152,796.14</b>
<b>320</b>	<b>01</b>		<b>Excavación para tubería</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1,744.00</b>	<b>177.99</b>	<b>310,420.84</b>

<b>Etapa</b>	<b>Sub etapa</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total, C\$</b>
		95330	Excavación en zanja TN (W 0.50 m Prof 1.00 m)	m <sup>3</sup>	1,744.00	177.99	310,420.84
<b>320</b>	<b>11</b>		<b>Relleno y compactación</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1,742.70</b>	<b>114.79</b>	<b>200,048.02</b>
		92226	Relleno y compactación manual	m <sup>3</sup>	1,742.70	114.79	200,048.02
<b>320</b>	<b>23</b>		<b>Prueba hidrostática</b>	<b>ml</b>	<b>3,488.00</b>	<b>2.23</b>	<b>7,784.75</b>
		93282	Prueba hidrostática Proy. A.P hasta 4" y 300 m	c/u	12.00	648.73	7,784.75
<b>320</b>	<b>14</b>		<b>Tubería de 1 1/2" de diámetro</b>	<b>ml</b>	<b>3,488.00</b>	<b>181.92</b>	<b>634,542.54</b>
		96171	Tubería de PVC Diám = 1 1/2" (No inc. Excavación)	ml	3,488.00	181.92	634,542.54
<b>330</b>			<b>Línea de distribución</b>	<b>ml</b>	<b>4,447.00</b>	<b>1,131.92</b>	<b>5,033,659.33</b>
<b>330</b>	<b>01</b>		<b>Excavación para tubería</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>2,223.50</b>	<b>177.99</b>	<b>395,768.77</b>
		95330	Excavación en zanja TN (W 0.50 m Prof 1.00 m)	m <sup>3</sup>	2,223.50	177.99	395,768.77
<b>330</b>	<b>09</b>		<b>Relleno y compactación</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>2,218.50</b>	<b>114.79</b>	<b>254,666.05</b>
		92226	Relleno y compactación manual	m <sup>3</sup>	2,218.50	114.79	254,666.05

<b>Etapa</b>	<b>Sub etapa</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total, C\$</b>
<b>330</b>	<b>22</b>		<b>Prueba hidrostática</b>	<b>ml</b>	<b>4,447.00</b>	<b>2.19</b>	<b>9,730.93</b>
		93282	Prueba hidrostática Proy. A.P hasta 4" y 300 m	c/u	15.00	648.73	9,730.93
<b>330</b>	<b>14</b>		<b>Tubería de 1 1/2" de diámetro</b>	<b>ml</b>	<b>4,447.00</b>	<b>181.92</b>	<b>809,005.36</b>
		96171	Tubería de PVC Diám = 1 1/2" (No inc. Excavación)	ml	4,447.00	181.92	809,005.36
<b>330</b>	<b>23</b>		<b>Válvulas y accesorios</b>	<b>c/u</b>	<b>150.00</b>	<b>23,763.25</b>	<b>3,564,488.22</b>
		02136	Válvula de pase de gaveta de bronce. Diám. 1 1/2" (Incl. Excavación)	c/u	5.00	5,499.04	27,495.19
			Válvula de limpieza, Diám. 1 1/2"	c/u	15.00	156,500.00	2,347,500.00
		94017	Válvula reguladora de presión. Hierro Fundido 1 1/2"	c/u	7.00	91,646.18	641,523.26
		93113	Válvula de aire de hierro. Diám 1/2" Reductor de Ho Go + TEE	c/u	21.00	20,188.40	423,956.46
		03306	Caja para protec. De válv. De tubo de	c/u	48.00	958.48	46,006.97

Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total, C\$
			concreto. Diám = 6" H = 1.20 m (No incl Exc)				
		03532	Bloque de reacción de concreto de 3000 PSI ref. de 0.50 m c/anclaje de varillas de hierro (Incl. Exc)	c/u	54.00	1,444.56	78,006.34
<b>335</b>			<b>Tanque de almacenamiento</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>15.00</b>	<b>26,231.97</b>	<b>393,479.54</b>
<b>335</b>	<b>01</b>		<b>Movimiento de tierra para tanque de almacenamiento</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>26.80</b>	<b>2,857.45</b>	<b>76,579.73</b>
		94236	Descapote manual	m <sup>3</sup>	2.20	162.34	357.15
		92287	Corte manual de terreno	m <sup>3</sup>	12.30	163.50	2,011.10
		92226	Relleno y compactación manual	m <sup>3</sup>	12.30	114.79	1,411.94
		95875	Acarreo manual de material selecto con carretilla a 1 Km (Con MOI)	m <sup>3</sup>	15.99	4,409.86	70,513.66
		94390	Botar material sobrante de excavación a 100 m	m <sup>3</sup>	15.99	142.96	2,285.88

<b>Etapa</b>	<b>Sub etapa</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total, C\$</b>
<b>335</b>	<b>08</b>		<b>Cercas perimetrales y portones</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>57,826.14</b>	<b>57,826.14</b>
		94734	Cerco (a) de malla ciclón de alambre de acero galvanizado Cal # 13 (Diám. Del alambre = 2.4130 mm) Alt = 6" sobre tubo de hierro	ml	60.00	552.70	33,162.29
		04284	Portón de marco de tubo sección circular de Ho No Diám = 1/2" con forro de malla ciclón cal # 13 con columnas de concreto de 2000 PSI	m <sup>2</sup>	6.00	4,110.64	24,663.85
<b>335</b>	<b>11</b>		<b>Tanque de almacenamiento</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>15.00</b>	<b>18,446.22</b>	<b>276,693.30</b>
			Rotoplas estándar línea industrial negro 15000 lts	c/u	1.00	98,069.56	98,069.56
		92022	Niveleta doble de 1.50 m x 1.50 m	c/u	4.00	222.00	888.02
		92021	Niveleta sencilla L = 1.10 m	c/u	2.00	188.57	377.13

Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total, C\$
		02218	Base de concreto de 3500 PSI Ref. para tanque de almacenamiento sobre suelo	m <sup>3</sup>	4.58	23,743.78	108,746.50
			Hierro (en varillas) corrugado (grado 40) Diám < = Al N° 2	lbs	144.83		
		93353	Hierro (en varillas) corrugado (grado 40) Diám < = Al N° 4	lbs	467.11	38.68	18,066.37
			Hierro (en varillas) corrugado (grado 40) Diám < = Al N° 5	lbs	469.00		
		92388	Formaleta de madera de pino para fundaciones	m <sup>2</sup>	5.44	614.62	3,343.51
		92345	Formaleta de madera de pino para vigas	m <sup>2</sup>	25.31	848.74	21,481.53
		92346	Formaleta de madera de pino para columnas (área de contacto)	m <sup>2</sup>	3.04	722.21	2,195.51
			Repello corriente	m <sup>2</sup>	25.31		

Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total, C\$
		92160	Piqueteo total en concreto fresco	m <sup>2</sup>	9.33	36.77	343.05
		93783	Repello arenillado	m <sup>2</sup>	21.49	154.77	3,325.95
		02040	Fino integral para losas de concreto	m <sup>2</sup>	4.40	163.60	719.85
		93411	Pintura epóxica blanca (Incl. Catalizador epóxico blanco) sobre paredes de tanques de agua potable	m <sup>2</sup>	17.67	849.11	15,003.85
		92147	Pintura de aceite calidad estándar (Incl. 2 manos)	m <sup>2</sup>	23.08	179.05	4,132.48
<b>335</b>	<b>07</b>		<b>Otro tipo de obras</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>40,206.51</b>	<b>40,206.51</b>
		03748	Caja de registro de concreto de 2500 PSI ref. + pared de ladrillo quart. 0.60 m x 0.60 m H = 0.85 m	c/u	2.00	4,529.09	9,058.18
		04685	Cuneta en forma de "V" de concreto de 2500 PSI sin ref. A = 0.60 H = 0.15 E = 0.05	ml	25.00	852.16	21,303.97
		02146	Tubería de Ho Go Diám. 2" (No incl. Excavación)	ml	10.00	943.77	9,437.67

<b>Etapa</b>	<b>Sub etapa</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total, C\$</b>
		92170	Bloque de reacción de concreto para accesorios menores a 6"	c/u	2.00	203.34	406.69
<b>340</b>			<b>Fuentes y obras de toma</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>511,178.74</b>	<b>563,178.74</b>
<b>340</b>	<b>02</b>		<b>Estación de bombeo</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>489,876.86</b>	<b>489,876.86</b>
		04301	Sarta de tubo de Ho Go Diám = 2" (2.25 de tubo + 1 unión maleable + 1 codo de Ho Go)	c/u	1.00	3,343.97	3,343.97
		04720	Válvula (o llave) de chorro de bronce Diám = 1/2" C/pedestal de concreto	c/u	1.00	987.56	987.56
		93518	Válvula de aire de hierro fundido Diám = 1"	c/u	1.00	12,880.49	12,880.49
			Bomba Franklin Electric, modelo 4400 Tri-Seal, de 5HP con capacidad de 15 GPM	c/u	4.00	26,000.00	104,000.00
		95345	Cable electrico de cobre sumergible # 3 x 8	ml	57.67	552.35	31,853.85

<b>Etapa</b>	<b>Sub etapa</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total, C\$</b>
		95033	Cable electrico de cobre sumergible # 14 x 2	ml	57.67	250.23	14,430.48
		95819	Tubo sección circular de Ho Go Diám = 2" para columna de bombeo	ml	54.67	3,954.08	216,169.71
		94976	Medidor maestro de hierro fundido Diám = 2" (incl, bridas)	c/u	1.00	10,194.85	10,194.85
		95100	Válvula de alivio de hierro fundido Diám = 2"	c/u	1.00	34,711.58	34,711.58
		05671	Válvula de limpieza de hierro fundido Diám = 2"	c/u	1.00	17,046.76	17,046.76
		97180	Válvula de check de hierro fundido Diám = 2"	c/u	2.00	22,128.80	44,257.61
<b>345</b>			<b>Estación de bombeo - Agua potable</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>260,393.07</b>	<b>260,393.07</b>
<b>345</b>	<b>01</b>		<b>Caseta de control</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>187,091.20</b>	<b>187,091.20</b>
		03106	Anden de concreto de 2500 PSI S/Ref Espesor = 7.5 cm	m <sup>2</sup>	6.80	522.06	3,550.04
		03032	Caseta de mampost, confinada de ladrillo	c/u	1.00	160,147.80	160,147.80

Etapa	Sub etapa	Código	Descripción	U.M	Cantidad	Costo Unitario	Total, C\$
			cuarterón, área = 5.76 m <sup>2</sup> para controles				
		93398	Explotación o corte (manual) en banco de préstamo	m <sup>3</sup>	7.10	163.50	1,160.88
		94390	Botar material sobrante de excavación a 100 m	m <sup>3</sup>	9.23	142.96	1,319.49
		95875	Acarreo manual de material selecto con carretilla a 1 Km (Con MOI)	m <sup>3</sup>	4.57	4,409.86	20,153.06
		92227	Excavación manual en terreno natural	m <sup>3</sup>	5.94	127.93	759.93
<b>345</b>	<b>04</b>		<b>Instalaciones eléctricas</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>	<b>40,571.04</b>	<b>40,571.04</b>
		95721	Panel (o tablero) monofásico 8 espacios, 120/240 voltios, barra de 125 amperios	c/u	1.00	6,061.73	6,061.73
		93942	Apagador doble de 15 amp / 120 V con placa metálica 2 hoyos	c/u	1.00	402.40	402.40
		92266	Caja de registro de acero galvanizado de 4" x 4"	c/u	2.00	192.79	385.58

<b>Etapa</b>	<b>Sub etapa</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total, C\$</b>
		92267	Caja de registro de acero galvanizado de 2" x 4"	c/u	3.00	117.40	352.19
		92269	Tubería conduit flexible de 1/2" (forrado)	ml	25.00	186.90	4,672.61
		92270	Cable eléctrico de cobre THHN cal # 12 AWG	ml	50.00	39.24	1,961.93
		92543	Cable eléctrico de cobre THHN cal # 10 AWG	ml	50.00	58.33	2,916.39
		93905	Cable eléctrico de cobre THHN cal # 4 AWG	ml	21.00	287.46	6,036.56
		92559	Breaker de 1 polo x 15 amperios	c/u	1.00	646.86	646.86
		92734	Breaker de 2 polo x 30 amperios	c/u	1.00	1,104.52	1,104.52
		92649	Cable eléctrico de cobre THHN cal # 14 AWG	ml	25.00	38.20	954.95
		92731	Lampara (o luminaria) fluorescente de 1x22 watts P/techo	c/u	2.00	600.80	1,201.60
		93526	Canalización con tubo de conduit de PVC Diám = 1"	ml	30.00	134.85	4,045.38

<b>Etapa</b>	<b>Sub etapa</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total, C\$</b>
		93570	Canalización con tubo de EMT Diám = 2"	ml	6.00	699.03	4,194.15
		93456	Polo a tierra con varilla COPPERWELD D = 5/8", L = 8"	c/u	2.00	2,586.08	5,172.15
		93687	Tomacorriente doble polarizado de 15 amp / 120 V con placa de baquelita	c/u	2.00	231.04	462.07
<b>345</b>	<b>06</b>		<b>Cercas perimetrales y portones</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>73,301.87</b>	<b>73,301.87</b>
		94734	Cerco (a) de malla ciclón de alambre de acero galvanizado Cal # 13 (Diám. Del alambre = 2.4130 mm) Alt = 6" sobre tubo de hierro	ml	88.00	552.70	48,638.02
		04284	Portón de marco de tubo sección circular de Ho No Diám = 1/2" con forro de malla ciclón cal # 13 con columnas de concreto de 2000 PSI	m <sup>2</sup>	6.00	4,110.64	24,663.85

<b>Etapa</b>	<b>Sub etapa</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total, C\$</b>
<b>350</b>			<b>Conexiones</b>	<b>c/u</b>	<b>61.00</b>	<b>2,697.03</b>	<b>164,518.57</b>
<b>350</b>	<b>01</b>		<b>Conexiones domiciliarias</b>	<b>c/u</b>	<b>61.00</b>	<b>2,697.03</b>	<b>164,518.57</b>
		05504	Conexión domiciliar de 1 1/2" x 1/2" (No incl. Medidor) (Incl. Exc. y relleno)	c/u	61.00	2,196.84	134,007.28
		96206	Instalación de medidor de agua potable (solo mano de obra)	c/u	61.00	500.19	30,511.29
<b>360</b>			<b>Planta de purificación</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1.00</b>	<b>35,827.72</b>	<b>35,827.72</b>
<b>360</b>	<b>03</b>		<b>Equipo de clorinacion (completo)</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>35,827.72</b>	<b>35,827.72</b>
		95031	Bomba dosificadora de cloro de 6 GPD y 150 PSI	c/u	2.00	33,897.72	67,725.72
		93156	Tanque de plástico Cap = 95 litros para dosificador de cloro	c/u	1.00	1,930.00	1,930.00
<b>370</b>			<b>Limpieza y entrega</b>	<b>GLB</b>	<b>1.00</b>		
<b>370</b>	<b>01</b>		<b>Limpieza final</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>		
<b>Costo directo total</b>						<b>Córdobas</b>	<b>7,811,313.71</b>
						<b>Iva 15 %</b>	<b>1,171,697.06</b>

<b>Etapa</b>	<b>Sub etapa</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total, C\$</b>
						<b>Total</b>	<b>8,983,010.76</b>