



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO (MABE) Y
PROPUESTA DE SANEAMIENTO BÁSICO PARA LA COMUNIDAD
AZAPERA DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DEL PEÑÓN,
DEPARTAMENTO DE LEÓN”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Laura Teresa Duarte Pérez

Br. Ramón Iván Villareyna Gámez

Tutor

M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

Asesor:

Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga

Managua, marzo 2022

Contenido

I. Generalidades	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. Descripción del sitio	7
1.5.1. Área de estudio.....	7
1.5.2. Macrolocalización.....	7
1.5.3. Microlocalización.....	7
1.5.4. Actividad económica	8
1.5.5. Geomorfología y clima	8
1.5.6. Acceso a servicios de salud.....	8
1.5.7. Otros servicios básicos en la comunidad	8
II. Marco teórico.....	9
2.1. Estudio socioeconómico.....	9
2.2. Fuente de abastecimiento	9
2.2.1. Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE).....	9
2.2.2. Pozo perforado	10
2.2.3. Aforo de la fuente.....	10
2.2.4. Calidad de agua.....	10
2.2.5. Características físicas del agua	11

2.2.6. Aspectos químicos del agua	11
2.2.7. Aspectos bacteriológicos del agua.....	12
2.3. Proyección de la población	12
2.3.1. Métodos de cálculo	12
2.3.2. Método geométrico	13
2.3.3. Dotación.....	13
2.3.4. Población a servir.....	13
2.3.5. Conexiones domiciliarias	13
2.4. Períodos de diseño	14
2.5. Estación de bombeo.....	14
2.5.1. Bomba sumergible	14
2.5.2. Motor sumergible	15
2.5.3. Caseta de control.....	15
2.5.4. Energía	15
2.5.5. Localización	16
2.5.6. Capacidad de la estación de bombeo	16
2.6. Línea de conducción por bombeo	16
2.6.1. Golpe de ariete	17
2.7. Red de distribución.....	17
2.8. Tanque de almacenamiento.....	18
2.8.1. Localización	18
2.9. Estudio topográfico.....	18
2.10. Epanet.....	19
2.11. Saneamiento rural	19

2.11.1. Letrina de pozo seco o tradicional.....	19
2.12. Costo y presupuesto	20
2.12.1. Costo directo	20
2.12.2. Costo indirecto	20
III. Diseño metodológico	21
3.1. Tipo de investigación.....	21
3.1.1. Enfoque mixto	21
3.2. Objeto de investigación	21
3.3. Población y muestra.....	21
3.4. Actores involucrados en la investigación.....	22
3.5. Técnicas y métodos de recolección de la información	22
3.5.1. Técnicas de observación no estructurada.....	23
3.5.2. Análisis.....	23
3.5.3. Síntesis	23
3.5.4. Descriptivo	23
3.6. Plan de procesamiento y análisis de la información.....	24
3.7. Programas utilizados.....	25
3.8. Herramientas.....	25
3.9. Estudio socioeconómico.....	26
3.10. Levantamiento topográfico	26
3.11. Calidad del agua	28
3.11.1. DESINFECCIÓN	29
3.12. Procedimiento de cálculo	29
3.12.1. Población	29

3.12.2. Períodos de diseño	30
3.12.3. Consumo doméstico	30
3.12.4. Factores de la demanda	31
3.12.5. Consumo promedio diario	31
3.12.6. Pérdidas en el sistema.....	31
3.12.7. Variaciones de consumo.....	32
3.12.8. Presiones máximas y mínimas.....	32
3.12.9. Velocidades permisibles en tuberías.....	33
3.12.10. Cobertura de tuberías	33
3.13. Cálculos hidráulicos	33
3.13.1. Columna de bombeo.....	33
3.13.2. Sarta	35
3.13.3. Línea de conducción	35
3.13.4. Golpe de ariete.....	38
3.13.5. Selección de la bomba.....	41
3.13.6. Tanque de almacenamiento.....	42
3.13.7. Desinfección	43
3.14. Simulación hidráulica	44
3.14.1. Simulación de la red.....	45
3.14.2. Simulación de cloro.....	45
3.15. Acometida domiciliar	46
3.16. Descripción del saneamiento en la comunidad	46
3.16.1. Especificaciones técnicas para la construcción de letrinas.....	47
IV. Resultados	49

4.1. Estudio socioeconómico.....	49
4.1.1. Características de la población	50
4.1.2. Economía y empleo	52
4.1.3. Acceso a servicios de educación	55
4.1.4. Abastecimiento de agua.....	56
4.1.5. Saneamiento	57
4.1.6. Situación de higiene y medio ambiente.....	58
4.2. Estudio topográfico.....	60
4.3. Calidad del agua y aforo	60
4.3.1. Calidad del agua	62
4.3.2. Aforo	63
4.4. Diseño del sistema	64
4.4.1. Periodo de diseño	64
4.4.2. Proyección de la población	65
4.4.3. Demanda	65
4.4.4. Consumo doméstico	66
4.4.5. Factores de la demanda	66
4.4.6. Consumo promedio diario	67
4.4.7. Consumo máximo día	67
4.4.8. Consumo máximo horario	67
4.4.9. Columna de bombeo.....	68
4.4.10. Sarta	70
4.4.11. Línea de conducción	71
4.4.12. Golpe de ariete.....	75

4.4.13. Selección de la bomba.....	78
4.4.14. Tanque de almacenamiento.....	81
4.4.15. Desinfección	82
4.5. Análisis hidráulico.....	84
4.5.1. Simulación de la red de distribución.....	84
4.5.2. Simulación de cloro.....	113
4.6. Conexiones domiciliarias	114
4.7. Propuesta de saneamiento	114
4.8. Presupuesto	115
V. Conclusiones y recomendaciones.....	116
5.1. Conclusiones.....	116
5.2. Recomendaciones.....	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1: Mapa de pozos existentes en Azapera y cuenca de escurrimiento	61
Ilustración 2: Potencia de bomba para 20 años.....	79
Ilustración 3: Potencia de bomba 10 años.....	80
Ilustración 4: Esquema de división por zonas, comunidad Azapera.....	85
Ilustración 5: Nodos concentrados, red de distribución comunidad Azapera	86
Ilustración 6: Presiones y velocidades, Zona 1 nodo RD126-RD137	91
Ilustración 7: Presiones y velocidades, Zona 1 nodo RD138-RD144	92
Ilustración 8: Presiones y velocidades, Zona 1 nodo RD144-RD147	92
Ilustración 9: Perfil del terreno natural, Zona 1	93
Ilustración 10: Perfil de presiones en la red de distribución, Zona 1.....	93

Ilustración 11: Línea piezométrica en la red de distribución, Zona 1	93
Ilustración 12: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD147- RD154	94
Ilustración 13: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD155- RD161	95
Ilustración 14: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD161- RD165	96
Ilustración 15: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD165- RD172	97
Ilustración 16: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD172-RD183	98
Ilustración 17: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD179-RD191	99
Ilustración 18: Perfil del terreno natural, Zona 2	100
Ilustración 19: Perfil de presiones red de distribución, Zona 2	100
Ilustración 20: Perfil de altura piezométrica, Zona 2	100
Ilustración 21: Presiones y velocidades, Zona 4 nodo RD192-RD197	101
Ilustración 22: Presiones y velocidades, Zona 4 nodo RD198-RD210	102
Ilustración 23: Presiones y velocidades, Zona 4 nodo RD211-RD219	103
Ilustración 24: Presiones y velocidades, Zona 4 nodo RD220-RD227	104
Ilustración 25: Perfil del terreno natural, Zona 4	105
Ilustración 26: Perfil de presiones, Zona 4	105
Ilustración 27: Perfil de línea piezométrica, Zona 4	105
Ilustración 28: Presiones y velocidades, Zona 3 nodo RD192-3Ld74	106
Ilustración 29: Perfil de terreno natural Zona 3	107
Ilustración 30: Perfil de presiones, Zona 3	107
Ilustración 31: Perfil de altura piezométrica, Zona 3	107
Ilustración 32: Presiones y velocidades, Zona 5 nodo RD194-5LD83	108
Ilustración 33: Presiones y velocidades, Zona 5 nodo 5LD84-5LD108	109
Ilustración 34: Perfil de terreno natural Zona 5	110

Ilustración 35: Perfil de presiones, Zona 5	110
Ilustración 36: Perfil de altura piezométrica, Zona 5.....	110
Ilustración 37: Presiones en el sistema con demanda cero, zona 1	111
Ilustración 38: Presiones en el sistema con demanda cero, zona 2 y 3	112
Ilustración 39: Presiones en el sistema con demanda cero, zona 4 y 5	112
Ilustración 40: Simulación de cloro a las 8 horas.....	113
Ilustración 41: Horas de máximo y mínimo consumo en la red	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resultados de encuestas socioeconómicas	49
Tabla 2: Composición total de la población de Azapera	50
Tabla 3: Jefatura del hogar de la población de Azapera	51
Tabla 4: Rango de edades población Azapera.....	52
Tabla 5: Ocupación de la población de Azapera	53
Tabla 6: Rango de ingresos mensuales de la comunidad Azapera.....	54
Tabla 7: Nivel de escolaridad de la población Azapera	55
Tabla 8: Abastecimiento de agua de la comunidad Azapera.....	56
Tabla 9:Tendencia de saneamiento de la comunidad Azapera	57
Tabla 10: Estado del saneamiento de la comunidad Azapera.....	58
Tabla 11: Manejo de las aguas servidas de la comunidad Azapera.....	58
Tabla 12: Manejo de la basura de la comunidad Azapera.....	59
Tabla 13: Datos del pozo Azapera	63
Tabla 14: Características de los pozos de la comunidad Azapera	64
Tabla 15: Consumo para la población Azapera.....	68
Tabla 16: Método de longitud equivalente, columna de bombeo.....	70

Tabla 17: Método de longitud equivalente, sarta	71
Tabla 18: Análisis técnico-económico para selección de diámetro.....	73
Tabla 19: Valores del coeficiente K según Mendiluce	76
Tabla 20: Volumen de almacenamiento	81
Tabla 21: Desinfección y aplicación de cloro.....	83
Tabla 22: Nodos concentrados en la red de distribución.....	86
Tabla 23: Velocidades en la red principal de distribución.....	87
Tabla 24: Velocidades en las líneas secundarias.....	88
Tabla 25: Presiones en la línea principal.....	89
Tabla 26: Presiones en las líneas secundarias	89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Población total de la población de Azapera	50
Gráfico 2: Jefatura del hogar población de Azapera.....	51
Gráfico 3: Rango de edades población Azapera	52
Gráfico 4: Ocupación de las familias de Azapera.....	53
Gráfico 5: Rango de ingresos mensuales de las familias de Azapera.....	54
Gráfico 6: Nivel de escolaridad de la población Azapera.	55
Gráfico 7: Abastecimiento de agua de la comunidad Azapera	56
Gráfico 8: Tendencia de saneamiento de la comunidad Azapera	57
Gráfico 9: Estado del saneamiento de la comunidad Azapera	58
Gráfico 10: Manejo de las aguas servidas de la comunidad Azapera	59
Gráfico 11: Manejo de la basura de la comunidad Azapera	59
Gráfico 12: Análisis técnico-económico.....	73

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por darme la sabiduría y fuerza para lograr con éxito una de mis grandes metas, por permitirme culminar mis estudios con salud y alentarme a seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mi madre

Por tantos sacrificios que ha hecho durante mi formación como profesional, por inculcarme los valores que hoy en día me definen como persona, por el apoyo económico y moral que incondicional me ha brindado, por ser el motor por el que lucho cada día.

A mi familia

A todos los miembros de mi familia que de alguna manera aportaron un granito de arena y por ayudarme emocionalmente durante este largo proceso.

Mención especial: Janikcia Montenegro y María Elena Cruz, dos grandes personas que estuvieron siempre a disposición de lo que necesitara y por alentarme a no rendirme.

A mis amigos/as

A pesar de no tener vínculos sanguíneos forman parte de mi familia, por ser parte fundamental para mi desarrollo, por celebrar mis logros y animarme en momentos de dificultad. A mi compañero y mejor amigo de tesis por nunca dejarme sola y siempre ayudarme en todo momento.

Laura Teresa Duarte Pérez

DEDICATORIA

A Dios

Dedicado a Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo, quienes permiten hoy celebrar uno de mis grandes logros, cuidándome y protegiéndome cada día hasta la fecha de hoy.

A mi madre

Quien hoy disfruta de este gran logro, fruto de sus sacrificios y su dedicación, a mi más grande orgullo, mi todo.

A mi padre

Quien me cuida desde el cielo y partió de este mundo el 27 de agosto de 2021, a pocos meses de cumplir mi sueño, aunque físicamente ya no está conmigo, sé que desde el cielo está cada día presente y está orgulloso de la mujer en que me he convertido.

Laura Teresa Duarte Pérez

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con sus bendiciones llena siempre mi vida y por darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Al concluir esta etapa maravillosa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que junto a mí caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza. Esta mención en especial es para mis padres, mis abuelos, mi hermana, mi compañera de tesis y mis seres queridos que estuvieron mostrándome su apoyo incondicional día con día. Muchas gracias a ustedes por demostrarme que «El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere.» De igual manera mis agradecimientos para nuestro asesor Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga y nuestro tutor M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González que con sus conocimientos, enseñanzas y colaboración permitieron el desarrollo exitoso de este trabajo.

Ramón Iván Villareyna Gámez

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a la memoria de mi tío Rogelio A. Villarreyna Acuña, quién siempre fue inspiración y ejemplo para toda la familia. La disciplina y dedicación de mi tío durante su vida me dieron una nueva apreciación del mundo y lo lejos que podemos llegar sin importar nuestra procedencia.

A mi madre y mi padre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional sin límites. A mis abuelos José Ángel, Socorro, Lucía y Rogelio por sus deseos y oraciones, a mi hermanita, a mi tío Nelson que a pesar de la distancia siempre está con nosotros, al resto de familiares amigos que de alguna manera cooperaron para culminar con éxito este proceso.

Ramón Iván Villarreyna Gámez

I. Generalidades

1.1. Introducción

El agua es uno de los recursos más esenciales para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta, la escasez del agua y la contaminación son factores que afectan la calidad de vida de sus habitantes.

La población total del Municipio de Santa Rosa del Peñón es de 11,151 habitantes, de las cuales 3,664 equivalente al 33% lo constituyen la población urbana y 7,487 equivalente al 67%, la gran mayoría, lo constituye el área rural. La comunidad en estudio, AZAPERA, ubicada a 7 Km al suroeste de la cabecera municipal consta de una población de 179 habitantes y 53 viviendas, con un índice poblacional de 3.4 habitantes por vivienda, según encuesta realizada en octubre de 2020 por la Alcaldía municipal de Santa Rosa del Peñón.

En dicha comarca no existe un sistema de agua potable que brinde un servicio a nivel domiciliario, los habitantes se abastecen de 2 pozos perforados con bomba manual de mecate, el agua es consumida sin tratamiento lo que incide en la persistencia de enfermedades transmitidas por el consumo de agua contaminada.

Ante los diversos problemas expuestos sobre esta zona, surge la propuesta de diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo eléctrico que permita la obtención de una fuente que cumpla con las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas, establecidas por las normas, así como los parámetros de diseño de la conducción y distribución de la misma, a su vez realizar una propuesta de saneamiento básico con la finalidad de reducir el riesgo de enfermedades que representa una de las más grandes necesidades de la población.

Para cumplir con los objetivos de esta investigación, se siguió una serie de procedimientos, técnicas, métodos de recolección de la información y

herramientas para procesar datos, a partir de los cuales se realizaron cálculos para obtener los resultados que componen el diseño del sistema de agua potable.

1.2. Antecedentes

Los resultados del censo nacional del año 2005 en el municipio, según información proporcionada por la Alcaldía de Santa Rosa del Peñón indicaron que aproximadamente el 30 % de la población total se abastecía de agua potable mediante acueductos con conexiones domiciliarias o de patio. El 45 % de las personas utilizaban puestos públicos o pozos, mientras que el 25 % restante lo hacía utilizando otras fuentes o formas cuya calidad no estaba plenamente asegurada.

En el Municipio de Santa Rosa del Peñón se cuenta con el servicio de agua potable en el casco urbano (1 Sistema de ENACAL) que atiende a 648 usuarios que representa el 82.34%. A nivel rural existen 33 Comarcas, existiendo 47 sistemas de agua de la siguiente característica (4 MABE, 11 MAG, 12 pozos perforados, 20 pozo excavado a mano) que atienden 2,019 familias, se cuenta con 24 comités de agua que administran, operan y dan mantenimiento a los sistemas de agua en el sector rural.

En el sector rural nicaragüense la tarea de llevar agua y saneamiento a la población es asumida por los Comités de Agua Potable y Saneamiento conocidos como CAPS. En Nicaragua hay registrados 5,200 CAPS, de los cuales 780 son Mini Acueducto Por Bombeo Eléctrico (MABE). Actualmente funcionan en más de 4,800 comunidades, según la Organización Panamericana de la Salud (2004), a pesar de no tener personalidad jurídica, son receptores en representación de la comunidad de las obras construidas a través de los proyectos de donantes o del FISE, y reciben asistencia técnica para la operación y mantenimiento de los mismos.

Para el abastecimiento de agua de consumo humano en la comunidad Azapera, información brindada por la Alcaldía municipal, existen 2 pozos perforados equipados con bomba manual de mecate, los pozos benefician a 22 viviendas para una cobertura del 40%, el resto de las casas se abastecen de pozos excavados a mano a orillas de la quebrada sin ninguna protección. El agua es utilizada para todas las actividades dentro de la vivienda: Consumo, preparación de alimentos, lavar, etc.

El primer pozo perforado, fue construido en 1995 por la alcaldía, se localiza en las coordenadas 0565470 N, 1412666 W. El pozo tiene una profundidad 180 pies, el Nivel Estático del Agua (NEA) en verano es de 10 m, funciona 12 horas al día y no se seca en verano, la bomba es del tipo de mecate y se encuentra en buen estado. La distancia promedio entre las casas y el pozo es de 20 m y la más alejada se encuentra a una distancia de 200 m. Las fuentes de contaminación más cercanas son las letrinas, sin embargo, debido a la profundidad de las aguas subterráneas no representan un peligro de contaminación directo.

El segundo pozo perforado fue construido en 1998 por la alcaldía, en términos generales se encuentra en buen estado, se localiza en las coordenadas 0565282 N, 1412849 W. El pozo tiene una profundidad 160 pies, el NEA en verano es de 14 m, funciona 12 horas al día no se seca en verano. La bomba es del tipo de mecate que se encuentra en buen estado, el área del predio es de 16 m², se encuentra cercado y arborizado, la distancia promedio entre las casas y el pozo es de 30 m y la más alejada se encuentra a una distancia de 200 m.

En la comarca no hay sistema de agua domiciliar, 42 viviendas que representa el 79 % se abastecen de un pozo público, 11 viviendas de fuente natural que representa el 21 % y el 100% de los habitantes manifiestan que en el invierno todos tienen agua suficiente, pero en el verano es más escasa. Según el Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIASAR), la cobertura de agua es del 0%.

1.3. Justificación

La Comunidad Azapera durante estos últimos años ha venido presentando problemas de abastecimiento de agua, según información de la Alcaldía de Santa Rosa del Peñón es una comunidad dispersa y actualmente se abastece de dos pozos perforados que funcionan como comunales, no existe un sistema de agua potable que brinde un servicio a nivel domiciliario, los habitantes consumen el agua sin tratamiento lo que incide en la persistencia de enfermedades transmitidas por el consumo de agua contaminada. Con la problemática del cambio climático estos pozos han perdido su caudal afectando a los comunitarios en el abastecimiento de agua obligándolos a recorrer distancias de hasta 2 km a una comunidad que se llama El Charco.

El acarreo del agua de consumo en un 90 %, lo realizan las mujeres y niños, los pozos están ubicadas entre 300 a 600 m de las viviendas, lo cual incrementa las horas de trabajo de estas, ya que tienen que levantarse desde horas muy tempranas al acarreo de agua, también esta actividad es realizada por los niños.

Del total de las familias que tiene que ir fuera de la vivienda para obtener el agua, según estadísticas recopiladas en censo realizado en 2009, el 97.5 % va a pie y solamente el 2.5 % trae agua a caballo o en carretón. El 58 % de las familias que acarrear el agua invierten todo el día en realizar esta actividad, el 2.8 % más de 12 horas, el 4.2% emplea de 6 a 12 horas, el 31.5 % emplea de 1 a 5 horas en llevarla al hogar. Finalmente, el 3 % de las familias expresa que se aprovisiona día de por medio.

Las enfermedades con más incidencia son: enfermedades respiratorias agudas, diarreas y parásitos. También las enfermedades crónicas como la hipertensión arterial, diabetes, osteoartritis y renales, según informe proporcionado por la Alcaldía de Santa Rosa del Peñón.

En la comunidad de Azapera no existe puesto de salud, los habitantes visitan el centro de salud más cercano que está ubicado en la cabecera Municipal de Santa Rosa del Peñón. En el caso de emergencias graves, son atendidos en el Municipio o en caso que sea necesario se trasladan al Hospital de la Cabecera Departamental León.

Cabe destacar que, de 53 viviendas de la comunidad, 44 cuentan con saneamiento, solamente 17 están en buen estado que representa el 39 % y 27 están en mal estado que representa el 61 %, por lo que la demanda de saneamiento es 36 unidades, resultado de las viviendas que tienen en mal estado y las que no tienen ninguna opción de saneamiento que son 9 viviendas.

El propósito de esta investigación, es estudiar las posibles fuentes para el abastecimiento de la localidad, proponer y diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable y realizar una propuesta de saneamiento básico rural, que beneficiará a 179 habitantes brindando las 24 horas un servicio continuo y de calidad, con un periodo de diseño proyectado a 20 años.

Con la ejecución de este estudio se espera aportar los resultados del diseño a la Alcaldía de Santa Rosa del Peñón que les permita gestionar los recursos económicos para la construcción del sistema.

Además, se pretende contribuir al avance de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), mediante el cumplimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, en el cual esta investigación está completamente ligada al objetivo #6: Agua limpia y saneamiento que consiste en “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”, apoyando y fortaleciendo la participación de la comunidad en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Diseñar un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) para la comunidad Azapera del municipio de Santa Rosa del Peñón, departamento de León, en el periodo 2021.
- Realizar una propuesta de saneamiento básico rural para la comunidad Azapera del municipio de Santa Rosa del Peñón, departamento de León, en el periodo 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar levantamiento topográfico de la zona para la obtención de datos como la ubicación de la línea de conducción y otras características relevantes para su diseño.
- Describir los resultados de pruebas de calidad de agua de la fuente de la comunidad, realizados por la Alcaldía municipal mediante un análisis físico-químico y bacteriológico vigente.
- Dimensionar los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Analizar el comportamiento hidráulico y la calidad del agua en la red de distribución mediante el uso de EPANET.
- Seleccionar una propuesta de saneamiento básico rural para la comunidad.
- Elaborar los planos correspondientes para la ejecución del sistema propuesto, con la ayuda del programa AutoCAD.
- Estimar los costos de inversión para la ejecución del sistema de abastecimiento y saneamiento, mediante una serie de cálculos realizados en Microsoft Excel.

1.5. Descripción del sitio

1.5.1. Área de estudio

La comunidad Azapera pertenece al municipio de Santa Rosa del Peñón, departamento de León, está localizado a 7 km al suroeste de la cabecera municipal, el acceso es en vehículo a través de 5 km de carretera de todo tiempo hasta llegar al empalme Pílon-Paso Ancho-Azapera, se continua hacia el oeste 2 km a pie o a caballo en época de lluvias, en tiempo de verano se puede llegar en camiones y vehículos de doble tracción, la comunidad se localiza en las coordenadas: N 0565437 y W 1412713.

1.5.2. Macrolocalización

Según lo establecido en la Publicación Oficial de Derroteros Municipales de la República de Nicaragua el departamento de León situado al oeste del país tiene como límites:

Al norte: Los departamentos de Chinandega y Estelí

Al sur: El departamento de Managua y el Océano Pacífico

Al este: El departamento de Matagalpa y Lago de Managua

Al oeste: El departamento de Chinandega

Consta de diez municipios que son: Achuapa, El Sauce, Santa Rosa del Peñón, Larreynaga, El Jicaral, Telica, La Paz Centro, Quezalguaque, León y Nagarote, (ver anexo I).

1.5.3. Microlocalización

La comunidad en estudio se encuentra en el municipio de Santa Rosa del Peñón la cual limita, al norte con el municipio de San Nicolás del departamento de Estelí; al este con el municipio de San Isidro del departamento de Matagalpa; al sur y al oeste colinda con los municipios de El Jicaral y El Sauce respectivamente, pertenecientes al departamento de León, (ver anexo I).

1.5.4. Actividad económica

El 50% de los habitantes están en edad de trabajar (mayores de 18 años), el 88% de la población se dedican a la agricultura de granos básicos tales como maíz (75%) y frijoles (38%). El 88% de las tierras que se cultivan son alquiladas para trabajar.

1.5.5. Geomorfología y clima

La orografía está determinada por la presencia de las primeras elevaciones de la Provincia Geomorfológica de Tierras Altas del interior, con terreno accidentado, con altitudes que varían entre los 200 y los 1,000 metros sobre el nivel del mar (msnm). En todo el municipio se presentan accidentes geográficos y la principal red hidrográfica está compuesta por el río Sinecapa, Guacal Pizque y la quebrada de Santa Rosa del Peñón. El suelo está constituido por materiales residuales, tales como bolones, arena, grava, limo y abundante arcilla.

1.5.6. Acceso a servicios de salud

En la comunidad de Azapera, no existe puesto de salud, los habitantes visitan el centro de salud más cercano que está ubicado en la cabecera municipal de Santa Rosa del Peñón. En el caso de emergencias graves, son atendidos en el municipio o en caso que sea necesario se trasladan al hospital de la cabecera departamental León. La población asume de manera considerable para su atención a padecimientos comunes y medicina de rutina que no hay disponible en el centro de salud.

1.5.7. Otros servicios básicos en la comunidad

El municipio de Santa Rosa del Peñón cuenta con el servicio domiciliario y público de energía eléctrica, el cual es administrado por la Empresa Disnorte-Disur.

En la comunidad de Azapera 44 viviendas, la escuela y las dos iglesias tienen energía eléctrica.

II. Marco teórico

El marco teórico es la recopilación de los conceptos de mayor importancia mediante la documentación de libros, páginas web, entre otros. Según el libro de Metodología de la investigación de Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2010) lo define como:

El marco teórico o la perspectiva teórica se integra con las teorías, los enfoques teóricos, estudios y antecedentes en general, que se refieran al problema de investigación; para elaborar el marco teórico es necesario detectar, obtener y consultar la literatura, y otros documentos pertinentes para el problema de investigación, así como extraer y recopilar de ellos la información de interés.

2.1. Estudio socioeconómico

El estudio socioeconómico es el análisis de la población, la estructura demográfica, el estado de la salud, los recursos de infraestructura, además de los atributos económicos, como el empleo, ingreso, agricultura, comercio y el desarrollo industrial en el área de estudio.

Este es el primer estudio que debe realizarse ya que por medio de este se obtiene la información necesaria como la población actual de la comunidad y las condiciones en que se encuentra para realizar los cálculos que conlleva el diseño del sistema de agua potable. La información que debe obtenerse para dicho proyecto está reflejada en el Manual de Administración del Ciclo del Proyecto – MACP emitido por el Nuevo FISE (2007).

2.2. Fuente de abastecimiento

2.2.1. Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE)

Existen distintas maneras de abastecer agua a comunidades de las zonas rurales: Pozo Excavado a Mano (PEM), Pozo Perforado (PP), Captación de Agua de Lluvia (CALL), Captación de Manantial (CM), Mini Acueducto por Gravedad (MAG) y Mini

Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE); este último concepto es definido por el Fondo para el logro de los ODM (2012) como:

Se conoce el concepto como un acueducto que abastece de agua a una (o más) comunidad rural. También es de fácil operación y mantenimiento y es administrado por la comunidad organizada y capacitada para estas tareas. Se dice que es por bombeo porque el agua se eleva desde la fuente y obra de captación localizada a menor altura, hasta un tanque de almacenamiento o hasta las tomas, utilizando algún tipo de mecanismo.

2.2.2. Pozo perforado

Un pozo para abastecimiento de agua es un hueco profundizado en la tierra para interceptar acuíferos o mantos de aguas subterráneas, según Bellido (2004) explica que la excavación se hace mediante sistemas de percusión o rotación. El material cortado se extrae del hueco con un achicador, mediante presión hidráulica, o con alguna herramienta hueca de perforar, etc.

2.2.3. Aforo de la fuente

Los estudios de aforo de pozos de agua subterránea tienen por finalidad conocer el caudal de explotación de un pozo y las características hidráulicas de los acuíferos. La importancia de los ensayos de aforo radica en que a través de ellos se puede determinar la disponibilidad del agua del subsuelo, la calidad del agua subterránea, las características y eficiencia de funcionamiento de los elementos del pozo, la utilidad y eficiencia de uso del agua extraída, entre otros atributos hidrogeológicos según Pineda, Jaimes , Mejías y Mendoza, (2004).

2.2.4. Calidad de agua

Según la Evaluación de recursos de agua de Nicaragua emitida por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América (2001), la evaluación de aguas subterráneas en el departamento de León son las siguientes:

Estos acuíferos están compuestos de arena y grava no consolidada con lentes de areniscas y arena y grava intercaladas con barro y sedimento a profundidades que oscilan entre los 5 y 60 metros. Cantidades más grandes están disponibles a medida que el porcentaje de barro y sedimento disminuye. Se ha reportado que los pozos en el área de León producen más de 67 litros por segundo (1,000 galones por minuto). El agua subterránea es suave a moderadamente dura.

2.2.5. Características físicas del agua

La fuente de agua a utilizarse en el proyecto, se le deberá efectuar por lo menos un análisis físico, como determinar los sabores, olores, colores y la turbidez del agua que se brinda, estos conceptos son aporte de Orellana (2005):

- El color: el color del agua se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias. El color en el agua doméstica puede manchar los accesorios sanitario y opacar la ropa.
- Olor y sabor: los sabores y olores se deben a la presencia de sustancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición.
- Turbidez: las mediciones de turbidez se basan en las propiedades ópticas de la suspensión que causan que la luz se disperse o se absorba, los resultados se comparan luego con los que se obtienen de una suspensión estándar.
- Temperatura: las variaciones de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades, tanto químicas como microbiología, Marín Galvín (2020).

2.2.6. Aspectos químicos del agua

La valoración química del agua permite investigar la calidad del agua y define la aceptabilidad de ella para el consumo humano según la Organización Mundial de la Salud (2011) explica la importancia de este análisis.

La evaluación de la idoneidad de la calidad química del agua de consumo humano se basa en la comparación de los resultados de los análisis con los valores de

referencia. Estas guías proporcionan valores de referencia para muchos más contaminantes químicos que en realidad pudieran afectar a cualquier suministro de agua en particular, por lo que antes de iniciar una evaluación química analítica se deben elegir opciones apropiadas para el seguimiento y la vigilancia.

2.2.7. Aspectos bacteriológicos del agua

Para determinar la calidad del agua es de gran importancia realizar un análisis bacteriológico para detectar microorganismos patógenos causantes de enfermedades principalmente intestinales.

Por ejemplo, la lluvia puede hacer aumentar en gran medida la contaminación microbiana en aguas de origen, y son frecuentes los brotes de enfermedades transmitidas por el agua después de periodos de lluvias. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados de los análisis, Organización Mundial de la Salud, (2006).

2.3. Proyección de la población

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema. La información de datos poblacionales se puede obtener de las siguientes fuentes de información tales como: Censos Nacionales de 1950, 1963 y 1995, INEC Y EL MINSA, Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados en su informe de abastecimiento de agua potable (1999).

2.3.1. Métodos de cálculo

Para el cálculo de la proyección de población existen distintos métodos que se pueden utilizar. Según el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (1999) dice: “El ingeniero proyectista está en libertad de seleccionar la tasa de crecimiento y el método de proyección usado, sustentando sus escogencias ante el INEC”.

2.3.2. Método geométrico

Un crecimiento de la población en forma geométrica o exponencial, supone que la población crece a una tasa constante, lo que significa que aumenta proporcionalmente lo mismo en cada período de tiempo, pero en número absoluto, las personas aumentan en forma creciente.

2.3.3. Dotación

La dotación de agua para población rural por medio de conexiones domiciliarias es de 50 a 60 lppd según la norma del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA, 1999, pág. 11).

2.3.4. Población a servir

La norma de Saneamiento Básico Rural, especifica la cantidad de agua que puede ser suministrada según el tipo de sistema utilizado con el fin de cumplir con la demanda de agua. Estas declaraciones son:

- En los miniacueductos por gravedad y captaciones de manantial la población a servir estará en dependencia de las características de la población objeto del estudio, el tipo y configuración de la comunidad y las características tecnológicas de las instalaciones a establecerse.
- La población a servir por los pozos excavados a mano se estima como mínimo 6 familias de 6 miembros o sea 36 personas por pozo.
- En los pozos perforados la población a servir se estima como mínimo de 100 personas por pozo.

2.3.5. Conexiones domiciliarias

Las conexiones de agua potable son “entrantes” al domicilio, que conectan las tuberías de las redes públicas de agua potable con las instalaciones intradomiciliarias de artefactos de aprovechamiento del servicio, como llaves: De patio, de lavamanos, de lavanderías, inodoros, etc. De acuerdo con el Servicio

Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico conocido por sus siglas como SENASBA (2016).

2.4. Períodos de diseño

Según la norma NTON 09002 – 99 en los diseños de proyectos de abastecimiento de agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de:

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

2.5. Estación de bombeo

Los siguientes conceptos a cerca de la estación de bombeo son tomados de las Normas de diseño de sistemas de abastecimiento y potabilización de agua (1999) y las Normativas de saneamiento básico rural (1999), estas especificaciones deben ser tomadas en cuenta para el diseño de estos sistemas. En las estaciones de bombeo para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman lo que consiste en; caseta de protección de conexiones eléctricas, o mecánicas, conexión de bomba o sarta, fundación y equipo de bombeo (bomba y motor) y el tipo de energía.

2.5.1. Bomba sumergible

Las bombas sumergibles contienen un impulsor sellado a su carcasa que permite bombear el líquido en el que se encuentran sumergidas hacia el exterior. La ventaja de este tipo de bomba es que puede proporcionar una fuerza de bombeo significativa pues no depende de la presión de aire externa para hacer ascender el líquido, Aguirre (2021).

Una bomba sumergible tiene muchas ventajas sobre las bombas instaladas en seco:

- Bajo nivel de ruido: Es muy silenciosa y no genera prácticamente ningún ruido que pueda molestar a los vecinos.
- A prueba de robos: Instalada en el fondo del depósito.
- No tiene ningún cierre del eje con riesgo de fugas en superficie.

2.5.2. Motor sumergible

Los motores sumergibles son especiales porque están diseñados para funcionar bajo el agua. Por lo demás, sus principios de funcionamiento son los mismos que los de cualquier otro motor eléctrico. Está formado por un cuerpo y un cable, en los sistemas que se conectan el cable puede desmontarse, el tamaño del cable se determina para su uso bajo el agua a fin de minimizar los requisitos de espacio a lo largo de la bomba. La finalidad del cable del motor es conectarlo al cable de derivación sobre la bomba mediante un kit de terminación de cable. El tamaño del cable de derivación está pensado para que llegue hasta el exterior, Nielsen (2021).

2.5.3. Caseta de control

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

2.5.4. Energía

De acuerdo a la capacidad de los motores eléctricos se recomienda los tipos de energía siguiente:

- Para motores de 3 a 5 HP, emplear 1/60/110 energía monofásica.
- Para motores mayores de 5 HP y menores de 50 HP se usará 3/60/220 y mayores de 50 HP se empleará 3/60/440, energía trifásica.

2.5.5. Localización

En la selección del sitio para la estación de bombeo se debe considerar lo siguiente:

- Protección de la calidad del agua.
- Eficiencia hidráulica del sistema de distribución o conducción.
- Peligro de interrupción del servicio por incendio, inundación, etc.
- Disponibilidad de energía eléctrica o de combustible.
- Topografía del terreno.
- Facilidad del acceso en todo el año.
- Área necesaria para la estación, transformadores, cloradores, futuras ampliaciones y áreas de retiros.

2.5.6. Capacidad de la estación de bombeo

Estas especificaciones son proporcionadas por la Organización Panamericana de la Salud en su informe de guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable (2005)

La determinación del caudal de bombeo debe realizarse sobre la base de la concepción básica del sistema de abastecimiento, de las etapas para la implementación de las obras y del régimen de operación previsto para la estación de bombeo. El número de horas de bombeo y el número de arranques en un día, depende del rendimiento de la fuente, el consumo de agua, la disponibilidad de energía y el costo de operación.

2.6. Línea de conducción por bombeo

En el cálculo hidráulico de estas líneas de conducción, las pérdidas por fricción serán determinadas mediante el uso de la fórmula de Hazen – Williams o similar del documento Normas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Potabilización del Agua (1999).

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

2.6.1. Golpe de ariete

El golpe de ariete es el resultado de una transformación repentina de energía cinética a energía de presión en sistemas de abastecimiento de agua potable las causas principales que lo generan son las siguientes: Por operación de bombas o manipulación momentánea de válvulas, según Ortiz Masek (2006) lo define como:

El golpe de ariete* o “waterhammer” puede definirse como el fenómeno hidráulico ocasionado por rápidas fluctuaciones en el flujo debido a la interrupción o inicio súbitos del flujo en una tubería, produciendo una variación de presión por encima o debajo de la presión de operación y cambios bruscos en la velocidad del flujo.

2.7. Red de distribución

La 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; para su diseño deberá considerarse los aspectos siguientes:

- Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario ($CMH = 2.5CPD$, más las pérdidas).
- El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.
- La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

2.8. Tanque de almacenamiento

En el proyecto de cualquier sistema de abastecimiento de agua potable, deben de diseñarse los tanques que sean necesarios para el almacenamiento, de tal manera que éstos sean todo el tiempo capaces de suplir las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema, además, que también mantengan las reservas suficientes para hacerles frente, tanto a los casos de interrupciones en el suministro de energía, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento.

2.8.1. Localización

Los tanques estarán situados en sitios lo más cercano posible a la red de distribución, teniendo en cuenta la topografía del lugar y debe ser tal que produzca en lo posible, presiones uniformes en todos y cada uno de los nudos componentes de dicha red.

Altura mínima: La altura del fondo del tanque debe estar a una elevación tal que, una vez determinadas las pérdidas por fricción a lo largo de las tuberías entre el tanque y el punto más desfavorable en la red haciendo uso del método de Hardy Cross de los gastos compensados, resulte todavía una altura disponible suficiente para proporcionar la presión residual mínima establecida.

2.9. Estudio topográfico

Su aplicación sirve para describir y delinear con detalle el área de un terreno en mapas o planos, impresos o en formato digital concepto tomado del manual para revisión de estudios topográficos emitido por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008).

2.10. Epanet

EPANET es una herramienta eficaz para el diseño de sistemas de agua según la Universidad Politécnica de Valencia (2002) lo define como:

EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses.

2.11. Saneamiento rural

Los servicios de saneamiento en las comunidades rurales son uno de los principales motores que deben de motivar a las instituciones encargadas de esto a realizar obras de diseño y mejoramiento en el área rural, para garantizar con el paso del tiempo una mejor calidad de vida de las personas que lo conforman.

Además, que por lo disperso que se pueden encontrar las viviendas en las comunidades rurales, la evacuación de las excretas se traduce en la necesidad del diseño de sistemas individuales de saneamiento como pueden ser el uso de letrinas, Ampié Urbina & Masis Lorente (2017).

2.11.1. Letrina de pozo seco o tradicional

Por lo disperso de las viviendas en las comunidades rurales, la evacuación de las excretas se traduce en sistemas individuales, de acuerdo con la Dirección General de Inversiones Públicas (2004), estas letrinas están compuestas de un espacio destinado al almacenamiento de las heces, del tipo pozo cuando las características del suelo favorezcan su excavación, y del tipo cámara cuando el nivel de las aguas subterráneas es elevado, el suelo subyacente es rocoso el terreno es de difícil excavación.

2.12. Costo y presupuesto

Según el Manual para la Revisión de Costos y Presupuestos emitido por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (2008). En este caso específico, es el cálculo anticipado del costo total estimado para ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento de un proyecto generalmente identificado como tramo o subtramos de la red vial del país en un período de tiempo fijado.

2.12.1. Costo directo

Los costos directos es un tipo de costo que intervienen de manera directa en la realización y producción de los bienes o servicios de una empresa, la siguiente definición según el Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de Guadalajara (2004)

“Sistema de costeo que considera como costo la materia prima directa, la mano de obra directa y los gastos indirectos de fabricación variables”.

2.12.2. Costo indirecto

Los costos indirectos, también son servicios de apoyo a la producción en los que es necesario incurrir, de lo contrario el proceso de elaboración de productos y servicios no se podría completar, sin embargo; a pesar de que por lo general son muy difíciles de identificar en el producto o servicio, no significa que tengan bajo valor, por eso se hace necesario establecer formas de asignación a la producción para establecer los costos reales en la forma más racional posible ,Universidad Militar nueva Granada (2016).

III. Diseño metodológico

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Enfoque mixto

Este estudio se establece de carácter cualitativo ya que se describe la situación actual de la población de la comunidad “Azapera” mediante el análisis de datos proporcionados por la Alcaldía de Santa Rosa del Peñón; y se dice de carácter cuantitativa ya que mediante la recolección de datos numéricos mejora la comprensión del problema.

3.2. Objeto de investigación

El objetivo de esta investigación es proponer una solución a la problemática que tienen los pobladores, relacionado con la escasez de agua y la mala calidad para su consumo y presentar una propuesta de saneamiento básico rural que permita dar alternativas de solución a dichos problemas presentados en la comunidad Azapera.

El tema está relacionado con ciencias del agua e hidráulica y medio ambiente, estas líneas investigan la calidad de esta, también sus propiedades y niveles aceptables de consumo para el ser humano, las afectaciones a las fuentes hídricas, el uso racional de este importante recurso, para evitar impactos ambientales graves, al igual que su comportamiento mecánico del fluido, al ser transportado en tuberías.

3.3. Población y muestra

Población: También conocida como universo; para la presente investigación representa al municipio de Santa Rosa del Peñón, específicamente sus comunidades, según encuesta realizada en abril de 2009 por la Alcaldía de Santa Rosa del Peñón cuenta con 11,151 habitantes.

Muestra: El muestreo es indispensable para el investigador ya que es imposible entrevistar a todos los miembros de una población debido a problemas de tiempo, recursos y esfuerzo. Al seleccionar una muestra lo que se hace es estudiar una parte o un subconjunto de la población, pero que la misma sea lo suficientemente representativa de esta para que luego pueda generalizarse con seguridad de ellas a la población, Castro & Godino (2011).

La muestra de esta investigación es la comunidad “Azapera”, según la Alcaldía de Santa Rosa del Peñón en el censo realizado en octubre 2020, la comarca cuenta con 179 habitantes y 53 viviendas, 2 iglesias y una escuela. De la cual se obtienen datos socioeconómicos y factores que afecten la salud relacionados con el agua suministrada.

3.4. Actores involucrados en la investigación

El análisis de involucrados es la identificación de los actores, lo que incluye la investigación e interpretación de sus necesidades, expectativas e intereses.

- Pobladores de la zona
- Alcaldía Municipal
- Entidades encargadas de proporcionar las normas guías para la ejecución de proyectos de sistemas de saneamiento y abastecimiento de agua potable como el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA), la Organización Mundial de la salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE).

3.5. Técnicas y métodos de recolección de la información

Las técnicas de recolección de datos se utilizan para recoger, validar y analizar la información necesaria para lograr que los objetivos de la investigación se cumplan. Su importancia se basa en saber con exactitud los datos que se necesitan para llegar a soluciones concretas y que la investigación quede bien

estructurada. A continuación, se detallan las técnicas y métodos utilizados en esta investigación.

3.5.1. Técnicas de observación no estructurada

La técnica de la observación no estructurada es aquella en la cual el investigador tiene, como propósito principal, lograr un conocimiento exploratorio y aproximado de un fenómeno, en vez de tratar de comprobar alguna hipótesis. Se denomina no estructurada en el sentido que el investigador no tiene conocimiento tal del fenómeno que le permita desarrollar un plan específico para hacer las observaciones, antes de empezar a recoger los datos, concepto tomado del informe del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES (1999).

3.5.2. Análisis

Se utiliza este método de recopilación de datos, debido a que se seleccionan documentos relacionados con el tema en cuestión, los cuales permiten analizar la información y darles salida a los objetivos específicos, planteados en la presente investigación, esto facilitó de forma considerable la comprensión del tema en estudio.

3.5.3. Síntesis

Este método se utiliza al momento que se procesa la información externa, haciendo uso de la norma APA y elaboración de las citas bibliográficas, se realizó un análisis del párrafo para relacionar los datos de las referencias con el objetivo del tema que se está investigando.

3.5.4. Descriptivo

Se utilizó este método, porque al momento de analizar y describir los procesos que se están llevando, desde el levantamiento de la información hasta la aplicación de los instrumentos, se está haciendo uso de este, y se emplea de forma constante, a través del desarrollo de la presente investigación.

3.6. Plan de procesamiento y análisis de la información

Para el cumplimiento de los objetivos, se debe realizar una serie de procedimientos, entre ellos tenemos las siguientes actividades:

- Realizar un análisis estadístico con datos proporcionados por la Alcaldía a cerca de los aspectos socioeconómicos de la comunidad con el fin de proyectar la población futura y gastos de diseño según la normativa NTON 09-002-99.
- Realizar las pruebas de bombeo según parámetros de la norma (NTON 09-002-99), así mismo analizar las pruebas de calidad de agua y verificar si dicha fuente es apta para su consumo.
- Realizar el levantamiento topográfico de la zona con la finalidad de obtener información básica para el diseño de la línea de conducción y distribución de la misma, así como del resto de elementos que la componen.
- Se propone el dimensionamiento de los componentes del sistema de abastecimiento (red de distribución, línea de conducción, tanque de almacenamiento, línea de impulsión y bomba).
- Realizar el análisis del sistema de abastecimiento en el programa EPANET, en donde se verifican las presiones y velocidades permisibles.
- Presentar la propuesta de saneamiento básico, mediante el uso de la norma.
- Realizar los planos topográficos correspondientes debidamente georreferenciados, así como planos de detalles constructivos.
- Los cálculos para el presupuesto, se obtienen mediante una hoja de Excel donde se detallen las cantidades de obra y precios unitarios.

3.7. Programas utilizados

Una vez recolectada la información se procede a realizar los cálculos referentes al diseño. Para diseñar el sistema es necesario el uso de aplicaciones como EPANET, AutoCAD y Excel.

- **AutoCAD:** Esta herramienta es de suma importancia para procesar los datos del levantamiento topográfico, en este caso para conocer las características del terreno en estudio, la planimetría del lugar que es representado a escala en planos tomando en cuenta el relieve de la zona y la altimetría.
- **EPANET:** En este software se realiza el trazado gráfico de la red de distribución, dimensionar y seleccionar componentes como válvulas de control y equipos de bombeo y controlar la calidad del agua y los químicos utilizados.
- **Excel:** Con esta herramienta se hacen todos los cálculos que se necesitan de una manera mas eficiente y práctica.

3.8. Herramientas

- **GPS:** Es la abreviatura de Global Positioning System (sistema de posicionamiento global), utilizado para levantamientos topográficos. El GPS es un sistema basado en satélites artificiales activos, formando una constelación con un mínimo de 24 de ellos. Permite diferentes rangos de precisión según el tipo de receptor utilizado y la técnica aplicada.
- **Estación total:** Se conoce con este nombre al instrumento que integra en un sólo equipo las funciones realizadas por el teodolito electrónico, un medidor electrónico de distancias y un microprocesador para realizar los cálculos que sean necesarios para determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno. Entre las operaciones que realiza una estación total puede mencionarse: Obtención de promedios de mediciones múltiples angulares y de distancias, corrección electrónica de distancias por constantes de prisma, presión atmosférica y temperatura, correcciones por curvatura y refracción

terrestre, reducción de la distancia inclinada a sus componentes horizontal y vertical, así como el cálculo de coordenadas de los puntos levantados, Pachas (2009).

- **Prisma simple con tarjeta de puntería:** Los prismas son circulares, de cristal óptico de alta calidad, fabricados observando estrictas tolerancias y vienen acompañados de un conjunto de accesorios: Portaprismas, soportes de prismas, bases nivelantes, trípodes, balizas o bastones para prismas, trípodes para soporte de balizas o bastones.

3.9. Estudio socioeconómico

Para la obtención de datos socioeconómicos de la comunidad se aplica una encuesta con formato FISE (Fondo de Inversión Social de Emergencia) realizada casa a casa, con ayuda de líderes de la comunidad y la Alcaldía.

El propósito de este estudio es identificar las necesidades básicas y la situación actual de la comunidad, así mismo la población directa beneficiada, empleo y rango de ingresos mensuales; esto con el fin de implementar una tecnología cuya tarifa no ponga en riesgo la seguridad de la población.

Dicha información es procesada y reflejada mediante gráficos y tablas para mejorar su comprensión, a su vez, utilizar estos datos para el diseño de la población futura y consumo de agua, entre otros componentes del sistema.

3.10. Levantamiento topográfico

La siguiente información describe las etapas que se llevan a cabo para realizar el levantamiento topográfico del proyecto.

Se coordina una visita a campo para efectuar un reconocimiento del terreno y de esta manera establecer un método adecuado para el levantamiento.

Los equipos y herramientas a utilizar serán: Estación total Ruide R2 con precisión en distancia de 2 mm + 2 ppmxd, GPS, plomada, maso, estacas y cinta métrica de 50 metros.

Se tendrá que definir los BM iniciales a través de GPS, para luego continuar el levantamiento altimétrico y realizar la recolección de datos con la precisión más certera.

El levantamiento tendrá inicio desde la obra de captación hasta la ubicación futura del tanque de captación, habiendo ya establecido BMS y puntos auxiliares se procede a recopilar los datos de los caseríos más alejados de la ruta principal.

Procesamiento de datos

El procesamiento de los datos recolectados se trabaja a través de programas generalmente usados en proyectos de obras civiles, los puntos obtenidos pueden ser trabajados en AutoCAD o bien AutoCAD Civil 3D, donde podremos generar curvas de nivel, perfil longitudinal, planos de detalles, entre otros.

Para realizar el levantamiento del terreno el FISE proporciona una guía con pasos a considerar:

- No se aceptará levantamiento topográfico con GPS, alímetros u otros instrumentos de baja precisión en la etapa de diseño definitivo.
- Curvas de nivel a intervalos de 0.25, 0.50 y 1.00 m, según lo requiera la configuración del terreno.
- Para el caso de predios para las obras de bombeo, pozos, tanques de almacenamiento de los proyectos de agua, el levantamiento altimétrico considerará las curvas de nivel a cada metro, debiendo referenciarse los BM existentes.
- La nivelación debe de ser referida a partir de un BM geodésico, serán casos de excepción aquellos sitios donde el traslado de un BM sea mayor de un kilómetro, en estos se autoriza utilizar un BM asumido y este a su vez debe ser

un mojón de 0.15 m de diámetro o lado, dejándolo debidamente referido para su fácil ubicación.

- Para todos los casos, se debe ubicar toda la infraestructura existente en la poligonal, así como también señalar la existente aledaña al proyecto; ejemplo infraestructura social (escuelas, puesto de salud, centro de salud, iglesias, casa comunal, casa materna, estación de policía, comedor infantil, entre otros), comercio, industria, alumbrado público, agua potable, línea telefónica, torres de alta tensión, edificaciones vecinas al lote, ríos, cauces, caminos, puentes, alcantarillas, vados, andenes, etc.
- En la libreta de campo se dibujarán croquis explicativos lo más ajustados a la realidad. En caso de ser necesario, detallar estructuras dentro de las áreas a levantarse, hacer croquis por aparte obtenidos por medición directa.
- El levantamiento topográfico debe incluir datos de ubicación georreferenciados, con sus respectivos derroteros, que incluya datos de área y perímetro del (los) predio(s) de captación, planta potabilizadora, tanque de almacenamiento, según el caso.

3.11. Calidad del agua

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible).

Para evaluar los parámetros de calidad del agua se utilizarán los criterios descritos en la norma de saneamiento básico rural (INAA, 1999, pág. 52), en la cual se describen los parámetros mínimos de control para el sector rural: Coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad. Así como los parámetros establecidos por la Norma de Calidad del Agua para Consumo Humano (1994): Nitratos, cloruro, hierro, sulfato, calcio, entre otros (ver anexos III).

Para evaluar las características del agua de la fuente seleccionada se recolectaron 3 litros de muestra para el análisis físico – químico y 4 onzas de

muestra en recipiente proporcionado por el laboratorio para el análisis bacteriológico.

3.11.1. DESINFECCIÓN

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química que más económicamente y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección.

En el caso de acueductos rurales se utiliza para la desinfección el cloro en forma de hipocloritos, debido a su facilidad de manejo y aplicación. Se deberá tener el debido cuidado para el transporte, manipuleo del equipo requerido, disponibilidad suficiente y seguridad en cuanto al almacenamiento. El tiempo de almacenamiento para el hipoclorito de sodio no debe ser mayor de un mes y para el de calcio no mayor de tres meses.

3.12. Procedimiento de cálculo

Las siguientes especificaciones técnicas, ecuaciones y métodos descritos, son proporcionados por las normas: Normativas de Saneamiento Básico Rural, (NTON 09002 - 99) y Normas para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Potabilización de las Aguas. (NTON 09003 - 99).

3.12.1. Población

- **Tasa de crecimiento**

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

Donde:

r: Tasa de crecimiento

Pn: Población del año “n”

Po: Población al inicio del período de diseño

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

- **Cálculo de la población mediante el método geométrico**

$$P_n = P_o(1 + r)^n \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Pn: Población del año “n”

Po: Población al inicio del período de diseño

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

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

3.12.2. Períodos de diseño

Los periodos de diseño que se adoptaron para el análisis de la población y el análisis hidráulico se basaron en la norma rural (INAA, 1999, pág. 15).

3.12.3. Consumo doméstico

Para calcular el consumo doméstico se utilizó la ecuación 3, utilizando una dotación de 60 L/hab/día.

$$CD = \frac{P_F(Dotación)}{86400} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

CD: Consumo doméstico [L/s]

P_F: Población futura [hab]

Dotación: 60 [L/hab/d]

3.12.4. Factores de la demanda

Debido a las características y según el plan de desarrollo de la comunidad, únicamente se presenta consumo institucional, dicho consumo se calcula con la ecuación 4 basada en la norma, (INAA, 1999, pág. 11).

$$C_{ins} = \frac{7}{100}(CD) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

C_{ins} : Consumo institucional

CD: Consumo doméstico

3.12.5. Consumo promedio diario

Para el cálculo del consumo promedio diario se utilizó la ecuación 5.

$$CPD = CD + C_{ins} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

CPD: Consumo promedio diario

CD: Consumo doméstico

C_{ins} : Consumo institucional

3.12.6. Pérdidas en el sistema

El cálculo de las pérdidas en el sistema se basó en la norma (INAA, 1999, pág. 17).

$$F = \frac{20}{100}(CPD) \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

F: Pérdidas o fugas

CPD: Consumo promedio diario

3.12.7. Variaciones de consumo

El cálculo de las variaciones de consumo se realizó utilizando las ecuaciones 7 y 8 basadas en la norma rural (INAA, 1999, pág. 15).

- **Consumo máximo día**

$$CMD = 1.5CPD + F \quad \text{Ecuación 7}$$

CMD: Consumo máximo día

CPD: Consumo promedio día

F: Pérdidas o fugas

- **Consumo máximo horario**

$$CMH = 2.5CPD + F \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

CMH: Consumo máximo horario

CPD: Consumo promedio día

F: Pérdidas o fugas

3.12.8. Presiones máximas y mínimas

Para determinar las presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se utilizarán los valores propuestos por la norma rural (INAA, 1999, pág. 16):

Presión mínima: 5.0 metros

Presión máxima: 50.0 metros

3.12.9. Velocidades permisibles en tuberías

Para determinar los valores óptimos de flujo en el sistema para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías, se adoptaron los valores recomendados en la norma rural (INAA, 1999, pág. 16):

Velocidad mínima = 0.4 [m/s]

Velocidad máxima = 2.0 [m/s]

3.12.10. Cobertura de tuberías

Los cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se utilizará una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo (INAA, 1999, pág. 16).

3.13. Cálculos hidráulicos

3.13.1. Columna de bombeo

- El cálculo del diámetro de la columna de bombeo será mediante la aplicación de la tabla N° 6.2 de la norma (INAA, 1999, pág. 22).
- La velocidad de flujo se calculará mediante la ecuación 9.

$$v = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

V: Velocidad [m/s]

Q: Caudal [m³/s]

D: Diámetro [m]

- La longitud de la columna de bombeo se calculará mediante la ecuación 10.

$$L_c = N_D + V_e + \text{sumergencia} + Ht_{\text{sarta}} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

L_c : Longitud de la columna de bombeo

ND: Nivel de carga dinámica (diferencia de cota de carga dinámica y el nivel del terreno natural, m)

V_e : Variación estacionaria

Sumergencia: 6m (INAA, 1999, pág. 35)

H_{sarta} : Altura de sarta

- Pérdida de carga por fricción se calculará mediante la ecuación 11 de Hazen-Williams.

$$hf = \frac{10.679LQ^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

H: Pérdida de carga en metros

L: Longitud en metros

Q: Gasto [m^3/s]

D: Diámetro en metros

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

- Se verificará que las pérdidas de carga por fricción sean menores al 5% de la longitud de la columna de bombeo. (INAA, 1999, pág. 35)

3.13.2. Sarta

En la sarta de la bomba se considerará una válvula de compuerta y una válvula de retención.

- Cálculo del diámetro de la sarta será mediante la aplicación de la tabla N° 6.4 de la norma (INAA, 1999, pág. 24)
- La velocidad se calculará mediante la ecuación 9
- La pérdida de carga se calculará mediante la ecuación 11
- Las pérdidas locales se calcularán por medio del método de longitud equivalente

La sarta llevará:

- Medidor maestro
- Manómetro con llave de chorro ½”
- Derivación descarga para prueba de bombeo y limpieza de la sarta
- Unión flexible para efecto de mantenimiento, las tuberías deben anclarse adecuadamente y determinar las fuerzas que actúa en los atraques para obtener un buen diseño

3.13.3. Línea de conducción

- **Diámetro**

Para determinar el mejor diámetro (más económico) puede aplicarse la fórmula siguiente, ampliamente usada en los Estados Unidos de Norte América, (INAA, 1999, pág. 33).

$$D = 0.9(Q)^{0.45} \qquad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

Q: Caudal [m³]

D: Diámetro en metros

- **Costo anual de tubería**

Factor de recuperación de capital

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

Ecuación 13

Donde:

i: Tasa de interés

n: Número de años

$$CAT = FRC * CUT * L$$

Ecuación 14

Donde:

CAT: Costo anual de tubería

FRC: Factor de recuperación de capital

CUT: Costo unitario de tubería

L: Longitud de la línea de conducción

- **Costo anual de energía**

$$CA = \frac{Qb * Tb * CTD * \$Kwh * 365 * 0.746}{3960 * Eb * Em}$$

Ecuación 15

Donde:

CAE: Costo anual de energía

Qb: Caudal de bombeo en GPM

Tb: Tiempo de bombeo en horas

CTD: Carga total dinámica en pies

\$ Kwh: Costo del Kwh

Eb: Eficiencia de la bomba 70%

Em: Eficiencia del motor 80%

- **Costo anual equivalente**

$$CAEq = CAT + CAE$$

Ecuación 16

Donde:

CAEq: Costo anual equivalente

CAT: Costo anual de tubería

CAE: Costo anual de energía

- **Velocidad**

La velocidad se calculará mediante la ecuación 9, descrita anteriormente.

- **Pérdidas por fricción**

Las pérdidas de carga se calcularán mediante la ecuación 11 de Hazen - Williams, descrita anteriormente.

- **Carga total dinámica**

Para el cálculo de la carga total dinámica se utilizó la ecuación 14, la cual considera las cargas estáticas presentes y las pérdidas de energía por fricción y local:

$$CTD = H + hf_{línea} + h_{sarta} + h_{colum}$$

Ecuación 17

Donde:

CTD: Carga total dinámica [m]

H: Altura estática

$hf_{línea}$: Pérdidas por fricción en la línea de conducción

h_{sarta} : Pérdidas por fricción en la sarta

h_{column} : Pérdidas por fricción en la columna de bombeo

3.13.4. Golpe de ariete

Para el cálculo de las sobrepresiones generadas por el golpe de ariete y evaluar las características del fenómeno se utilizaron las siguientes ecuaciones:

- **Celeridad**

El valor de la celeridad se calculó mediante la ecuación 18:

$$a = \frac{9900}{48.3 + k \frac{D}{e}} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

a: Celeridad [m/s]

D: Diámetro interior de la tubería [m]

e: Espesor de la tubería [m]

K: Coeficiente en función del módulo de elasticidad (\mathcal{E}) del material constitutivo de la tubería, que representa principalmente el efecto de la inercia del grupo motobomba, cuyo valor es:

$$K = \frac{10^{10}}{\mathcal{E}} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

\mathcal{E} : Módulo de elasticidad del material [kg/m²]

- **Tiempo de parada**

Se calculó mediante la ecuación 17 de Mendiluce

$$T = C + \frac{KLv}{gH_m} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

T: Tiempo de cierre [s]

C y K: Coeficientes de ajuste empíricos

L: Longitud de la conducción [m]

v: Velocidad de régimen del agua [m/s]

g: Aceleración de la gravedad [9.81 m/s²]

H_m: Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo [m]

Para evaluar las características físicas del golpe de ariete se utilizaron las siguientes ecuaciones:

- **Cierre lento**

$$T > \frac{2L}{a} \quad \text{Ecuación 21}$$

- **Cierre rápido**

$$T < \frac{2L}{a} \quad \text{Ecuación 22}$$

Longitud crítica

Se calcula la longitud crítica "Lc", que es la distancia que separa el final de la impulsión del punto crítico con la fórmula de Michaud.

$$L_c = \frac{aT}{2} \quad \text{Ecuación 23}$$

Basándonos en el concepto de longitud crítica, se tiene que:

- **Conducción corta**

$$L < L_c \quad \text{Ecuación 24}$$

- **Conducción larga**

$$L > L_c \quad \text{Ecuación 25}$$

- **Sobrepresión debida al golpe de ariete**

Si la impulsión es corta y cierre lento se calcula mediante la fórmula de Michaud.

$$\Delta H = \frac{2Lv}{gT} \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

ΔH : Sobrepresión debida al golpe de ariete [mca]

L: Longitud de la tubería [m]

v: Velocidad de régimen del agua [m/s]

T: Tiempo de parada o de cierre, según el caso [s]

g: Aceleración de la gravedad [9.81 m/s²]

- Si la impulsión es larga y cierre rápido el valor del golpe de ariete es dado por Allievi desde la válvula hasta el punto crítico y por Michaud en el resto.

$$\Delta H = \frac{av}{g} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

ΔH : Sobrepresión debida al golpe de ariete [mca]

a: Celeridad de la onda de presión

g: Aceleración de la gravedad, [9.81 m/s²]

3.13.5. Selección de la bomba

Potencia de la bomba

La potencia de la bomba se calcula mediante la ecuación 28

$$Pot = \frac{CTD * \rho * g * Qb}{746 * e} \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

Pot: Potencia de la bomba, [Hp]

Qb: Caudal de bombeo, [m³/seg]

g: Gravedad, [m/s²]

ρ : Densidad del agua, [kg/m³]

CDT: Carga dinámica total, [mca]

e: Eficiencia del sistema (%) y se calcula mediante la fórmula:

$$e = e_m * e_b \quad \text{Ecuación 29}$$

Donde:

e_m : Eficiencia del motor (%)

e_b : Eficiencia de la bomba (%)

Según la norma se emplea un factor de 1.15 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba, debido a las pérdidas mecánicas. Las velocidades de

operación de los motores eléctricos varían de acuerdo a la capacidad o caudal del equipo de bombeo.

Energía: De acuerdo a la capacidad de los motores eléctricos se recomienda los tipos de energía siguiente:

- Para motores de 3 a 5 HP, emplear 1/60/110 energía monofásica.
- Para motores mayores de 5 HP y menores de 50 HP se usará 3/60/220 y mayores de 50 HP se empleará 3/60/440, energía trifásica.

3.13.6. Tanque de almacenamiento

- **Capacidad**

La capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones siguientes:

Volumen Compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.

Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario. De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

- **Tipo de tanque**

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

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

- ❖ Cuando la entrada y salida de agua es por medio de tuberías separadas, estas se ubicarán en los lados opuestos con la finalidad de permitir la circulación del agua.
- ❖ Debe considerarse un paso directo y el tanque conectado tipo puente (bypass), de tal manera que permita mantener el servicio mientras se efectúe el lavado o reparación del tanque.
- ❖ La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.
- ❖ Se instalarán válvulas de compuerta en todas las tuberías, limpieza, entrada y salida con excepción de la de rebose, y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo brida.
- ❖ Se debe de considerar los demás accesorios como; escaleras, respiraderos, indicador de niveles y acceso con su tapadera.
- ❖ Se recomienda que los tanques tengan una altura máxima de 3.0 metros, con un borde libre de 0.50 metros y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En caso especiales se construirán tanques de acero sobre el suelo.

3.13.7. Desinfección

- **Tipo de cloro a utilizar**

El cloro usado nacionalmente para desinfección del agua puede ser como solución de hipoclorito de sodio (líquido) o como cloro gas. En general, el hipoclorito se recomienda para abastecimiento de pequeñas poblaciones.

La selección del tipo de cloro a utilizar debe hacerse tomando en cuenta los siguientes aspectos:

La capacidad requerida de la estación de cloración:

$$Ca = \frac{QC}{1000} \qquad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

Ca: Capacidad de diseño de la estación de cloración [Kg. Cloro/día]

Q: Caudal de agua, máximo horario [m³ /día]

C: Dosis de cloro a aplicar [mg/l]

En general se recomienda hipocloración para capacidades menores de 1 kg/día y caudales de 130 gpm como máximo. (8.20 lt/s). El tiempo de almacenamiento del hipoclorito no debe ser mayor de un mes.

Formas de aplicación del cloro

El hipoclorito de sodio se aplicará diluyendo previamente la solución concentrada de fábrica (130 gr/l) con agua limpia hasta una concentración máxima de 1% al 3%. Para su dosificación se usarán hipocloradores de carga constante de fabricación nacional.

3.14. Simulación hidráulica

La simulación hidráulica se realizó en la línea de conducción y la red de distribución con el software EPANET, el cual se configuró de la manera siguiente:

- Unidades de caudal [L/s]
- Unidades de velocidad [m/s]
- Pérdida de carga [m]
- Cálculo de pérdida de carga con la ecuación de Hazen – Williams
- Coeficiente de fricción: 100 HG⁰ y 150 PVC

3.14.1. Simulación de la red

El sistema se diseñó como red abierta del tipo fuente-red-tanque, en el que la distribución será por bombeo contra la red. En este caso el equipo de bombeo estará produciendo e impulsando el caudal máximo horario directamente a la red de distribución y el tanque de almacenamiento aportará el complemento una vez se detenga el bombeo.

Para esta simulación se crearon dos escenarios, primero con el consumo máximo horario distribuido en nodos concentrados y el segundo con demanda cero:

- Con la simulación del consumo máximo horario se compararon las velocidades y presiones con los criterios de diseño expuestos en la norma.
- Con la demanda cero se verificaron únicamente las presiones hidrostáticas con el propósito de identificar los nodos con máximas presiones y comprobar que estas se encuentren en un rango según lo establecido en la norma.

La distribución de caudales en los nodos concentrados, se hizo proporcional al número de viviendas proyectadas a futuro ubicadas cerca de cada uno de estos nodos, este método se seleccionó debido a la distribución heterogénea de las viviendas en la comunidad.

Los resultados de la simulación se presentan en tablas de velocidades y presiones, así como perfiles de terreno natural, perfiles de la línea piezométrica y perfiles de presiones.

3.14.2. Simulación de cloro

La efectividad de una desinfección se expresa como cloro residual después de cierto tiempo, el contacto entre el cloro y el agua este debe ser de 30 minutos antes de que llegue al primer consumidor; según la norma (INAA, 1999, pág. 93), la concentración de cloro residual que debe permanecer en los puntos más alejados de la red de distribución deberá ser 0.2-0.5 mg/l después del período de contacto.

3.15. Acometida domiciliar

Las acometidas se diseñaron con diámetros de media pulgada, medidores de consumo, válvulas de compuerta para el control de flujo y una caja de protección, todo según como lo establece la norma.

3.16. Descripción del saneamiento en la comunidad

En cuanto a saneamiento en la comunidad Azapera que consta de 53 viviendas, 44 de ellas tienen letrinas lo que representa el 83 % de cobertura, de las cuales se instalaron 26 letrinas de fibra de vidrio hace mucho tiempo y estas ya cumplieron su vida útil, el resto de los habitantes han creado sus propias letrinas por lo cual no se tiene un control adecuado de esas excretas. El 99 % de las letrinas se encuentran fuera de las viviendas y no representan ningún problema para fuentes de agua cercanas.

Por lo cual la propuesta de saneamiento se basa en reemplazar 36 letrinas que se encuentran en mal estado y la construcción de 9 letrinas en las viviendas donde carecen de este sistema. Las letrinas existentes son del tipo foso seco o convencional, la elección del tipo de letrina está ligada a las condiciones del terreno, en este caso el suelo de la comunidad es apto para realizar la excavación del foso.

Es un sistema adecuado para la disposición de las excretas en zona rural y urbana marginal, cuyas condiciones socioeconómicas no permitan una solución con arrastre hidráulico. Este sistema está compuesto por: El foso, hoyo o pozo, brocal, losa, terraplén, aparato sanitario y caseta.

3.16.1. Especificaciones técnicas para la construcción de letrinas

Para determinar el tipo de pozo a utilizarse se deberá tener presente los siguientes factores:

Consistencia del suelo: Si el suelo es poco consistente será necesario revestir el pozo con ladrillo, bloques de concreto, cemento, concreto armado, tierra estabilizada (por ejemplo, adobe), piedra, madera resistente a la humedad, etc. Si el suelo tiene buena consistencia, será necesario recubrir solamente la parte superior; a este proceso se le denomina también brocal o cimientado. El cimientado puede construirse con ladrillo, piedra u hormigón armado. La losa se fija al cimientado con mortero de cemento.

La letrina convencional es la más utilizada comúnmente en Nicaragua, compuesta por el foso, un piso con asiento y su respectiva caseta. Estas se construyen de acuerdo a los siguientes criterios, descritos por las normas técnicas de saneamiento básico rural parte II (2001).

Foso:

- Periodo de diseño mínimo - 4 años
- Periodo de diseño máximo - 10 años
- Volumen de lodos -60lts/ pers /año
- Rango de profundidad -2.0 m – 4.50m
- Forma - Rectangular
- Ancho - 0.70m
- Largo - 0.90m
- Brocal - 0.50 m altura mínima

El volumen del pozo depende de tres condiciones principales:

- Velocidad de acumulación de sólidos (m³/persona/año)
- Cantidad de personas que lo utilizan, y
- Tiempo de llenado (en años)

Brocal: Anillo de protección del hoyo de la letrina. Se ubicará en la parte superior de este y sirve para estabilizar la boca del hoyo, sostener la losa y cerrarla para impedir el ingreso de insectos y roedores.

Caseta: Tiene como función principal brindar al usuario privacidad y comodidad y evitar el ingreso de moscas que buscan colocar sus huevos en el pozo. La estructura del techo debe permitir la circulación de aire.

- Altura (parte frontal) - 2.0 m
- Altura (parte posterior) - 1.90 m
- Alero del techo (Frontal y posterior) - 0.50 m

Para su construcción es recomendable utilizar materiales como, por ejemplo, las paredes pueden ser construidas en ladrillo, bloques de concreto o adobe, zinc liso, etc.; el techo de zinc, teja, paja, y las puertas de madera. La puerta debe tener un sistema de contrapeso para garantizar su cierre automático, con el fin de evitar el ingreso de moscas.

IV. Resultados

4.1. Estudio socioeconómico

La Alcaldía Municipal de Santa Rosa del Peñón aplicó la ficha de encuesta socioeconómica y de higiene tipo censo con formato FISE (ver anexo II) a la totalidad de las familias de la comunidad Azapera, en la cual se recopiló información sobre: Composición de las familias, situación de las familias, condiciones de viviendas de las familias, saneamiento e higiene ambiental a nivel de las familias, manejo de desechos sólidos, acceso al agua y al saneamiento, situación de las condiciones de salud, etc. Cabe destacar que estos datos fueron de suma importancia para la realización de cálculos para el diseño del sistema.

La comunidad Azapera está ubicada entre las coordenadas 12.43804 - 86.23775; pertenece al municipio de Santa Rosa del Peñón, del departamento de León, la Comunidad cuenta con 53 viviendas, 2 iglesias 1 evangélica y 1 católica y escuela, de las que se encuestó el 100 %. Así como lo muestra la tabla 1.

Tabla 1: Resultados de encuestas socioeconómicas

ENCUESTAS	
Encuestas socioeconómicas de viviendas	53
Encuesta escuela	1
Iglesia evangélica	1
Iglesia católica	1
TOTAL	56

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

La población de la comunidad Azapera, de acuerdo a datos proporcionados por la encuesta socioeconómica, son 179 habitantes, distribuidos en 34 familias, de los cuales, la población está dividida en 65 hombres y 59 mujeres.

4.1.1. Características de la población

Población por sexo comunidad Azapera

En la comunidad Azapera existe un total de 82 mujeres lo que representa el 46% de la población y 97 hombres correspondiente al 54 %, para un total de 179 habitantes, como se muestra en la tabla 2 y el gráfico 1.

Tabla 2: Composición total de la población de Azapera

Sexo	%	Cantidad
Hombres	54%	97
Mujeres	46%	82
Total	100%	179

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

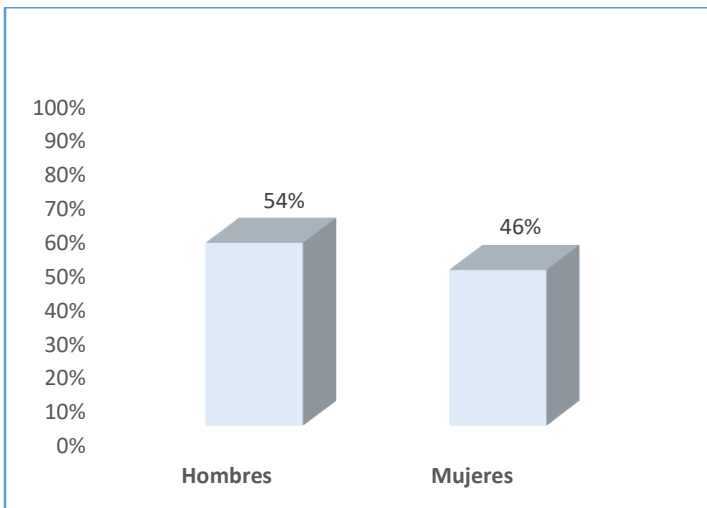


Gráfico 1: Población total de la población de Azapera

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

Jefatura del hogar

En esta comunidad se considera que la jefatura de los hogares es asumida en un 83 % por los hombres y 17 % por las mujeres, tal y como nos muestra la siguiente tabla y el gráfico 2.

Tabla 3: Jefatura del hogar de la población de Azapera

Jefes de hogar	%	Cantidad
Hombres	54%	97
Mujeres	46%	82
Total	100%	179

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

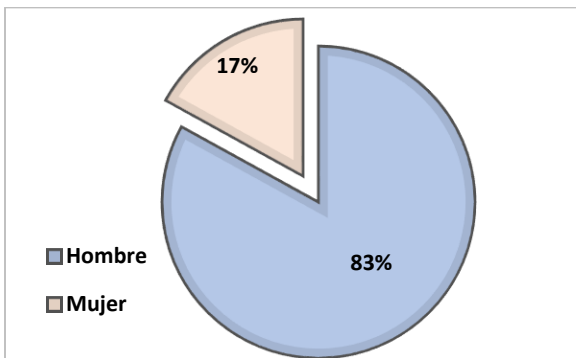


Gráfico 2: Jefatura del hogar población de Azapera

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

Población por rango de edades

El rango de edades de la población de mayor porcentaje oscila entre las edades de 31 a 60 con el 33 %, seguido del intervalo que va de los 18 a los 30 años con el 28 %; luego las edades comprendidas entre los 0-5 años y 6 -12 años con el 11%, ambos; el rango de edades de 13 -17 años con un porcentaje de 8 %, seguido el rango de edades de la población adulta mayor de 61 + años del 9 %.

Al realizar la sumatoria de los rangos de edades entre el rango de 0 año hasta los 30 años, se refleja un indicador de población joven del 58 %.

Tabla 4: Rango de edades población Azapera

Edad	Porcentaje	Cantidad
0 - 5 años	11%	19
6 - 12 años	11%	20
13 - 17 años	8%	15
18 - 30 años	28%	50
31 - 60 años	33%	59
61 + años	9%	16
Total	100%	179

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

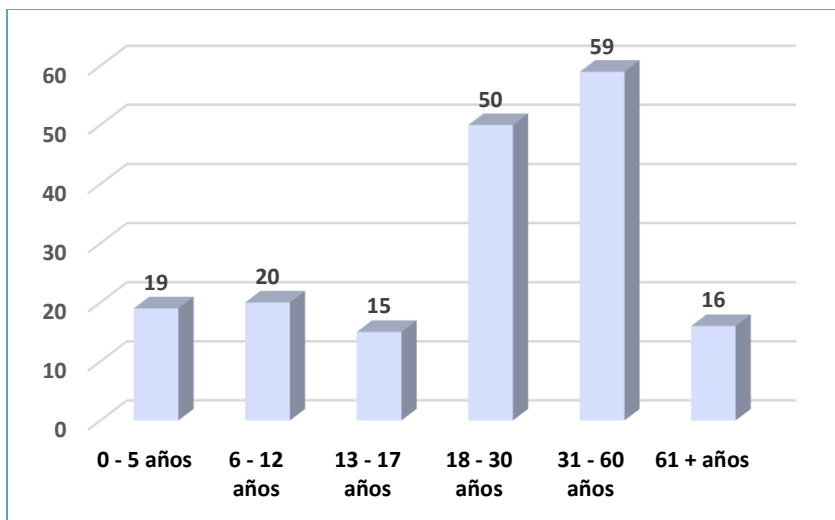


Gráfico 3: Rango de edades población Azapera

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

4.1.2. Economía y empleo

La economía y empleo de los miembros de las familias esta predominantemente basada en la agricultura, en un 70% de los miembros, seguido de las amas de casa que representa el 17 %, mineros el 5%, jornaleros 4% y ninguna 4 %.

Tabla 5: Ocupación de la población de Azapera

Ocupación	%	Cantidad
Agricultores	70%	37
Ama de Casa	17%	9
Mineros	5%	3
Jornaleros	4%	2
Ninguna	4%	2
Total	100%	53

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

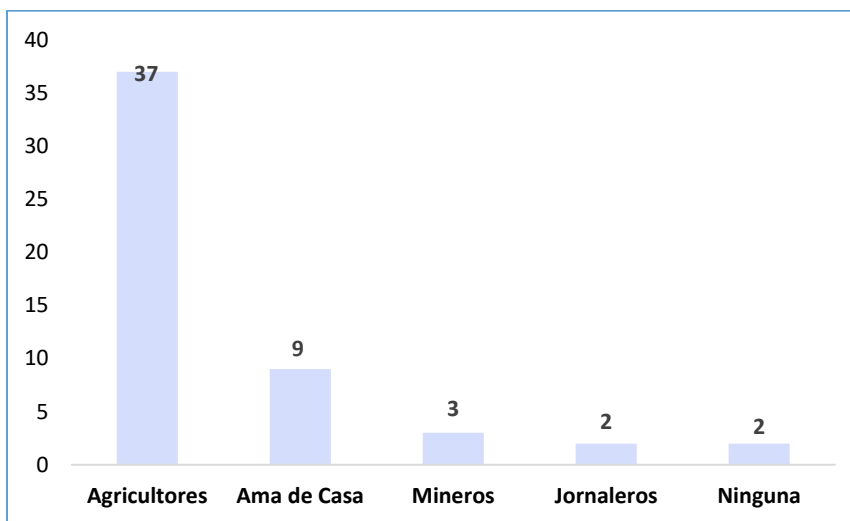


Gráfico 4: Ocupación de las familias de Azapera

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

Rango de ingresos mensuales

El ingreso mensual de las familias de la comunidad Azapera, se estructura de la siguiente manera: el 38 % reciben ingresos mensuales de 0 a C\$1,500.00 de C\$1,501.00 a C\$3,000.00 el 13 %, salarios mayores entre C\$ 3,001 a C\$ 5,000.00 el 9% ingresos entre C\$ 5,001 a C\$7,500.00 el 2%, de C\$7,501 a más el 2%y el 36 % no tienen ingresos fijos.

El ingreso percápite mensual en las familias de la comunidad Azapera es de C\$ 3,206.25 (Tres mil doscientos seis córdobas con 25/100 centavos).

Tabla 6: Rango de ingresos mensuales de la comunidad Azapera

No	Rango de ingresos C\$ mensuales	Porcentajes
20	0 a 1,500	38%
7	1,501 a 3,000	13%
5	3,001 a 5,000	9%
1	5,001 a 7,500	2%
1	7,501 a más	2%
19	Sin ingresos fijos	36%
53	Total	100%

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

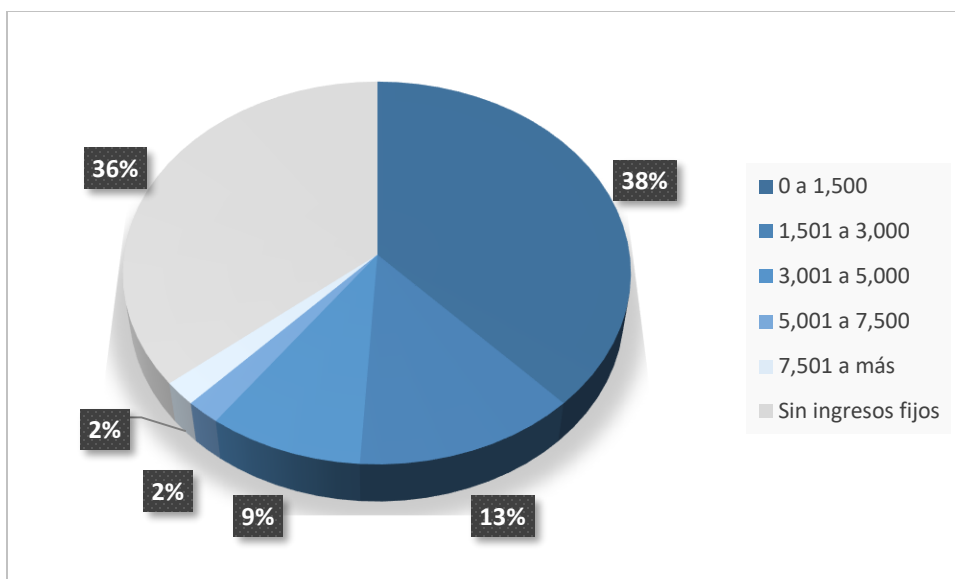


Gráfico 5: Rango de ingresos mensuales de las familias de Azapera

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

4.1.3. Acceso a servicios de educación

En la comunidad de Azapera, del municipio de Santa Rosa del Peñón hay una escuela para la comarca en la que se imparten los niveles de escolaridad desde preescolar hasta la educación primaria completa.

El nivel de escolaridad de la población de acuerdo a la encuesta socioeconómica aplicada en la comunidad refleja que el 58 % han cursado o estudian la educación primaria, el 10% han cursado o estudian algún grado de la educación secundaria, el 3% respectivamente nivel técnico y 1% estudió universidad, el 28 % son iletrados, que está formado por los niños menores y personas que no cursaron ningún nivel escolar y que no saben leer ni escribir.

Tabla 7: Nivel de escolaridad de la población Azapera

Nivel	Porcentaje	Cantidad
Ninguna	28%	51
Primaria	58%	104
Secundaria	10%	18
Técnico	3%	4
Universitario	1%	2
Total	100%	179

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

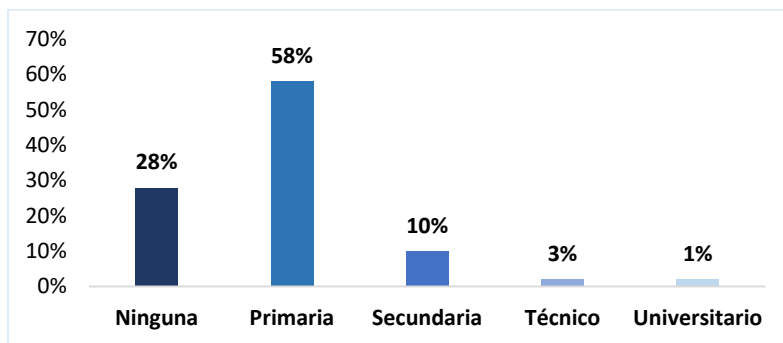


Gráfico 6: Nivel de escolaridad de la población Azapera.

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

4.1.4. Abastecimiento de agua

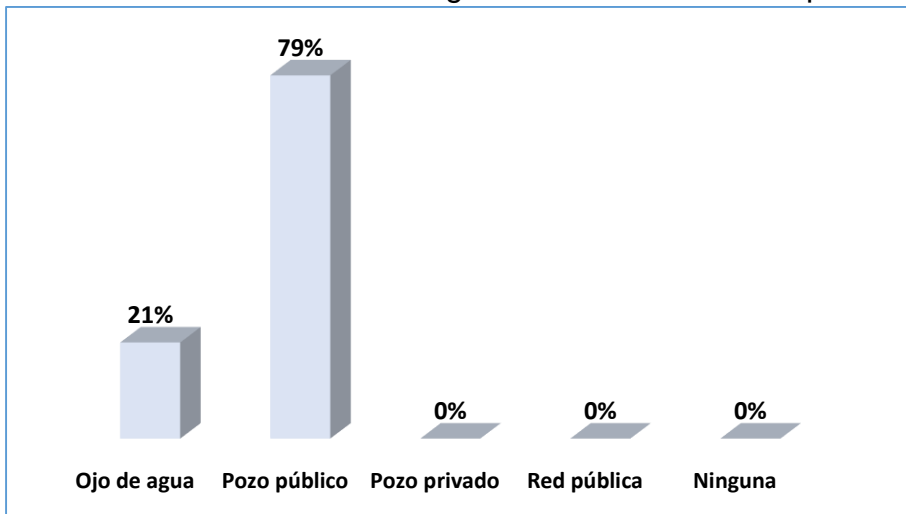
En la comunidad de Azapera, no hay sistema de agua domiciliar, 42 viviendas que representa el 79 % se abastecen de un pozo público, 11 viviendas de fuente natural que representa el 21 %, el 100 de los habitantes manifiestan que en el invierno todos tienen agua suficiente, pero en el verano no tienen agua suficiente, el 100% estaría dispuesto a trabajar en la construcción de un sistema nuevo.

Tabla 8: Abastecimiento de agua de la comunidad Azapera

Abastecimiento	%	Cantidad
Ojo de agua	21%	11
Pozo público	79%	42
Pozo privado	0%	0
Red pública	0%	0
Ninguna	0%	0
Total	100%	53

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

Gráfico 7: Abastecimiento de agua de la comunidad Azapera



Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

4.1.5. Saneamiento

En cuanto a saneamiento en la comunidad Azapera 44 viviendas tienen letrinas lo que representa el 83 % de cobertura, las que son de uso exclusivo en el 99 % se encuentran fuera de las viviendas.

Tabla 9:Tendencia de saneamiento de la comunidad Azapera

Tendencia de saneamiento	%	Cantidad
Poseen	83%	44
No poseen	17%	9
Total	100%	53

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

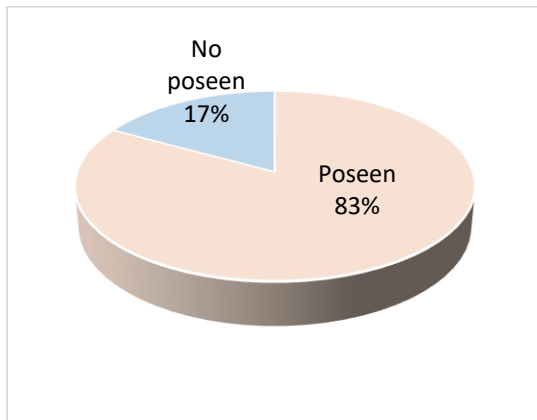


Gráfico 8: Tendencia de saneamiento de la comunidad Azapera

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

Estado del saneamiento:

De las 44 unidades de saneamiento existente solamente 17 que representa el 39 % están buenas y 27 están en mal estado que representa el 61 %, por lo que la demanda de saneamiento es 36 unidades de saneamiento, de las viviendas que tienen en mal estado y las que no tienen ninguna opción de saneamiento.

Tabla 10: Estado del saneamiento de la comunidad Azapera

Estado	%	Cantidad
Buena	39%	17
Mala	61%	27
Total	100%	44

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

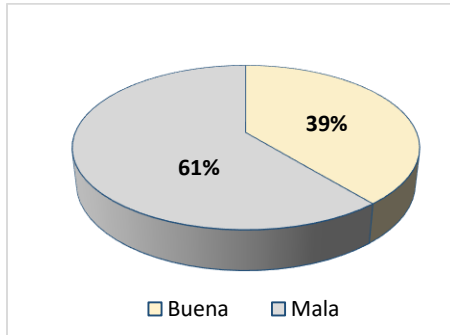


Gráfico 9: Estado del saneamiento de la comunidad Azapera

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

4.1.6. Situación de higiene y medio ambiente

Aguas servidas

En relación al manejo de las aguas grises, en el 64 % de las viviendas la riegan, el 2 % la infiltran y el 34 % la dejan correr.

Tabla 11: Manejo de las aguas servidas de la comunidad Azapera

Manejo	%	Cantidad
La riegan	64%	34
La infiltran	2%	1
La dejan correr	34%	18
Total	100%	53

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

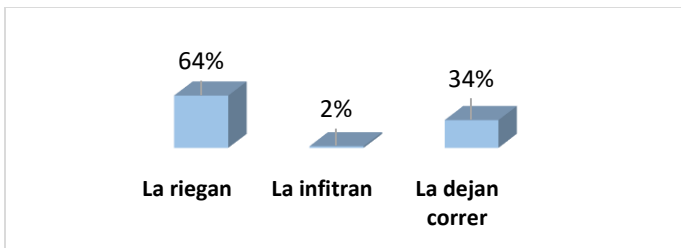


Gráfico 10: Manejo de las aguas servidas de la comunidad Azapera

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

Manejo de la basura

En relación al manejo de la basura, el 87% afirma quemar la basura; el 8 % la botan; el 1 % la queman y la botan, y el 4 % la entierran.

Tabla 12: Manejo de la basura de la comunidad Azapera

Manejo de la Basura	%	Cantidad
La queman	87%	46
La botan	8%	4
La queman y la botan	1%	1
La entierran	4%	2
Total	100%	53

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

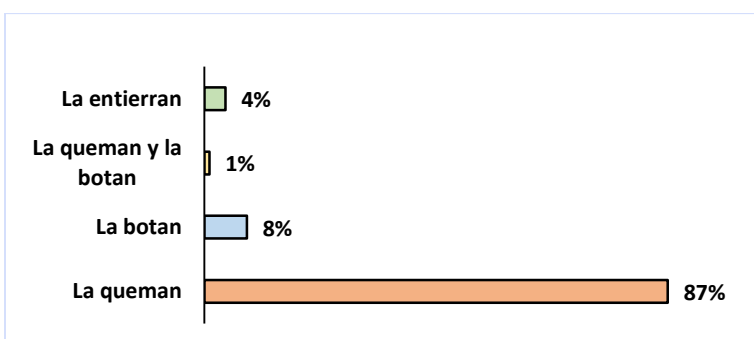


Gráfico 11: Manejo de la basura de la comunidad Azapera

Fuente: Alcaldía Santa Rosa del Peñón

4.2. Estudio topográfico

El levantamiento topográfico se llevó a cabo aplicando el método taquimétrico, haciendo uso de una estación total marca Ruide R2, prisma, bastón, brújula y cinta métrica; para ubicar el punto de partida en el sistema de coordenadas UTM (Universal transversal meridian), se utilizó GPS digital-portátil, marca: Garmin, modelo: GPSMAP 64s con un margen de error ± 3 metros.

Una vez marcado el punto número uno, se tomó la primera coordenada la cual fue ingresada de manera manual a la estación total, tomando como segunda referencia los $0^{\circ}0'0''$ norte, continuando con el levantamiento topográfico, como primera etapa se recopilaron los datos correspondientes a la línea de conducción, (desde el pozo hasta el sitio donde estará ubicado el tanque de almacenamiento), seguido se procedió a recopilar los datos de la línea de distribución.

Para este levantamiento topográfico se tomó en cuenta ubicar toda la infraestructura existente en la comunidad (casas, postes de luz, cercas, ramales de caminos y quebradas), también se procuró marcar distintos BM para facilitar el debido replanteo en la ejecución del proyecto. Como resultado se levantaron 2,419m como se observa en los planos topográficos en anexo V abarcando las vías principales y secundarias de la comunidad. Se encontró en el levantamiento la altura máxima siendo 288.296 msnm y la altura mínima de 209.00 msnm con pendientes graduales constantes con poca variación en algunos tramos y en otras pendientes pronunciadas, determinando el terreno como irregular.

4.3. Calidad del agua y aforo

Para el estudio de calidad del agua la Alcaldía Municipal de Santa Rosa del Peñón seleccionó el pozo de Azapera, perforado en el año 2018, el cual servirá como fuente de abastecimiento de un MABE solicitado por la comunidad. El mencionado pozo se encuentra sellado desde su perforación por lo que la alcaldía proyectó

una prueba de bombeo, así como, prueba de calidad del agua en el mes de diciembre del 2018.

No obstante, actualmente (junio 2021), las actividades de aforo y estudio de calidad del agua del pozo antes mencionado no han sido realizados por la alcaldía municipal por falta de recursos, por lo que únicamente se contaba con los resultados obtenidos en el año 2018, año en el que se perforó el pozo. Por lo anterior se decidió realizar el estudio de la calidad del agua con fondos propios y adoptar los datos de aforo realizados en 2018 (ver anexo III).

Por tanto, para corroborar los datos del aforo del pozo realizado hace 3 años se optó por realizar el estudio de niveles estáticos en el pozo en estudio y dos pozos existentes en la comunidad, en un radio de 650 m como se observa en el mapa 1, a continuación.

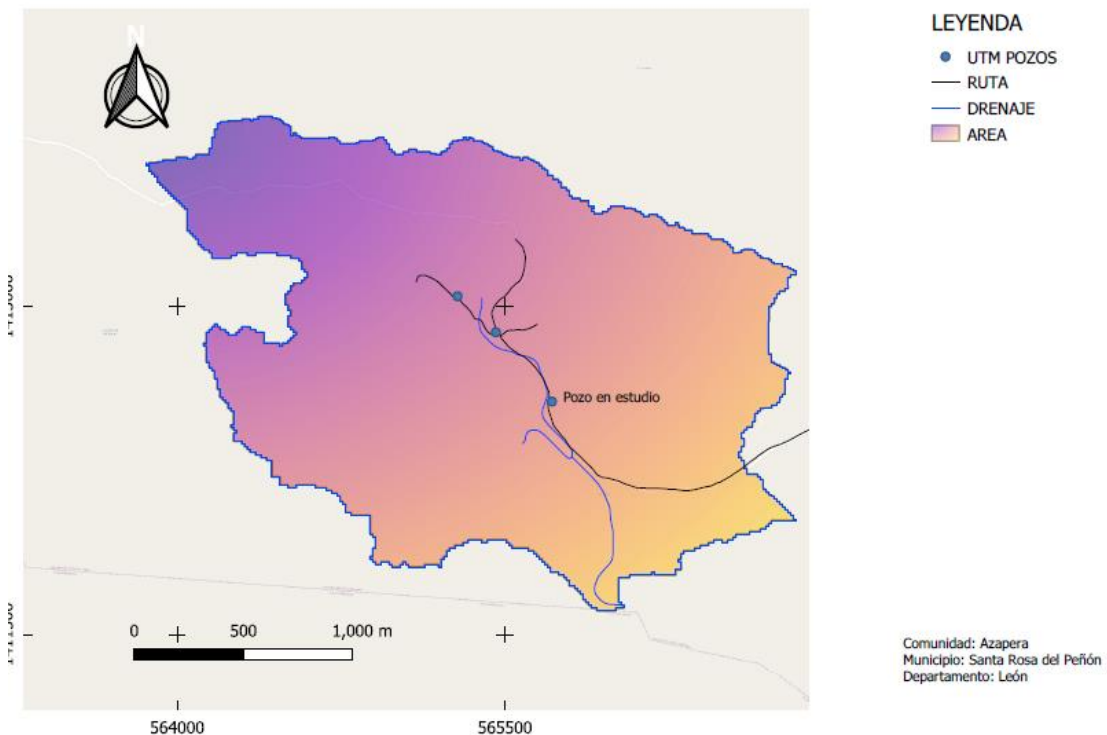


Ilustración 1: Mapa de pozos existentes en Azapera y cuenca de escurrimiento

Fuente propia

A continuación, se describen los resultados de la calidad el agua y del aforo de la fuente:

4.3.1. Calidad del agua

Los resultados del análisis físico – químico del agua revelaron que únicamente dos parámetros no cumplen con la norma CAPRE que corresponden respectivamente a Turbidez y Flúor, por tanto, se recomienda un tratamiento para mejorar la turbidez hasta lograr 5 NTU que recomienda la norma así mismo reducir el flúor hasta los niveles recomendados por la norma que es de 0.7 mg/l.

Por lo tanto, para mejorar la turbidez del agua se debe diseñar una planta de tratamiento mediante el uso de sustancias coagulantes como: sulfato de aluminio, polímeros orgánicos y cocluro férrico iniciado con la mezcla rápida, la floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Para la reducción del flúor se recomienda un mineral llamado hidroxiapatita, esta es la mejor alternativa por no producir alteraciones en las características del agua tratada, por la facilidad de obtención de este material y por ser utilizada en países como Chile, Argentina y México, según la investigación de Valenzuela, Ramírez, Sol, & Reyes (2010).

Con respecto a los resultados realizados el presente año y las pruebas realizadas el año 2018, pudo constatarse la similitud de los mismos, excepto el parámetro de turbidez, que en aquella ocasión alcanzó un valor de 0.60 NTU cumpliendo con lo establecido en la norma, los valores detallados de los análisis se presentan en anexo III.

Los resultados de los análisis bacteriológicos realizados en el año 2018 y 2021 muestran valores normales y cumplen con la norma, los cuales se presentan en el anexo III.

Con relación al arsénico únicamente se cuenta con resultados de 2018, en el cual se presenta un valor de 0.0 mg/l, el cual se encuentra en el rango de aceptación mencionado por la norma.

4.3.2. Aforo

Con relación al aforo de la fuente, el pozo en estudio en el año 2018 mostró un caudal óptimo de explotación recomendado de 30 gpm para obtener un descenso de 20.16 pies, por periodos cortos o de emergencia el pozo puede explotarse con un caudal máximo de 50 gpm para obtener un descenso máximo de 47.24 pies (ver anexo III).

A continuación, se muestran los datos generales del pozo construido:

Tabla 13: Datos del pozo Azapera

Diámetro de perforación	8 pulg
Profundidad nominal	250 pies
Diámetro de revestimiento	6 pulg
Sello sanitario	20 pies
Limpieza y desarrollo	2 horas
Prueba de bombeo	12 horas
Caudal óptimo	30 gpm
Caudal máximo	50 gpm
Fecha de perforación	22/12/2018

Fuente propia

Debido a que en el 2021 no se pudo realizar el aforo previsto se optó por validar el aforo de 2018 a través de la medición del nivel estático del pozo en estudio y dos pozos cercanos, también se procedió a delimitar la cuenca de escurrimiento e identificar la geología de la zona de estudio como se observa en la ilustración 1, encontrándose lo siguiente:

Según la medición de niveles estáticos del agua, el pozo en estudio aumentó su nivel en 1.2m en tres años, mientras que los otros dos pozos de referencia disminuyeron sus niveles en 6.25m en 26 años y 0.4m en 23 años respectivamente, como se observa en la tabla 14.

Tabla 14: Características de los pozos de la comunidad Azapera

Pozo	Año	Profundidad (m)	NE (m)	Año	NE (m)	Variación (m)
Pozo en estudio	2018	62.5	6.71	2021	5.51	1.2
Pozo 1	1995	45	10	2021	16.25	-6.25
Pozo 2	1998	40	14	2021	14.4	-0.4

Fuente propia

Así mismo se observó que las características geológicas de la microcuenca donde se encuentra el pozo en estudio y los dos pozos de referencia corresponden a: rocas volcánicas extrusivas media a ácida y aglomerados del grupo coyol inferior de rocas lavas basálticas, andesítas, riolíticas a dacíticas y aglomerados.

Dadas las características geológicas antes mencionadas y el caudal 30 gpm obtenido en la prueba de bombeo, se evidencia que las aguas subterráneas en la zona son escasas, además, el descenso de los dos pozos de referencia pudiera indicar una alta variación estacionaria de las aguas freáticas, lo que junto con el bajo caudal caracteriza a un acuífero fisurado.

Por lo anterior, para mantener los niveles freáticos con la menor variación posible deberían considerarse acciones para promover la infiltración en los periodos lluviosos, lo que vendría a mejorar las fluctuaciones causados por el efecto del niño y el cambio climático global.

4.4. Diseño del sistema

4.4.1. Periodo de diseño

Es necesario determinar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito determinar que si dichos elementos van a satisfacer las demandas futuras de la comunidad. Por lo cual se seleccionó un período de diseño según lo establecido por la norma de 20 años.

4.4.2. Proyección de la población

A partir de los datos proporcionados por la Alcaldía de Santa Rosa del Peñón de los censos realizados en 2009 y 2020 aplicadas también por la Alcaldía, dicha tasa se calculó mediante la ecuación 1, obteniendo un resultado 0.17%, como se presenta a continuación:

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o}\right)^{\frac{1}{11}} - 1$$

$$r = \left(\frac{176}{179}\right)^{\frac{1}{11}} - 1$$

$$r = 0.17 \%$$

Como se observa la tasa calculada con un valor de 0.17% es inferior a la tasa mínima recomendada por la norma (INAA, 1999, pág. 09), por tanto, se adoptó una tasa de 2.5%.

Una vez adoptada la tasa de crecimiento se procedió a calcular la población futura utilizando la ecuación 2, dando un valor de 293 habitantes para el final de período a continuación, se describe:

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

$$P_n = 179 \left(1 + \frac{17}{100}\right)^{20}$$

$$P_n = 293 \text{ hab}$$

4.4.3. Demanda

Se adoptó una dotación de 60 L/hab/d tomado de la norma del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA, 1999, pág. 11) para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio en poblaciones rurales.

El consumo para la población de Azapera representa aproximadamente un 20% del caudal óptimo de explotación que es de 30 gpm equivalente a 2.27 l/s para períodos largos y períodos cortos o de emergencia el pozo puede explotarse hasta un máximo de 50 gpm o 3.78 l/s.

4.4.4. Consumo doméstico

El consumo doméstico se calculó mediante la ecuación 3, con una dotación de 60 L/hab/d dando como resultado un consumo de 0.204 l/s, como se muestra a continuación:

$$CD = \frac{P_F(Dotación)}{86400}$$

$$CD = \frac{293hab(60 lppd)}{86400s}$$

$$CD = 0.204 l/s$$

4.4.5. Factores de la demanda

Estos factores corresponden a la cantidad de agua que se necesita en los sectores económicos y la población, según la norma de abastecimiento INAA (1999, pág. 11) se deben considerar los porcentajes de consumo comercial, institucional e industrial. Debido a que la población de la comunidad Azapera posee una tasa de crecimiento muy baja, a su vez, se consultó el plan de desarrollo para la comunidad por lo cual se consideró el consumo institucional, el cual se calculó utilizando la ecuación 4, la cual corresponde al 7% del consumo doméstico, dando como resultado 0.014 l/s.

$$C_{ins} = \frac{7}{100}(CD)$$

$$C_{ins} = \frac{7}{100}(0.204 l/s)$$

$$C_{ins} = 0.014 l/s$$

4.4.6. Consumo promedio diario

El consumo promedio diario es la sumatoria del consumo doméstico y el consumo institucional, aplicando la ecuación 5 se obtuvo un valor de 0.218 l/s.

$$CPD = CD + C_{ins}$$

$$CPD = 0.204 \text{ l/s} + 0.014$$

$$CPD = 0.218 \text{ l/s}$$

- **Pérdidas en el sistema**

Las pérdidas o fugas en el sistema representan el 20% del consumo promedio diario, según la norma (INAA, 1999, pág. 17), la cual se describe en la ecuación 6:

$$F = \frac{20}{100}(CPD)$$

$$F = \frac{20}{100}(0.218 \text{ l/s})$$

$$F = 0.044 \text{ l/s}$$

4.4.7. Consumo máximo día

El consumo máximo día es el máximo consumo que se espera que la población gaste en un día, y se calcula mediante la ecuación 7, descrita de la siguiente manera, según la norma (INAA, 1999, pág. 15).

$$CMD = 1.5CPD + F$$

$$CMD = 1.5(0.218 \text{ l/s}) + 0.044 \text{ l/s}$$

$$CMD = 0.371 \text{ l/s}$$

4.4.8. Consumo máximo horario

El consumo máximo horario, equivale al gasto por hora del día y se calcula con la ecuación 8. Según la norma (INAA, 1999, pág. 15).

$$CMH = 2.5CPD + F$$

$$CMH = 2.5(0.218 \text{ l/s}) + 0.044 \text{ l/s}$$

$$CMH = 0.588 \text{ l/s}$$

La tabla 15 muestra con más detalle la población futura, consumo máximo diario, consumo máximo horario, así como su almacenamiento, durante el periodo de diseño. Los detalles de consumo para cada año están reflejados en Anexo III.

Tabla 15: Consumo para la población Azapera

n	AÑO	PF	DOMÉSTICO	PÚBLICO	CPD	FUGAS 20%	CMD	CMH	ALMAC. M3
		Hab	L/s						m3
0	2021	179	0.124	0.009	0.133	0.027	0.226	0.359	2.681
5	2026	203	0.141	0.010	0.150	0.030	0.256	0.406	3.034
10	2031	229	0.159	0.011	0.170	0.034	0.289	0.460	3.432
15	2036	259	0.180	0.013	0.193	0.039	0.327	0.520	3.883
20	2041	293	0.204	0.014	0.218	0.044	0.371	0.588	4.394
Dotación		60 L/hab/d							

Fuente propia

4.4.9. Columna de bombeo

Se adoptó un diámetro nominal de 3 pulgadas en relación al caudal de bombeo según el cuadro 6.2 de la norma rural (INAA, 1999, pág. 22). En una longitud de 19.15 m, se utilizó tubería galvanizada de 3" clase 40 con un diámetro interno de 77.92 mm. Se calculó una velocidad de 0.123 m/s y la pérdida de carga por fricción de 0.0173 m. A continuación, se muestran los resultados:

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

$$v = \frac{0.000588 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{(0.07792 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v = 0.123 \text{ m/s}$$

Longitud de la columna de bombeo

La longitud de la columna de bombeo se calculó mediante la ecuación 10, donde el nivel de la carga dinámica es la sumatoria del Nivel Dinámico del agua (NDA) más la variación estacional de 6 m y la altura de la sarta la cual se asumió de 1m y la Sumergencia equivale a 6 m, dando como resultado una longitud de 19.15 m tal y como se muestra a continuación:

$$L_c = \text{Nivel carga dinámica} + V_e + \text{sumergencia} + \text{altura sarta}$$

$$L_c = 6.15\text{m} + 6\text{m} + 6\text{m} + 1\text{m}$$

$$L_c = 19.15\text{m}$$

- **Pérdida de carga por fricción**

Se aplicó la ecuación 11 de Hazen – Williams y se calcularon las pérdidas por fricción a lo largo de la columna de bombeo. La cual cumple la condición establecida por la norma, (INAA, 1999, pág. 35), donde el valor de la fricción no debe ser mayor del 5% de la longitud de la columna de bombeo.

Se calcularon las pérdidas locales por accesorios mediante el método de longitud equivalente, que consiste en definir para cada accesorio en el sistema, una longitud ficticia de tubería recta que, al utilizarse con la ecuación de pérdida por fricción, genere la misma pérdida asociada a la pérdida localizada, dichas pérdidas se ven reflejadas en la tabla 16, a continuación, se muestran los resultados:

Tabla 16: Método de longitud equivalente, columna de bombeo

Descripción	Cantidad	L/D	Le
Válvula de pie tipo bisagra	1	75	5.844
Tee de cambio de dirección 2"	1	67	3.732
Reductor copa 3X2	1	-	2.000
		TOTAL	11.576
		hl	0.0065

Fuente propia

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

$$hf = \frac{(10.679)(19.15)(0.000588 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(100)^{1.85}(0.07792\text{m})^{4.87}}$$

$$hf = 0.0108 \text{ m} + 0.0065 \text{ m}$$

$$hf = 0.0173 \text{ m}$$

$$\sum h_{succ} = 5\% Lc$$

$$0.0173 \leq 0.9575 \approx CUMPLE$$

4.4.10. Sarta

Se adoptó un diámetro de 2 pulgadas H°.G° cédula 40, basado en la norma, (INAA, 1999, pág. 24), ver plano de diseño anexo VIII. La velocidad en la sarta se calculó mediante la aplicación de la ecuación 9 dando un valor de 0.272 m/s. Así mismo, se calcularon las pérdidas por fricción en la sarta con una longitud de 6 m aplicando la ecuación 11. Se calcularon las pérdidas por accesorios por medio del método de longitud equivalente, reflejado en la tabla 17, obteniendo un valor total de pérdidas en la sarta de 0.077 m. Dichos resultados se muestran a continuación:

Tabla 17: Método de longitud equivalente, sarta

Descripción	Cantidad	L/D	Le
Medidor de turbina	1	-	6
Válvula de no retorno	1	50	2.624
Tee Directa	1	20	1.050
Unión dresser H°G°	2		1.6
Válvula de compuerta H°G°	1	8	0.420
Codo 45° H°G°	2	16	1.679
Reductor H°G° 2x1 1/2	1	-	1.000
Total			14.37
			hl
			0.0540

Fuente propia

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

$$v = \frac{0.000588 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{(0.05248 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v = 0.272 \text{ m/s}$$

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

$$hf = \frac{(10.679)(6\text{m})(0.000588 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(100)^{1.85}(0.05248\text{m})^{4.87}}$$

$$hf = 0.0231 \text{ m} + 0.0540 \text{ m}$$

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

4.4.11. Línea de conducción

Para la selección del diámetro más económico se aplicó la ecuación 13, resultando un diámetro teórico de 29 mm, por consiguiente, se adoptó un diámetro comercial de 1 1/2" SDR26 ASTM 2241 de PVC. A partir de este dato se seleccionaron dos diámetros inferiores y dos diámetros superiores con el fin de

determinar mediante la comparación de costos anuales de tubería, costos anuales de energía y costos anuales equivalentes, la mejor opción que a su vez cumpla hidráulicamente. A continuación, se presentan los resultados:

$$D = 0.9(Q)^{0.45}$$

$$D = 0.9(0.000494 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.029 \text{ m} \approx 1.14'' - \text{Diámetro teórico}$$

$$D \text{ 1 1/2}'' = 0.0446 \text{ m} - \text{Diámetro comercial}$$

- **Análisis técnico económico**

Se aplicó la ecuación 14 para determinar el factor de recuperación del capital, seguido se aplicó la ecuación 15 para calcular el costo anual de tubería, se aplicaron los mismos cálculos en cada uno de los diámetros descritos en la tabla 18, de la cual la tubería PVC de 1 pulgada SDR 26 resultó como la más económica con un valor de C\$ 4,327.445.

Posteriormente se realizó el análisis del costo anual de la energía (CAE), como se muestra en la tabla 18, para este cálculo se aplicó la ecuación 16, resultando la tubería PVC de 2 ½ pulgadas SDR 26 la más económica desde el punto de vista energético, con un costo de C\$ 30,104.473.

Por último, se calculó el costo anual equivalente (CAEq), el cual es la suma del costo anual de tubería y el costo anual de energía como se describe en la ecuación 17 y en la tabla 18, resultando que la tubería de 1 ¼ pulgadas SDR 26 la de menor costo anual equivalente con un valor de C\$ 37,818.189.

Para concluir el análisis se seleccionó la tubería de 1 ½ pulgadas que además de ser el segundo costo anual equivalente más económico en los resultados, es el diámetro mínimo recomendado por la norma (INAA, 1999, pág. 36). Todos estos resultados se ven reflejados en el grafico 12.

Tabla 18: Análisis técnico-económico para selección de diámetro

D (mm)	D (pulg)	CMH	CDT	Precio	FRC	CAT	CAE	CAEq
25	1"	9.32	281.5171	33.89	0.134	4327.445	34233.81749	38561.262
31	1 1/4"	9.32	257.2827	51.15	0.134	6531.390	31286.79926	37818.189
38	1 1/2 "	9.32	252.625	62.53	0.134	7984.512	30720.4008	38704.913
50	2 "	9.32	248.64	97.24	0.134	12416.663	30235.80586	42652.469
62	2 1/2 "	9.32	247.56	181.59	0.134	23187.391	30104.47272	53291.864

Fuente propia

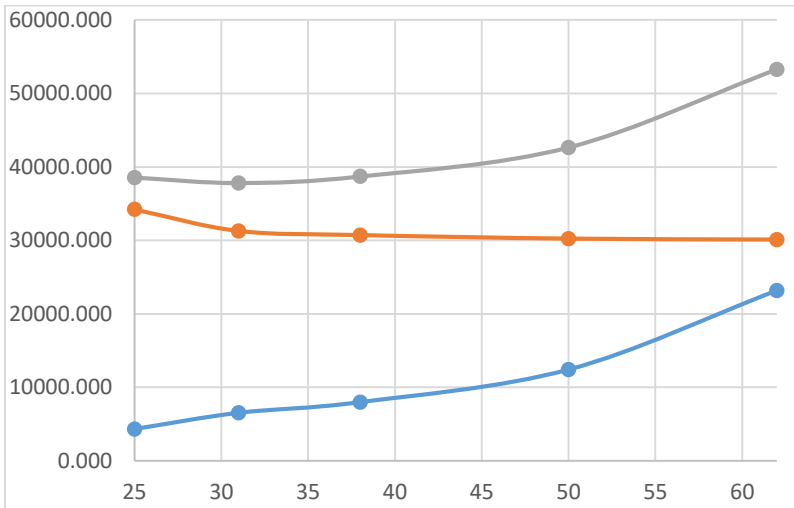


Gráfico 12: Análisis técnico-económico

Fuente propia

A continuación, se describen los cálculos detallados del análisis técnico-económico de la tubería PVC de 1 ½ pulgadas SDR 26:

• **Costo anual de tubería**

Factor de recuperación de capital

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

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

$$FRC = 0.134$$

$$CAT = FRC * CUT * L$$

$$CAT = 0.134 * 88 * 953.78$$

$$CAT = C\$ 11,246$$

• **Costo anual de energía**

$$CAE = \frac{Qb * Tb * CTD * \$ Kwh * 365 * 0.746}{3960 * Eb * Em}$$

$$CAE = \frac{9.32 * 16 * 252.625 * 6.6415 * 365 * 0.746}{3960 * 0.70 * 0.80}$$

$$CAE = C\$ 30,720.40$$

• **Costo anual de energía**

$$CAEq = CAT + CAE$$

$$CAEq = 11,246 + 30,720.40$$

$$CAEq = C\$ 41,966.40$$

La velocidad en la línea de conducción se calculó mediante la aplicación de la ecuación 9, como se muestra a continuación.

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

$$v = \frac{0.000494 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{(0.0446 \text{ m})^2}{4}}$$

$$v = 0.316 \text{ m/s}$$

Aplicando la ecuación 11 de Hazen Williams, se calcularon las pérdidas por fricción en la línea de conducción.

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

$$hf = \frac{(10.679)(953.78m)(0.000588 m^3/s)^{1.85}}{(150)^{1.85}(0.0446m)^{4.87}}$$

$$hf = 3.831 m$$

- **Carga total dinámica**

Aplicando la ecuación 14 se calculó la carga total dinámica, dando un valor de 78.04 m y se describe el procedimiento a continuación:

$$CTD = H + hf_{línea} + h_{sarta} + h_{colum}$$

$$CTD = 75.2 m + 3.831 m + 0.077 m + 0.0173 m$$

$$CTD = 79.12 m$$

4.4.12. Golpe de ariete

Para el cálculo del golpe de ariete se hizo un análisis completo, donde se calculó la velocidad de propagación de la onda, se determinó el tipo de cierre y la sobrepresión mediante las siguientes ecuaciones:

La celeridad o velocidad, se calculó mediante la aplicación de la ecuación 15, se obtuvo un resultado de 332.74 m/s, equivalente a 5.7 segundos.

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

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.33 \text{ kg/m}^2 \frac{0.04645m}{0.00185m}}}$$

$$a = 332.74 m/s$$

Donde el valor de k se calculó con la ecuación 16, como se muestra a continuación:

$$K = \frac{10^{10}}{\varepsilon}$$

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

$$K = 33.33$$

El tiempo de parada de la bomba se calculó con la ecuación 17, donde el coeficiente C está en función de la pendiente hidráulica (H_m) por lo tanto si:

$$\frac{H_m}{L} < 0.20 \rightarrow C = 1$$

$$\frac{H_m}{L} \geq 0.40 \rightarrow C = 0$$

$$\frac{H_m}{L} \approx 0.30 \rightarrow C = 0.60$$

Por lo cual se utilizó como valor de $C = 1$, el valor de K depende de la longitud de la tubería y se obtuvo a partir de la tabla siguiente propuesta por Mendiluce, donde se tomó un valor de 1.5.

Tabla 19: Valores del coeficiente K según Mendiluce

L (m)	K
< 500	2
≈ 500	1.75
500 < L < 1500	1.5
≈ 1500	1.25
> 1500	1

Fuente: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real

Sustituyendo los valores se obtuvo un tiempo de parada de 1.6 segundos, lo que indica que el tipo de cierre es cierre rápido según la ecuación 19

$$T = C + \frac{KLv}{gH_m}$$

$$T = 1 + \frac{1.5(942.44m)(0.316m/s)}{(9.81m/s^2)(78.11m)}$$

$$T = 1.6s$$

$$T < \frac{2L}{a}$$

$$1.6s < 5.7s, \text{ cierre rápido}$$

Se calculó la longitud crítica con la ecuación 20, dando como resultado 263.4 m y descrita a continuación:

$$L_c = \frac{aT}{2}$$

$$L_c = \frac{(332.74 \text{ m/s})(1.6s)}{2}$$

$$L_c = 263.4m$$

Una vez obtenida la longitud crítica, se determinó mediante la aplicación de la ecuación 22 que el tipo de impulsión es larga.

$$L > L_c$$

$$942.44 > 263.4m \text{ impulsión larga}$$

Una vez determinado que el tiempo de parada en la bomba es de cierre rápido e impulsión larga, la sobrepresión causada por el golpe de ariete se calculó con la ecuación 24 dada por Allievi, dando como resultado un valor de 10.73 mca, la presión total en el sistema se calculó sumando la altura estática (78.04 msnm) a la sobrepresión, obteniendo un valor de 122 psi, por lo que se corrobora que la tubería SDR-26 que soporta 160 psi es adecuada para el diseño de la línea de conducción.

$$\Delta H = \frac{av}{g}$$

$$\Delta H = \frac{(332.74m/s)(0.316m/s)}{9.81m/s^2}$$

$$\Delta H = 10.73 \text{ mca}$$

$$\Delta H_{sistema} = 75.40msnm + 10.73 \text{ mca}$$

$$\Delta H_{sistema} = 86.13 \text{ m}$$

$$\Delta H = 122 \text{ psi}$$

4.4.13. Selección de la bomba

Una vez calculada la altura a vencer por la bomba (79.12 m) y el caudal que debe suministrar la misma 10 gpm, se seleccionó de entre los equipos de bombeo ofrecidos por catálogo un modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados.

Se calculó la potencia para el período de diseño a 20 años, mediante la ecuación 28 y utilizando la ilustración 2, dando un resultado de 0.871 hp, se seleccionó una bomba comercial de acero inoxidable de 1 hp, marca Franklin Electric FPS 4400 4" TRI-SEAL de 10 GPM. Los resultados se muestran a continuación:

$$Pot = \frac{CTD * \rho * g * Qb}{746 * e}$$

$$Pot = \frac{79.12 * 9777 * 0.000588}{746 * 0.7}$$

$$Pot = 0.871 \text{ hp}$$



Curva de Rendimiento Tri-Seal de 10 GPM

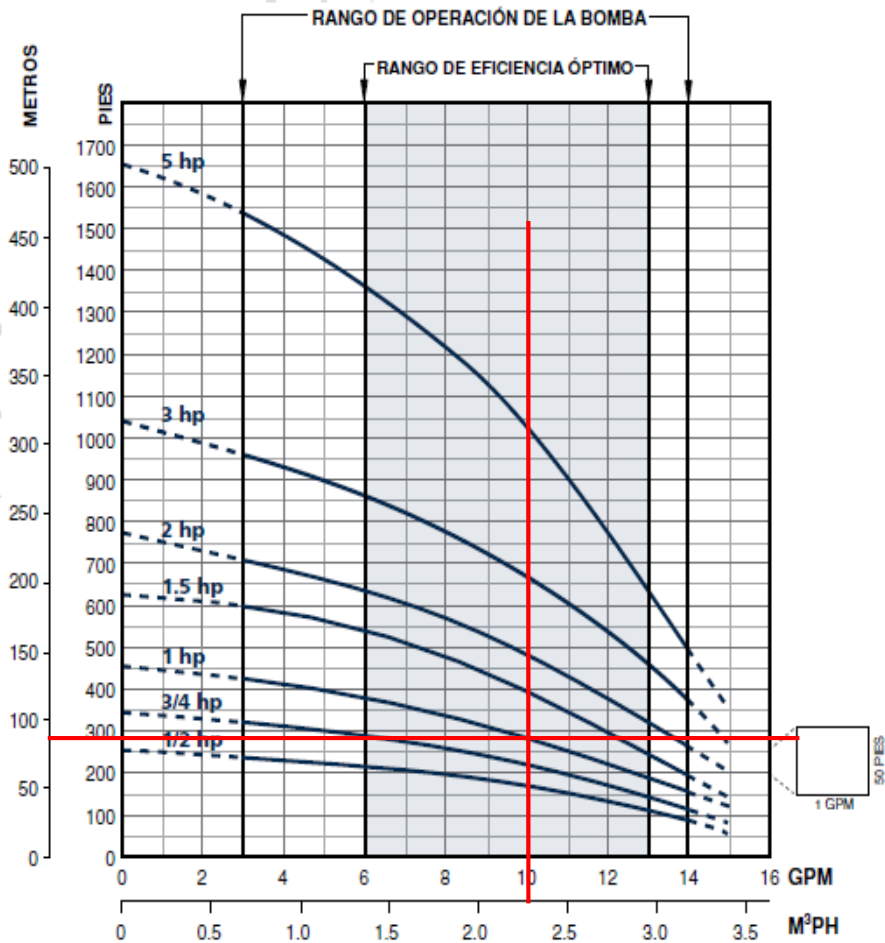


Ilustración 2: Potencia de bomba para 20 años

Fuente: Catalogo de bombas sumergibles Franklin Electric

Potencia de la bomba – 10 años

Así mismo se calculó la potencia para un período de 10 años, debido a la vida útil de la bomba, para un caudal de 8 gpm y una altura de 77.69, dando como resultado una potencia de 0.669 hp, se seleccionó una bomba comercial de acero

inoxidable de 3/4" hp, marca Franklin Electric FPS 4400 4" TRI-SEAL de 7 GPM y los resultados se muestran a continuación:

$$Pot = \frac{CTD * \rho * g * Qb}{746 * e}$$

$$Pot = \frac{77.69 * 9777 * 0.000460}{746 * 0.7}$$

$$Pot = 0.669 \text{ hp}$$

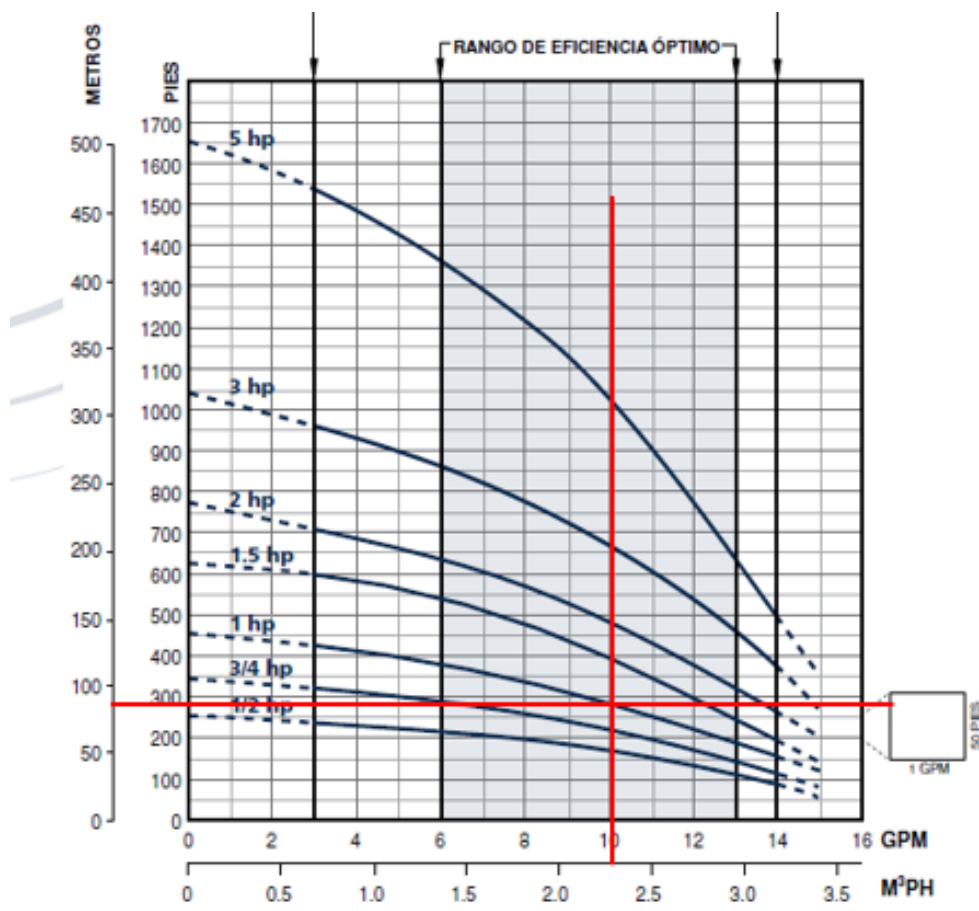


Ilustración 3: Potencia de bomba 10 años

Fuente: Catalogo de bombas sumergibles Franklin Electric

4.4.14. Tanque de almacenamiento

Para calcular el almacenamiento de agua demandado por la población, se calculó aplicando el 35% del consumo promedio diario, según lo describe la norma (INAA, 1999, pág. 38), equivalente a 5.85 m³ (1288.67 galones) para todo el período de diseño, tal y como se detalla en la tabla 20.

$$Alm = 35\% CPD$$

$$Alm = 35\% (0.291 * 3600 * 16)/1000$$

$$Alm = 5.858 m^3$$

Tabla 20: Volumen de almacenamiento

35% ALMACE.				
AÑO	CPD	ALMAC.		
	L/s	m3	lt	Gal
2021	0.177	3.575	3575	786.39
2022	0.182	3.665	3665	806.10
2023	0.186	3.756	3756	826.25
2024	0.191	3.850	3850	846.91
2025	0.196	3.946	3946	868.08
2026	0.201	4.045	4045	889.78
2027	0.206	4.146	4146	912.03
2028	0.211	4.250	4250	934.83
2029	0.216	4.356	4356	958.20
2030	0.221	4.465	4465	982.15
2031	0.227	4.577	4577	1006.71
2032	0.233	4.691	4691	1031.88
2033	0.239	4.808	4808	1057.67
2034	0.244	4.928	4928	1084.11
2035	0.251	5.052	5052	1111.22
2036	0.257	5.178	5178	1139.00
2037	0.263	5.307	5307	1167.47
2038	0.270	5.440	5440	1196.66
2039	0.277	5.576	5576	1226.58
2040	0.284	5.716	5716	1257.24
2041	0.291	5.858	5858	1288.67

Fuente propia

El lugar seleccionado para la ubicación del tanque es de mayor elevación con respecto a la comunidad. El tanque se construirá en un punto el cual tiene una cota de elevación de 288.296 msnm, de mampostería y será construido sobre la base de suelo natural.

Por lo cual se propone un tanque cuadrado con una altura de 2.5 m (2 m de altura efectiva y 0.50 m de borde libre) y 1.53 m de ancho y largo, reflejado en plano de diseño anexo V.

- Altura

$$h = \frac{vol/100}{3} + k$$

$$h = \frac{5.85/100}{3} + 1.8$$

$$h = 1.82 + 0.50$$

$$h = 2.32 \approx 2.5 \text{ m}$$

- Base del tanque

$$L = \sqrt{\frac{vol}{h}}$$

$$L = \sqrt{\frac{5.85}{2.5}}$$

$$L = 1.53 \text{ m}$$

4.4.15. Desinfección

La norma (INAA, 1999, pág. 91) recomienda hipocloración para capacidades menores de 1 kg/día y caudales menores de 130 gpm como máximo 8.20 l/s.

Se calculó la cantidad de cloro a utilizar para la desinfección mediante la ecuación 27, (INAA, 1999, pág. 92) la cual corresponde a 0.54 l/día de hipoclorito al 130%

el cual se diluyó al 1.5% aplicado a 4.68 litros de agua limpia equivalente a una dosis de 2.1 mg/L, dichos datos están descritos en la tabla 21. De la solución se aplicarán 97.5 gotas/min aplicado en 16 horas. La desinfección se inyectará directamente en la fuente para su distribución (ver plano de diseño anexo V). A continuación, se describe los cálculos para la desinfección:

$$Ca = \frac{QC}{1000}$$

$$Ca = \frac{(33.984 \text{ m}^3/d)(2.1 \text{ mg/L})}{1000}$$

$$Ca = 0.1 \text{ kg/cloro/día}$$

Tabla 21: Desinfección y aplicación de cloro

ITEMS	Cantidades	UDM
Requerimiento según la norma		
Hipocloración para capacidades menores	1	Kg/día
Caudales como máximo	8.2	L/s
Para Q del proyecto	0.588	L/s
Requerimiento	0.07	Kg/día
Concentración hipoclorito comercial	130	gr/L
Volumen necesario de hipoclorito comercial concentrado 130 gr/L	0.54	L/día
Cálculo de la capacidad		
Bombeo	16	h por día
Volumen x día	33,868.8	L
Q	33.8688	m ³ /día
(Dosis de cloro a aplicar)Concentración hipoclorito	2.1	mg/L
(Ca) Capacidad	0.07	Kg Cloro/día
Forma de aplicación		
Dilución a en:	4.68	L
Concentración de la solución de hipoclorito	1.5%	La norma dice de 1% al 3%
Aplicación de la solución de cloro	97.5	gotas/m Aplicado en 16 horas

Fuente propia

4.5. Análisis hidráulico

Para el análisis hidráulico en la red se realizaron los tres casos que recomienda la norma (INAA, 1999, pág. 44), para un sistema fuente-red- taque, los casos para este sistema son los siguientes:

CASO I. Consumo máximo horario 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 diario por medio de las líneas de conducción a la red y el tanque de almacenamiento aporta el complemento al máximo horario.

CASO II. Consumo máximo horario 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.

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.

4.5.1. Simulación de la red de distribución

El agua será suministrada directamente hacia la red por medio del bombeo para un consumo máximo horario de 0.588 l/s. Para analizar el comportamiento hidráulico de la red se dividió el sistema en 5 zonas, las cuales se detallan en la ilustración 4.

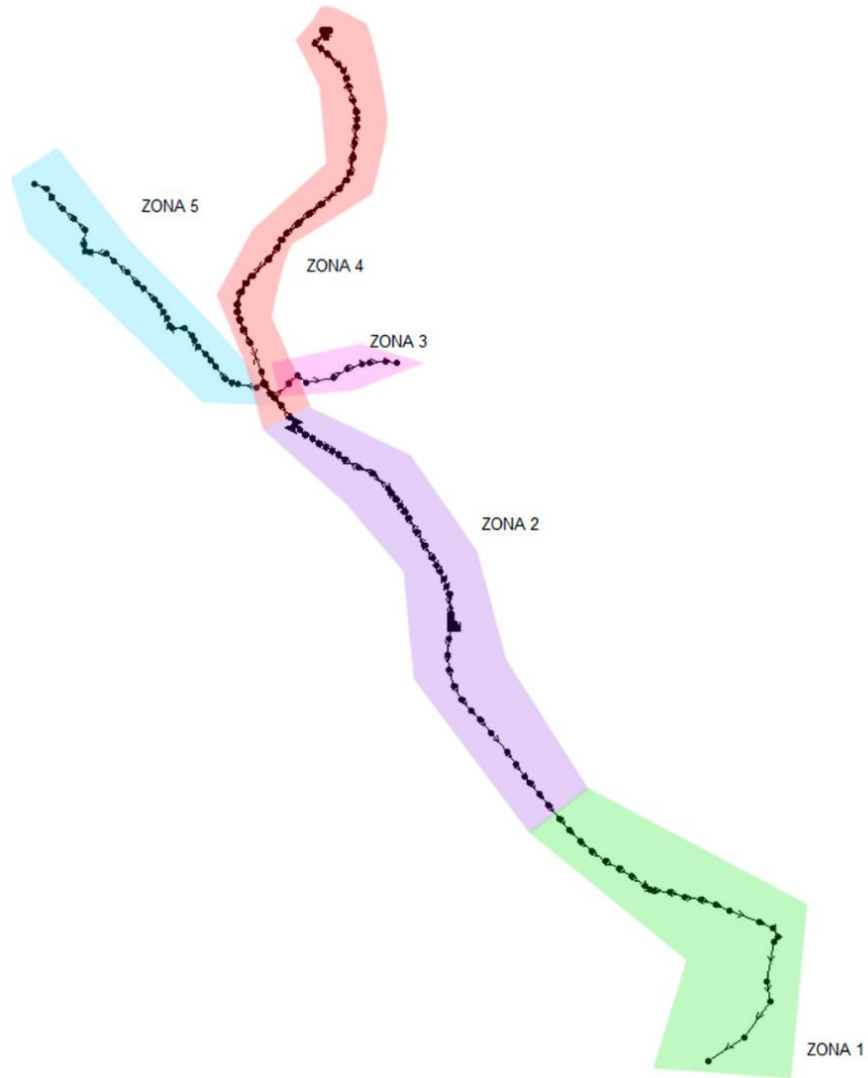


Ilustración 4: Esquema de división por zonas, comunidad Azapera

Fuente propia

Una vez definidas las zonas de servicio se procedió a ubicar los nodos concentrados, estos se ubicaron en puntos estratégicos debido a la dispersión de las viviendas, este método consistió en asignar el caudal correspondiente de acuerdo a la cantidad de viviendas proyectadas de cada zona, en total se ubicaron 8 nodos concentrados como se indica en ilustración 5 y los datos del caudal proporcionado para cada nodo están detallado en la tabla 22.

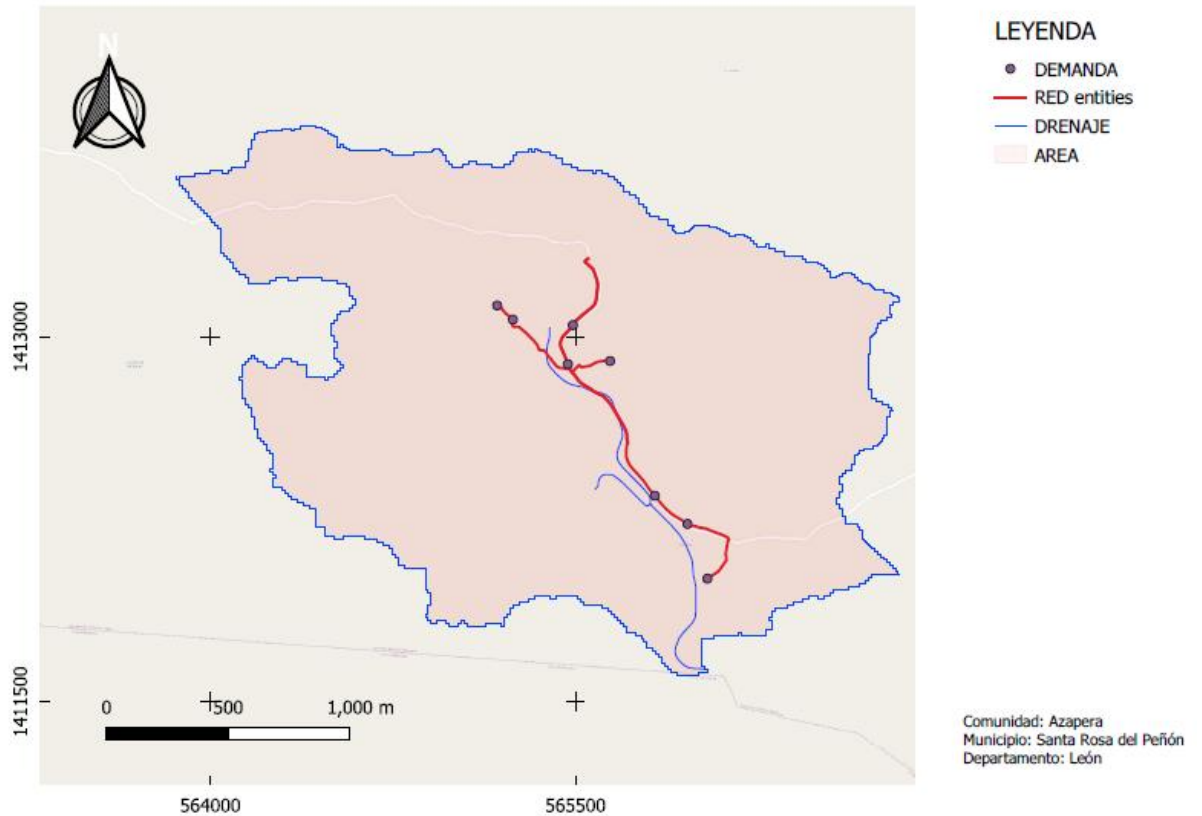


Ilustración 5: Nodos concentrados, red de distribución comunidad Azapera

Fuente propia

Tabla 22: Nodos concentrados en la red de distribución

	VIVIENDAS	%	CAUDAL L/S	NODO
ZONA 1	6	7%	0.0400	Rd126
	8	9%	0.0500	Rd141
ZONA 2	8	9%	0.0500	Rd
ZONA 3	15	17%	0.1000	4Ld74
ZONA 4	5	6%	0.0300	Rd195
	22	25%	0.1500	Rd205
ZONA 5	14	16%	0.0900	Ld108
	10	11%	0.0700	Ld102
TOTAL	88	100%	0.588	

Fuente propia

El sistema fue diseñado como fuente-red- tanque, compuesta por una línea principal de tuberías PVC-SDR26 de 1 1/2” conformada por las Zonas 1, 2 y 4 con una longitud total de 1,813m como se observa en la ilustración 4.

También se diseñaron dos ramales secundarios, detallados en ilustración 4 correspondientes a la Zona 3 y zona 5 con el mismo diámetro de la tubería principal con longitudes de 177.62m y 428.5m respectivamente (ver anexo V).

Se analizó el comportamiento hidráulico del sistema mediante la aplicación EPANET y se realizaron dos simulaciones, una para la demanda máxima horaria y la otra para la demanda cero. Se verificó que las velocidades y presiones en la red cumplan con lo establecido por la norma, tal y como se muestran los resultados a continuación.

- **Velocidades**

Según la norma la velocidad mínima debe ser de 0.4 m/s y la máxima de 2 m/s, basado en los criterios antes mencionados se observó en la línea principal que únicamente en algunos tramos de la zona 4 y zona 2 las velocidades cumplen con la norma, mientras que en las zonas 1 el criterio de velocidades no cumple, siendo el valor máximo de 0.43 m/s y un mínimo de 0.03 m/s como se observa en la tabla 23.

Tabla 23: Velocidades en la red principal de distribución

LINEA PRINCIPAL			
Velocidad (m/s)			
ZONA 1	Min.	0.03	NO CUMPLE
	Máx.	0.06	
ZONA 2	Min.	0.03	NO CUMPLE
	Máx.	0.43	CUMPLE
ZONA 4	Min.	0.12	NO CUMPLE
	Máx.	0.40	CUMPLE

Fuente propia

En los dos ramales secundarios las velocidades máximas y mínimas fueron de 0.10 m/s y 0.06 m/s respectivamente, observándose que los mismos no cumplen con los criterios establecidos en la norma como se demuestra en la tabla 24.

Tabla 24: Velocidades en las líneas secundarias

LÍNEAS SECUNDARIAS			
Velocidad (m/s)			
ZONA 3	Máx.	0.06	NO CUMPLE
	Min.	0.06	NO CUMPLE
ZONA 5	Min.	0.06	NO CUMPLE
	Máx.	0.10	NO CUMPLE

Fuente propia

Toda la red está compuesta por tubería de 1 ½", la cual es el mínimo recomendada por la norma y el caudal que transporta es pequeño, por lo cual se ubicaron válvulas de limpieza en los tramos más bajos de la red y así evitar la sedimentación en las tuberías debido a estas bajas velocidades.

- **Presiones**

En cuanto a las presiones, la norma establece un rango mínimo y máximo de 5m-50m, con relación al mencionado criterio se observaron en la línea principal presiones mínimas y máximas de 7.92 m y 47.95 m respectivamente, valores que cumplen con lo establecido en la norma, como se observa en la tabla 25.

Tabla 25: Presiones en la línea principal

LÍNEA PRINCIPAL				
ZONA 1	Nodo		Presión	CUMPLE
	Máx.	Rd126	45.6	
	Min.	Rd147	36.47	
ZONA 2	Nodo		Presión	CUMPLE
	Máx.	4	37.65	
	Min.	Rd162	32.13	
ZONA 4	Nodo		Presión	CUMPLE
	Máx.	Rd193	47.95	
	Min.	Rd226	7.92	

Fuente propia

En el caso de las líneas secundarias se observaron presiones mínimas y máximas de 13.09 m y 48.56 m respectivamente, dichos resultados cumplen con los rangos establecidos por la norma, dichos datos se detallan en la tabla 26.

Tabla 26: Presiones en las líneas secundarias

LÍNEAS SECUNDARIAS				
ZONA 3	Nodo		Presión	CUMPLE
	Máx.	3Ld66	48.56	
	Min.	3Ld70	32.53	
ZONA 5	Nodo		Presión	CUMPLE
	Máx.	5Ld84	46.85	
	Min.	5Ld108	13.09	

Fuente propia

- **Perfiles**

Como se mencionó anteriormente la línea principal está compuesta por la zona 1, zona 2 y zona 4, así mismo los dos ramales secundarios conformados por la zona 3 y zona 5. Del mismo modo se analizaron los perfiles del terreno natural, perfil de presiones y perfil de la línea piezométrica para cada zona, a su vez, se muestran

los resultados de velocidades y presiones en cada tramo, estos valores fueron extraídos del programa EPANET y se muestran a continuación:

Línea Principal

Zona 1: Tiene una longitud de 501.29 m, del punto RD126 – RD147, según se observa en ilustraciones 6, 7,8. El terreno natural posee una pendiente gradual constante como se observa en ilustración 9. En la ilustración 10 se observa perfil de presiones mínimas y máximas de 36.47m– 45.6mm respectivamente, cumpliendo con lo establecido por la norma. Se observa una gradiente suave en la línea piezométrica, debido a que el diámetro de la tubería es el mismo a lo largo del tramo manteniendo pocas pérdidas de carga por fricción a causa de las bajas velocidades como se aprecia en la ilustración 11.

- **Zona 2**

Esta zona tiene una longitud de 732 m inicia en el nodo RD147 y termina en RD191 como se observa en ilustración 12, 13,14, 15, 16 y 17. El terreno natural es irregular con la presencia de dos colinas a lo largo del eje de la línea de la tubería como se observa en la ilustración 18. Se obtuvieron presiones mínimas y máximas de 32.13 m a 47.95 m, cumpliendo con la norma, como se muestra en ilustración 19. Se ubicaron dos válvulas de rotura de carga en los nodos RD163 y RD179 como se puede observar la variación de altura en el perfil de altura piezométrica, ilustración 20.

- **Zona 4**

Tiene una longitud de 580 m, inicia en el nodo RD192-RD227, como se muestra en las ilustraciones 21, 22 ,23 y 24 respectivamente. En perfil del terreno natural se observó que la pendiente es gradual constante, como se presenta en ilustración 25. Además, se presentan las presiones a lo largo del tramo, la presión mínima fue de 7.92m y la presión máxima 47.95m como se muestra en la ilustración 26 La línea de altura piezométrica como se observa en ilustración 27, continúa con

una gradiente pequeña ya que el diámetro de la tubería es el mismo y a las bajas velocidades en el tramo.

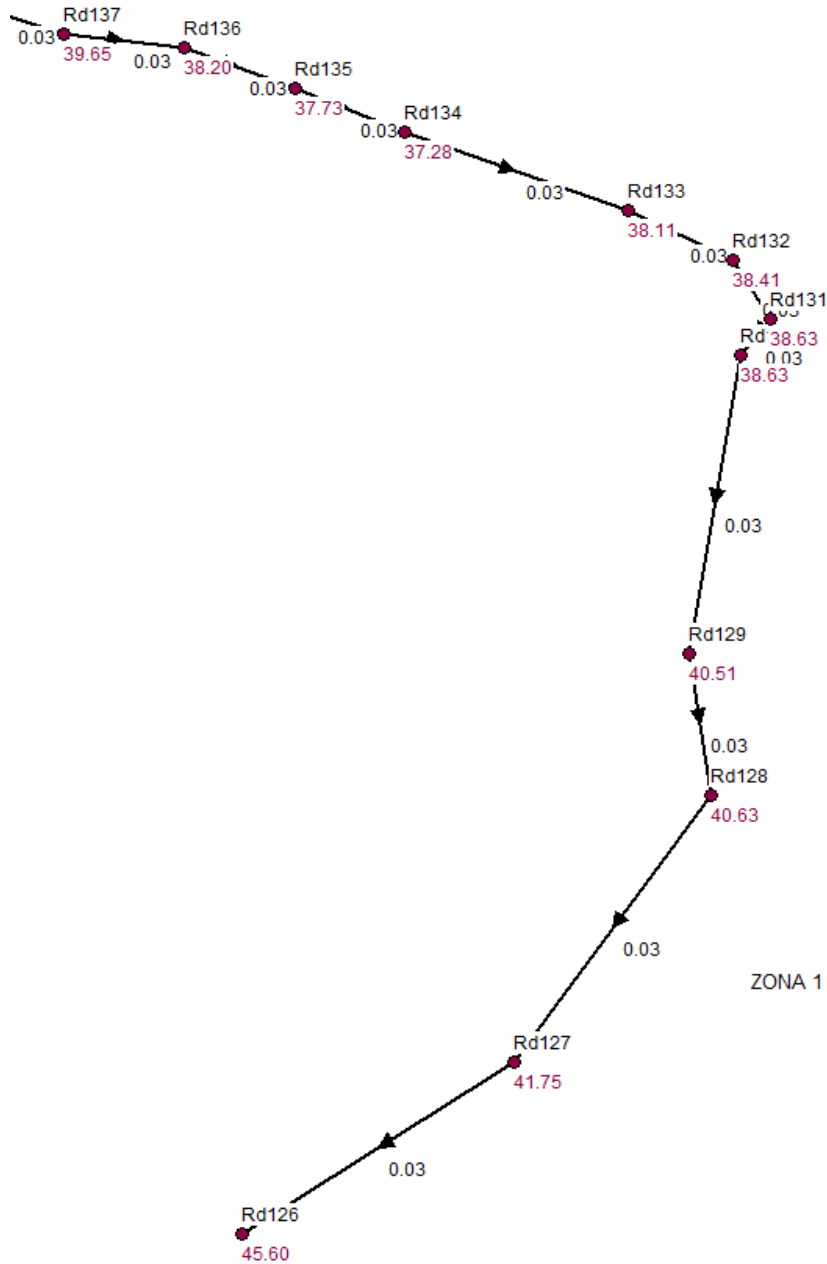


Ilustración 6: Presiones y velocidades, Zona 1 nodo RD126-RD137

Fuente: EPANET

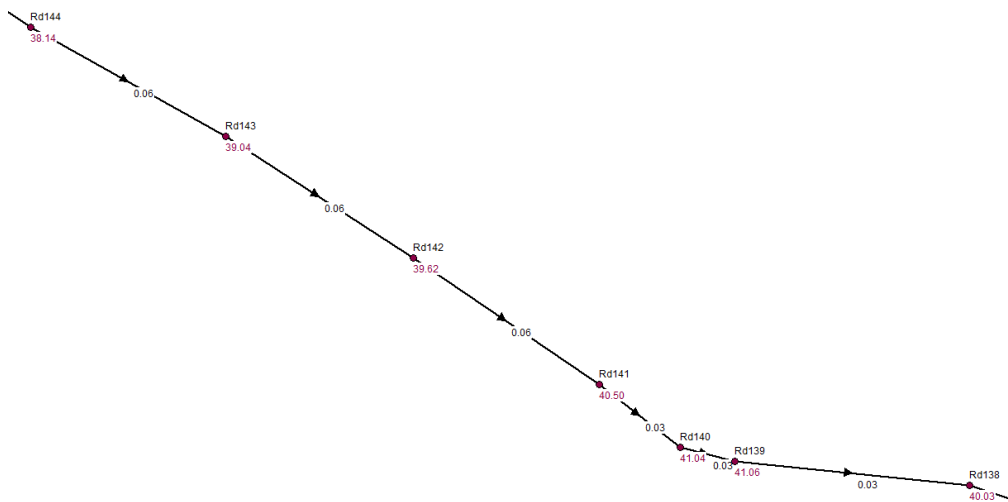


Ilustración 7: Presiones y velocidades, Zona 1 nodo RD138-RD144

Fuente: EPANET

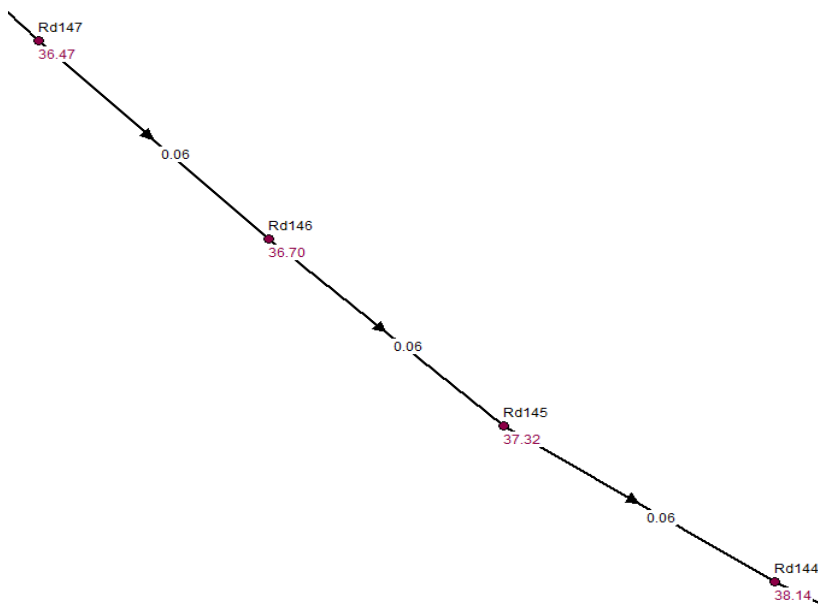


Ilustración 8: Presiones y velocidades, Zona 1 nodo RD144-RD147

Fuente: EPANET

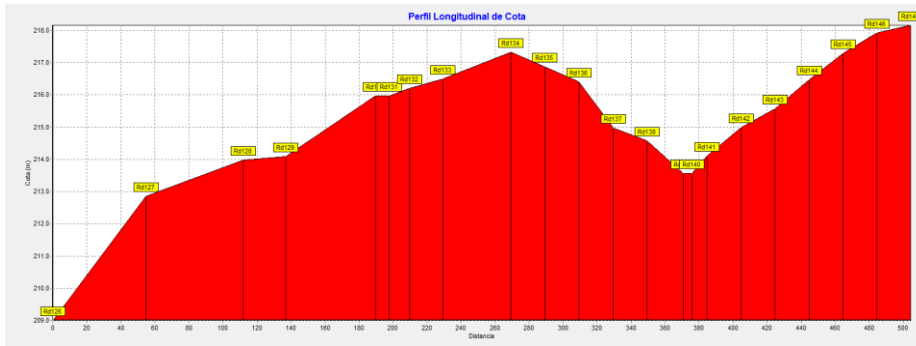


Ilustración 9: Perfil del terreno natural, Zona 1

Fuente: EPANET

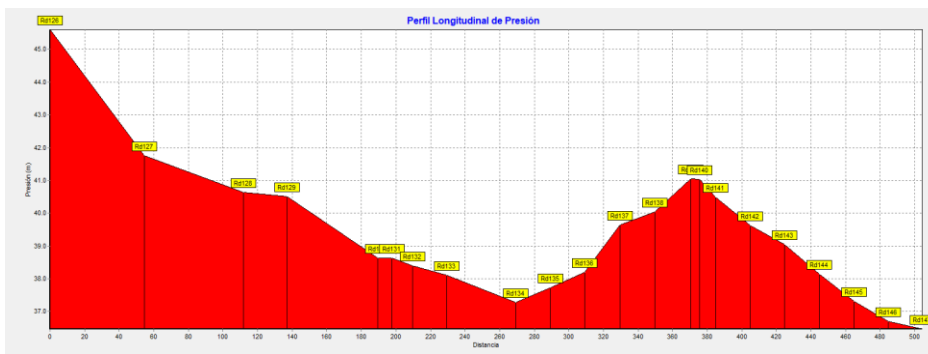


Ilustración 10: Perfil de presiones en la red de distribución, Zona 1

Fuente: EPANET

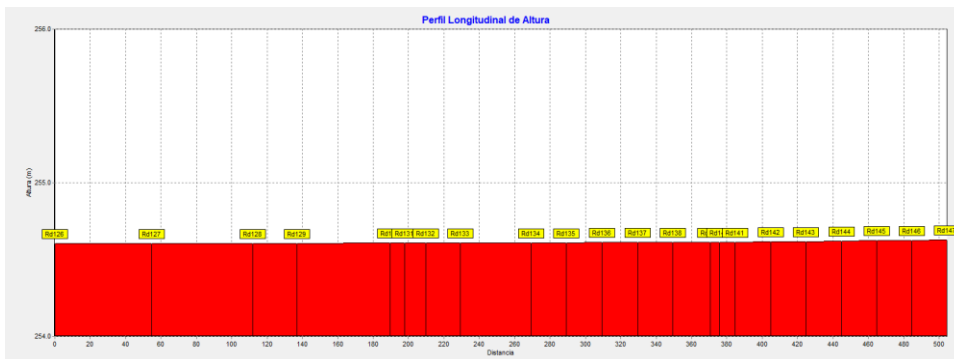


Ilustración 11: Línea piezométrica en la red de distribución, Zona 1

Fuente: EPANET

- **Zona 2**

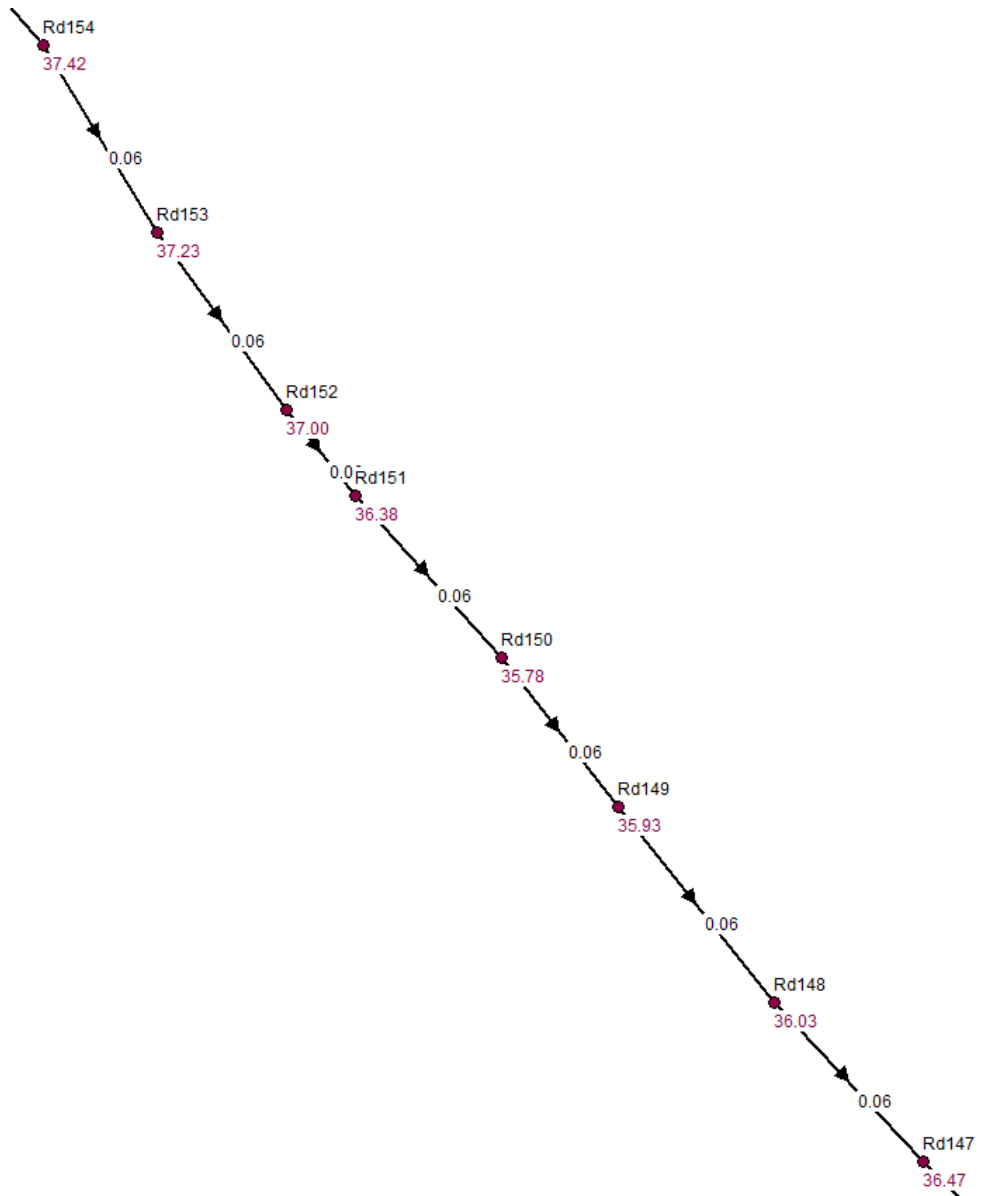


Ilustración 12: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD147- RD154

Fuente: EPANET

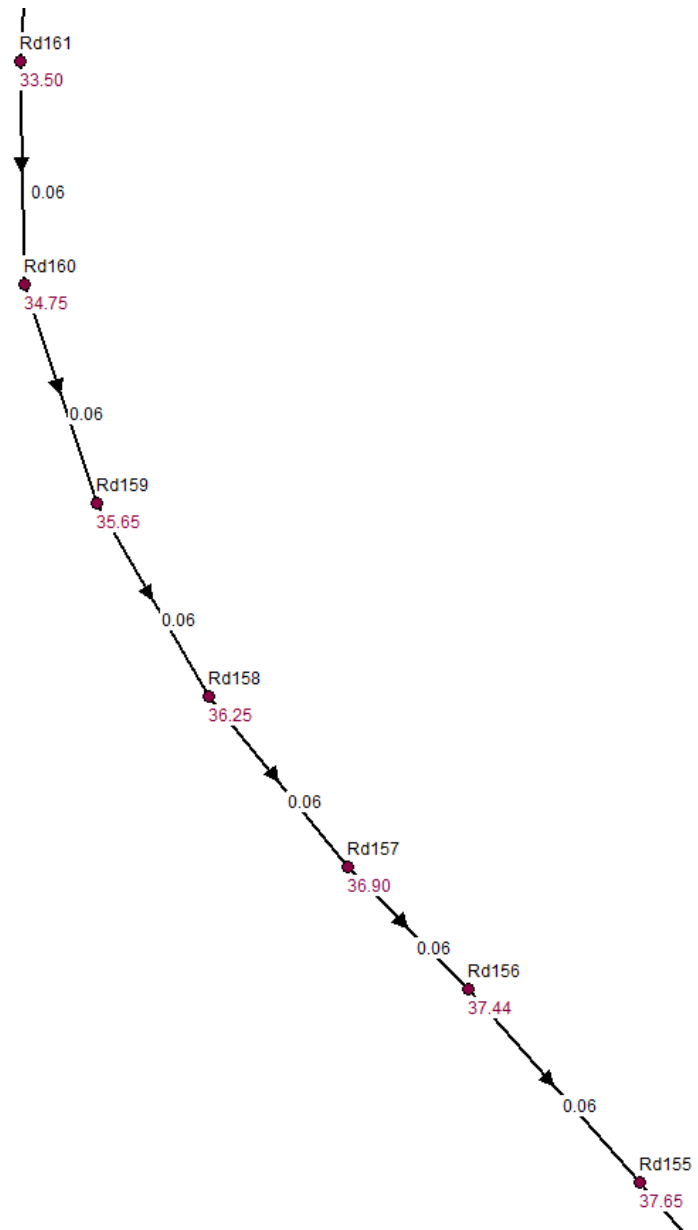


Ilustración 13: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD155- RD161

Fuente: EPANET

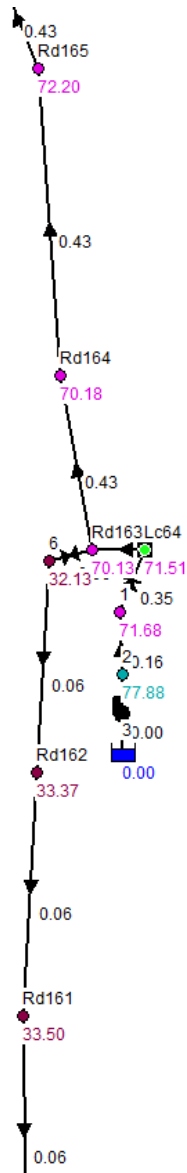


Ilustración 14: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD161- RD165

Fuente: EPANET

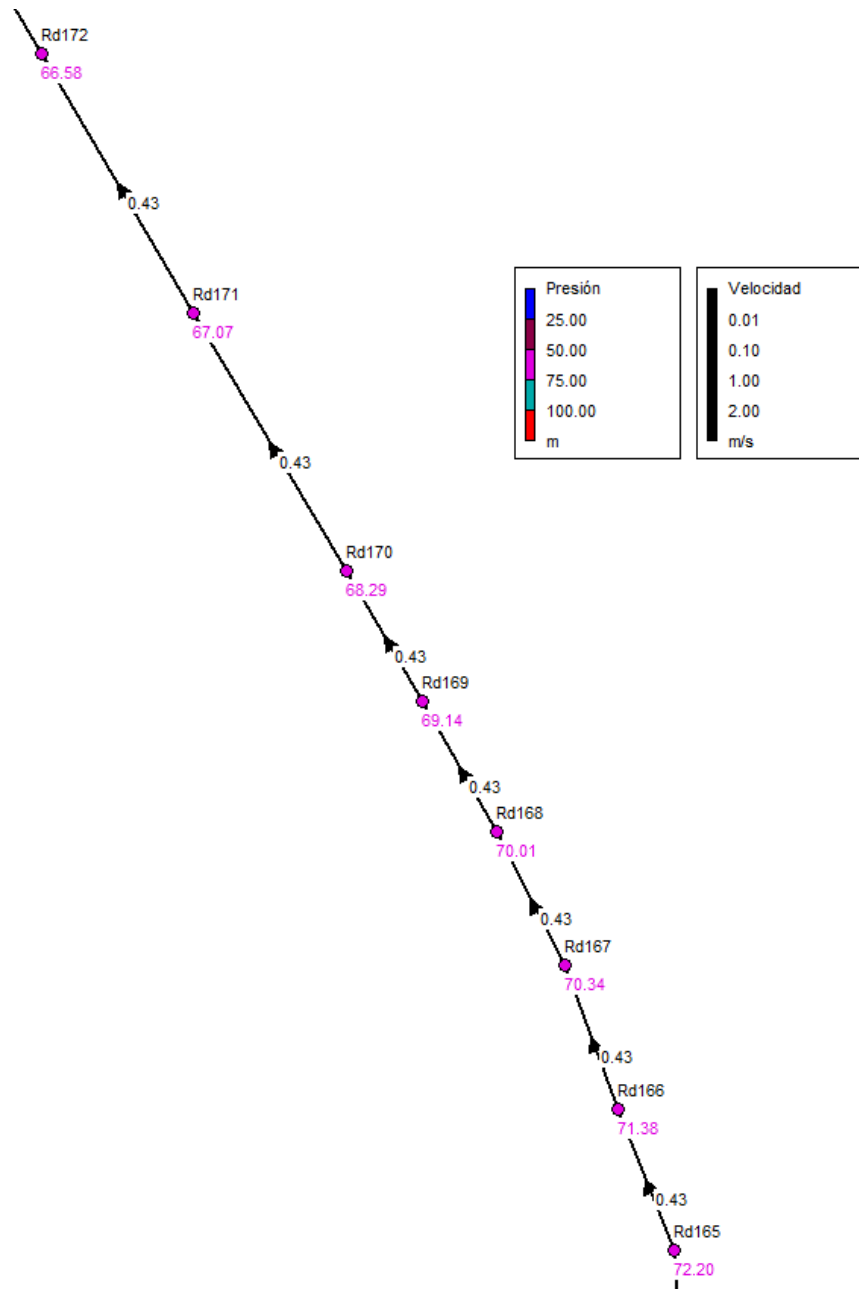


Ilustración 15: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD165- RD172

Fuente: EPANET

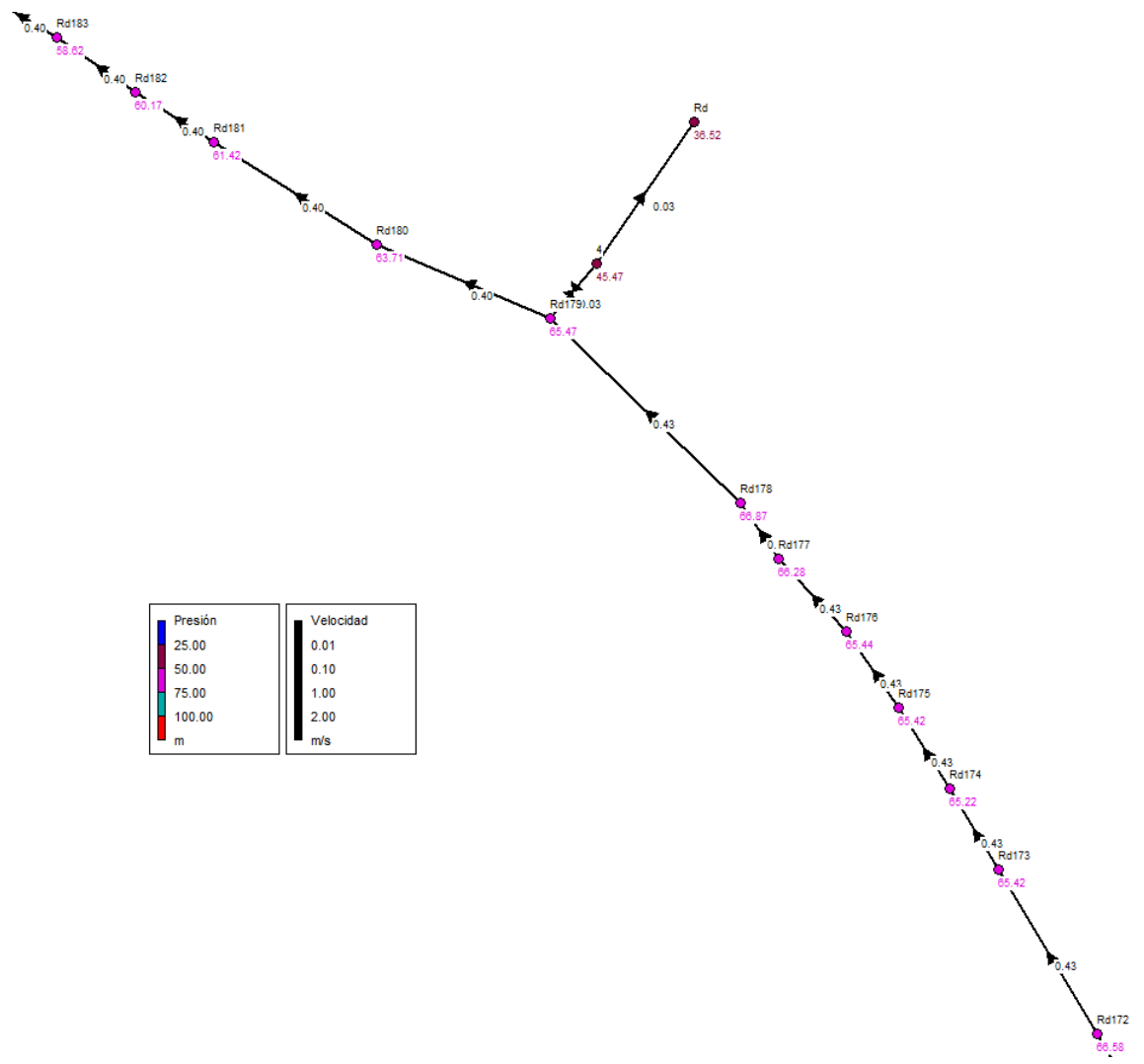


Ilustración 16: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD172-RD183

Fuente: EPANET

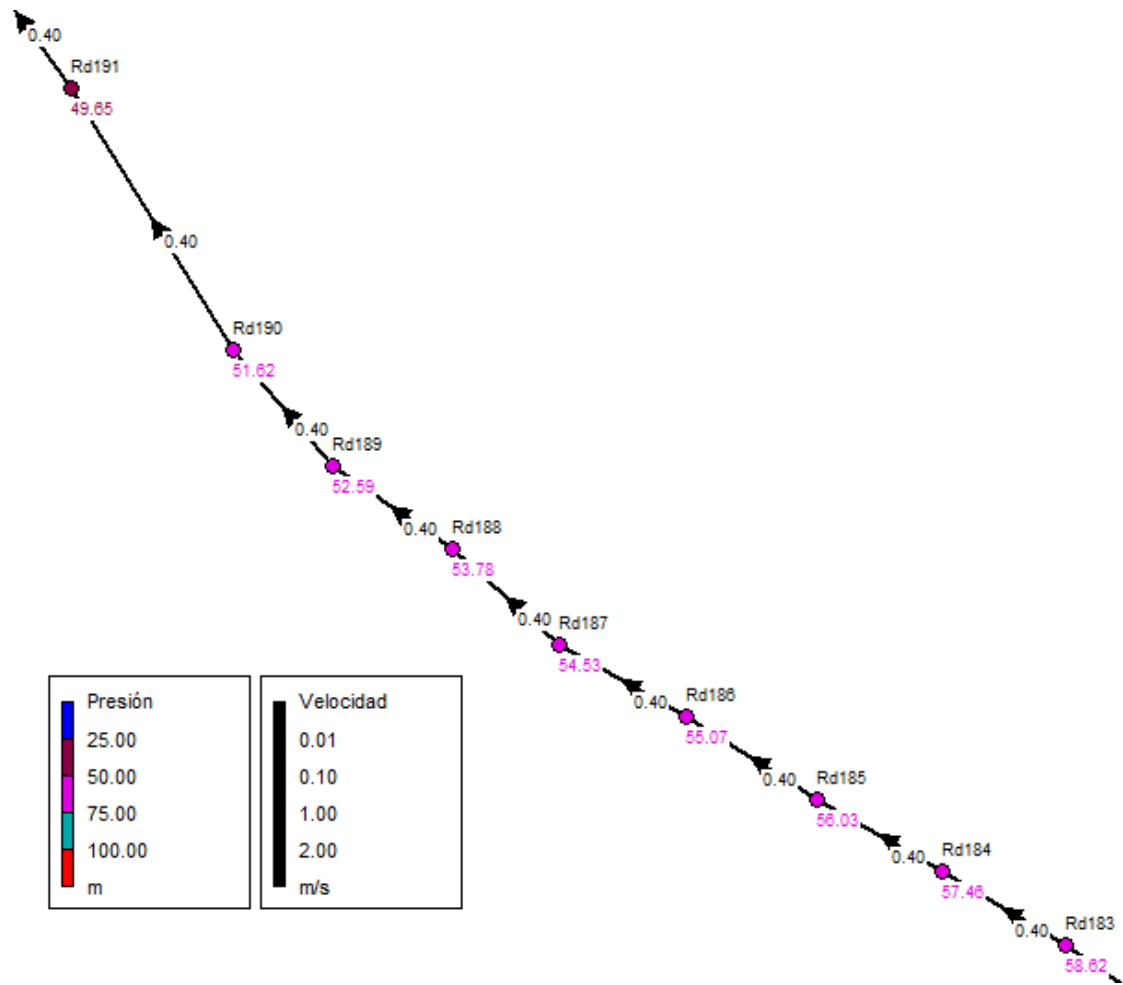


Ilustración 17: Presiones y velocidades, Zona 2 nodo RD179-RD191

Fuente: EPANET

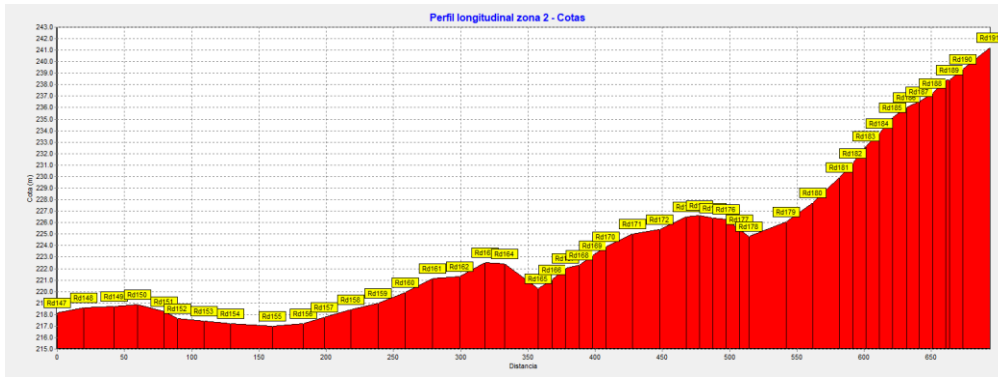


Ilustración 18: Perfil del terreno natural, Zona 2

Fuente: EPANET

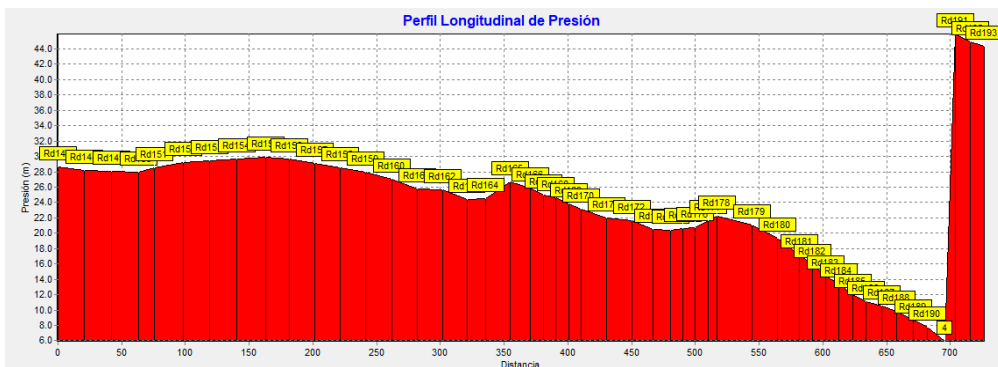


Ilustración 19: Perfil de presiones red de distribución, Zona 2

Fuente: EPANET

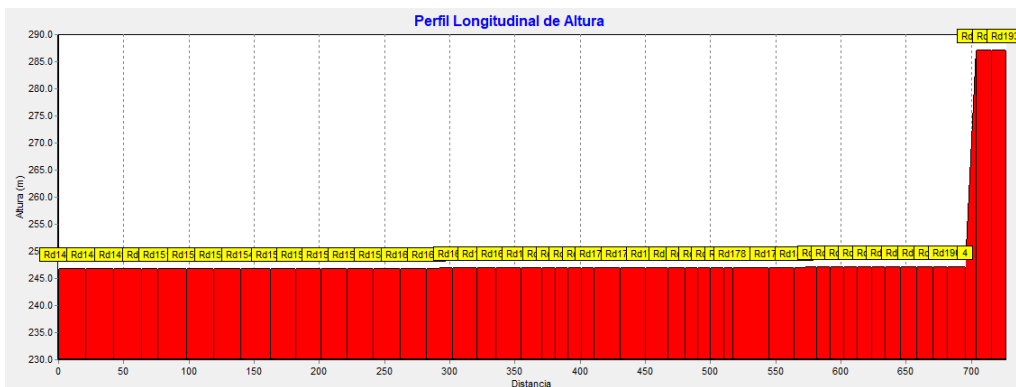


Ilustración 20: Perfil de altura piezométrica, Zona 2

Fuente: EPANET

- Zona 4

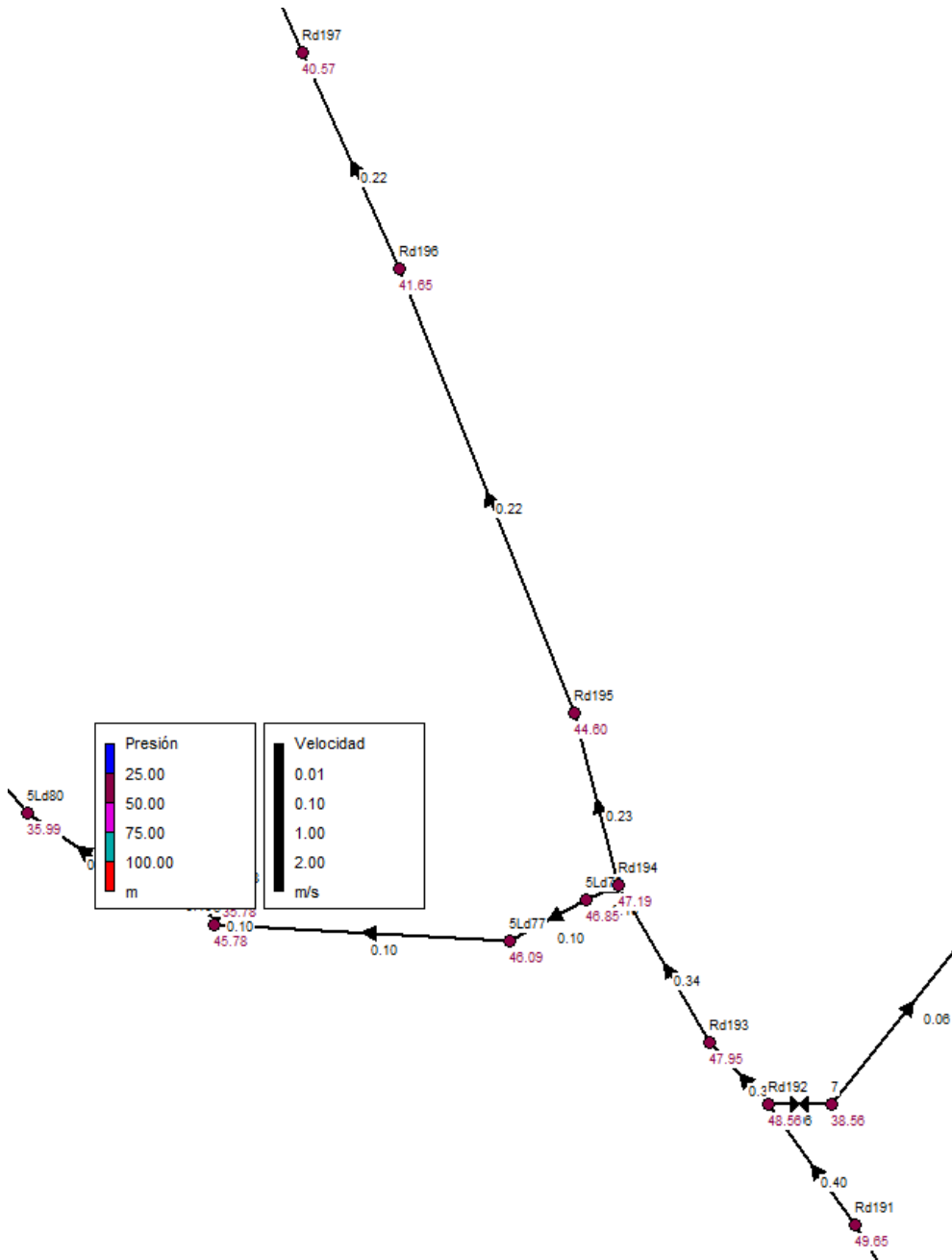


Ilustración 21: Presiones y velocidades, Zona 4 nodo RD192-RD197

Fuente: EPANET

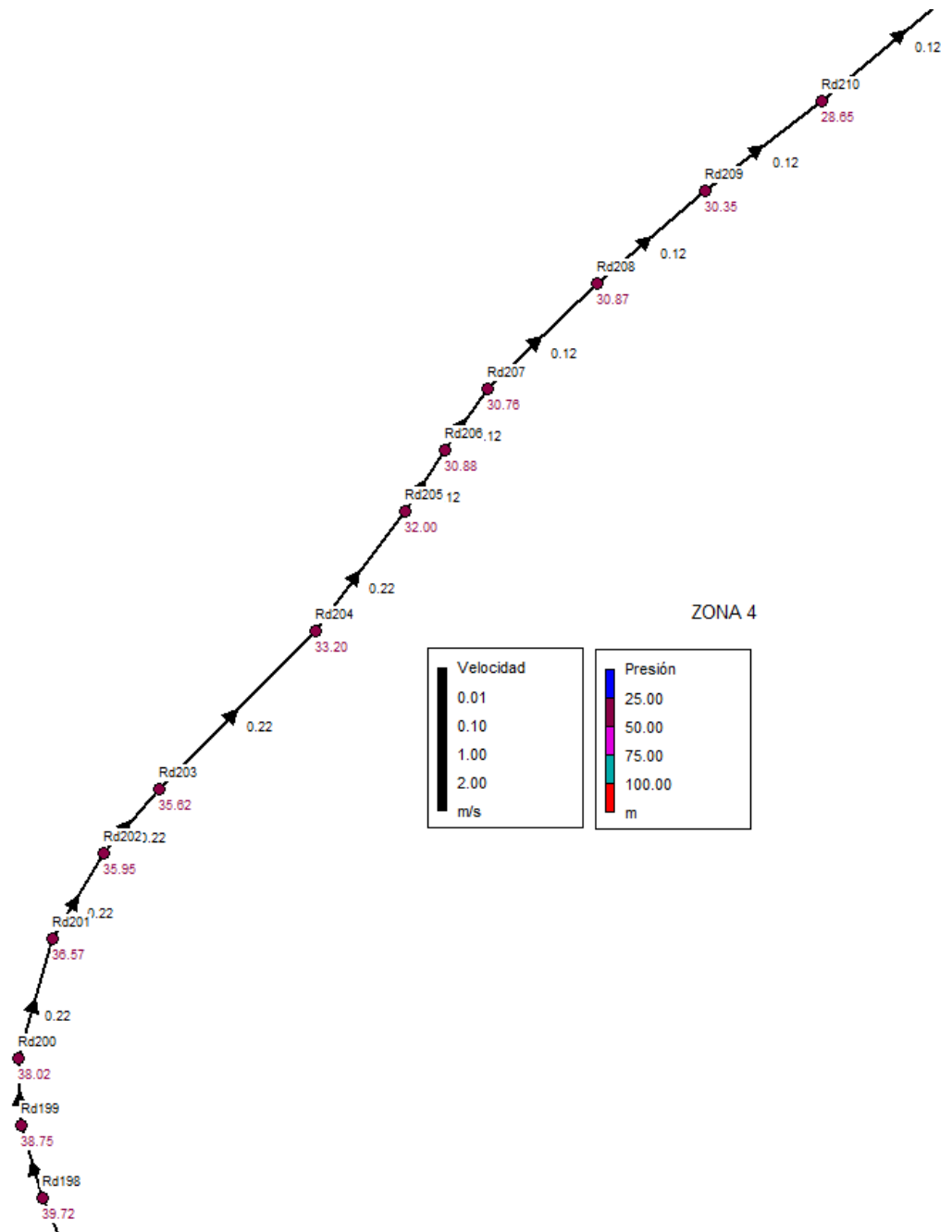


Ilustración 22: Presiones y velocidades, Zona 4 nodo RD198-RD210

Fuente: EPANET

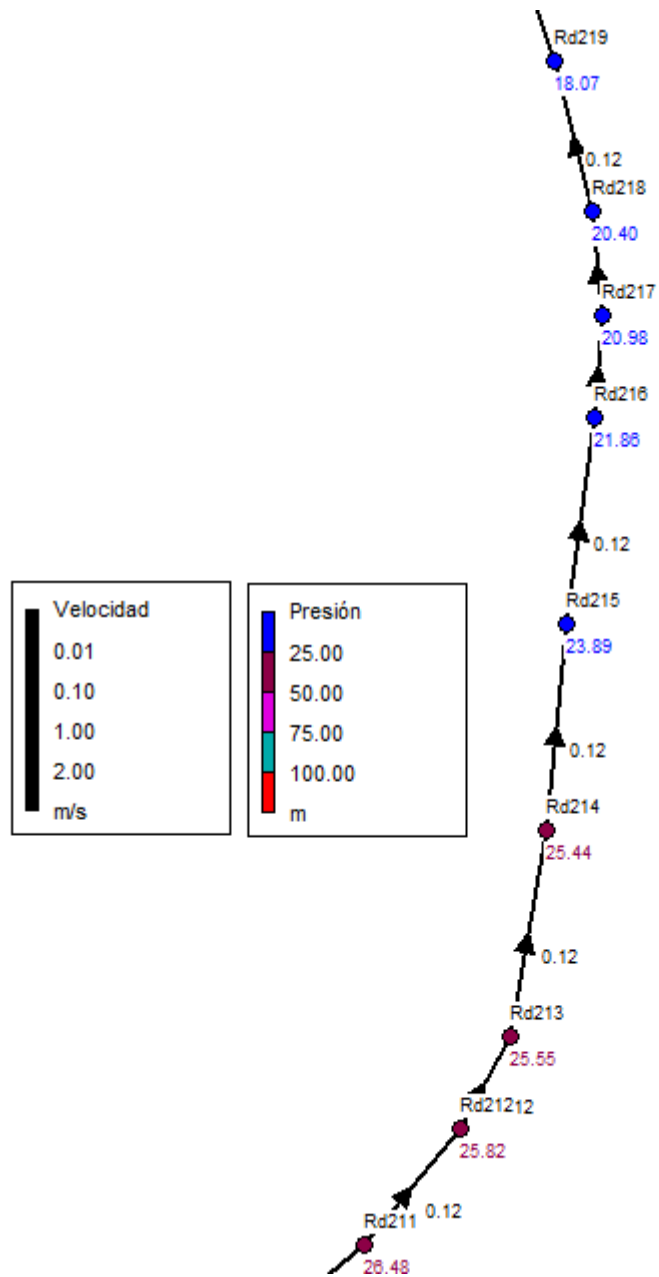


Ilustración 23: Presiones y velocidades, Zona 4 nodo RD211-RD219

Fuente: EPANET

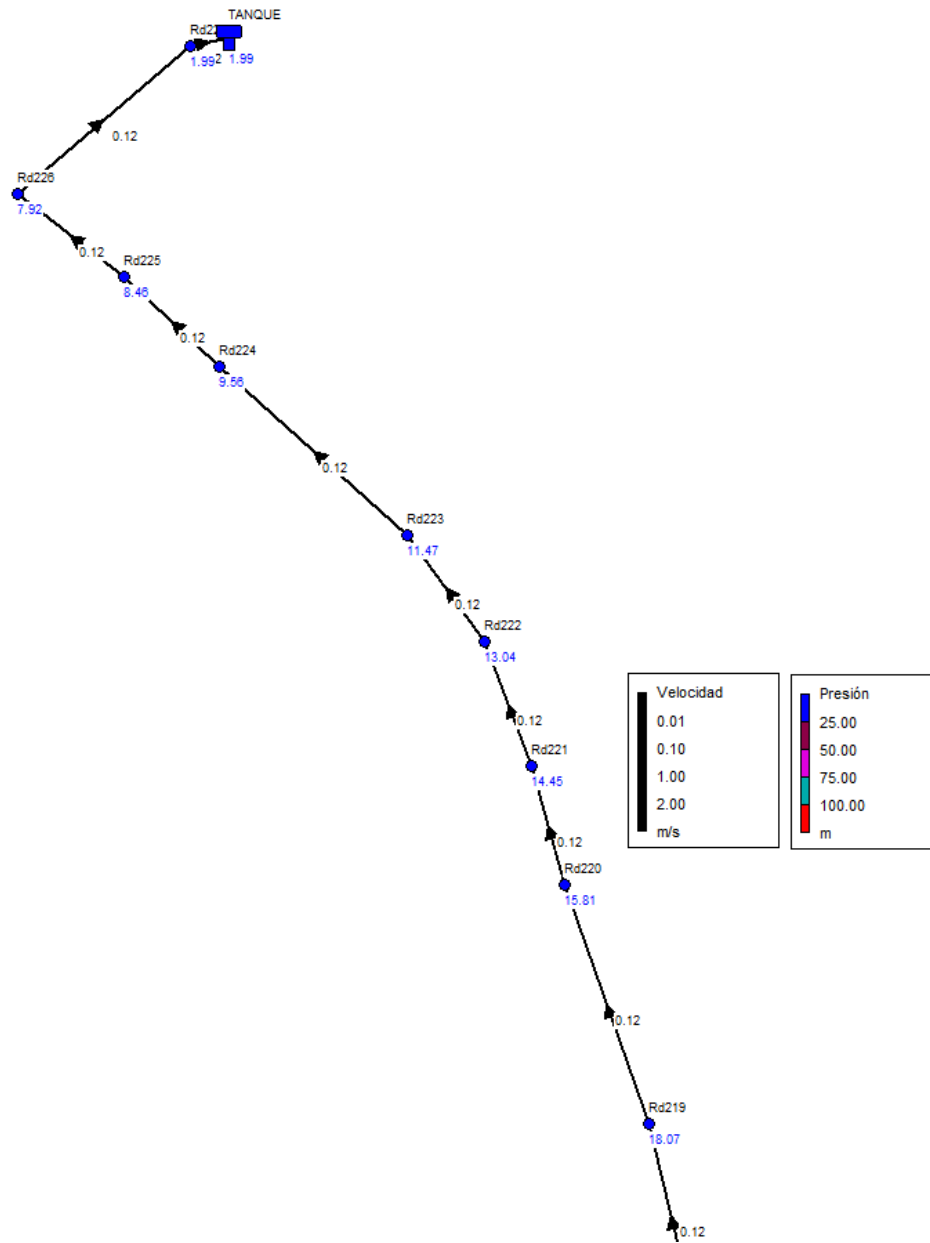


Ilustración 24: Presiones y velocidades, Zona 4 nodo RD220-RD227

Fuente: EPANET

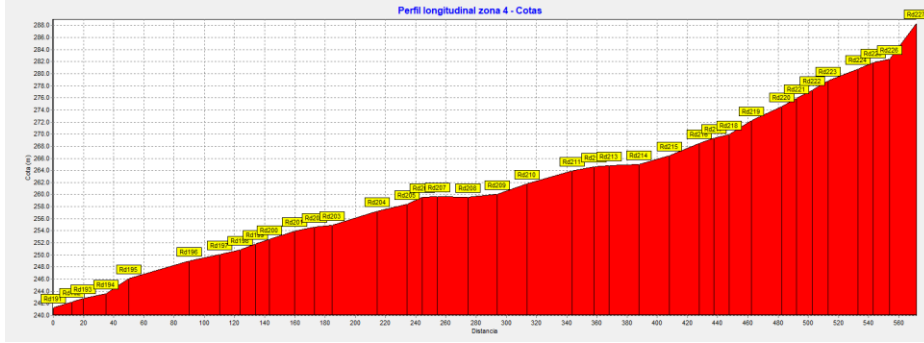


Ilustración 25: Perfil del terreno natural, Zona 4

Fuente: EPANET

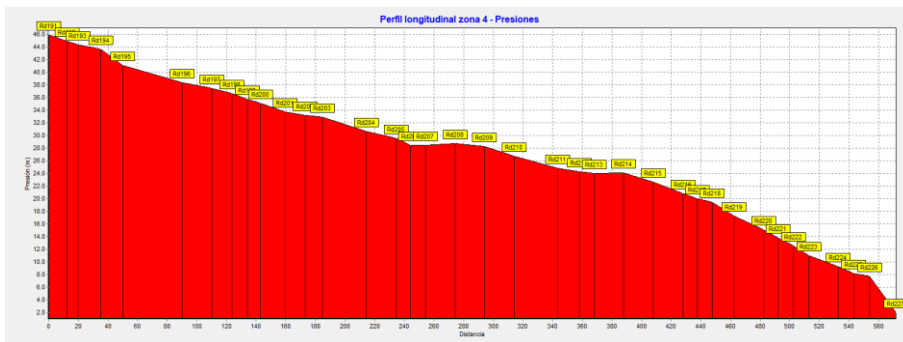


Ilustración 26: Perfil de presiones, Zona 4

Fuente: EPANET

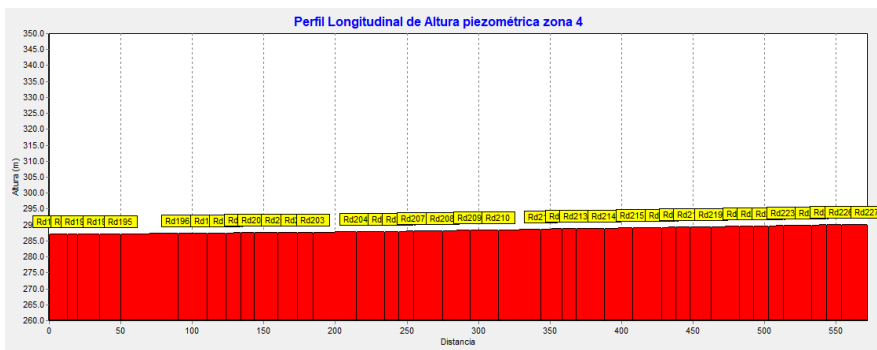


Ilustración 27: Perfil de línea piezométrica, Zona 4

Fuente: EPANET

Líneas secundarias

- **Zona 3**

Esta zona tiene una longitud de 177.62m inicia en el nodo RD192 y termina en 3LD74, como se observa en la ilustración 28. Se observa que el terreno es irregular con presencia de una colina con pendiente pronunciada, tal y como se muestra en la ilustración 29. Se presentan presiones de 32.53 m a 48.56 m, reflejado en ilustración 30 cumpliendo con lo establecido por la norma, para esto se colocó una válvula de rotura de carga en el nodo RD192 el perfil de la altura piezométrica se observa una pendiente suave debido a las bajas velocidades y el diámetro de la tubería es el mismo a lo largo del tramo, como se observa en la ilustración 31.

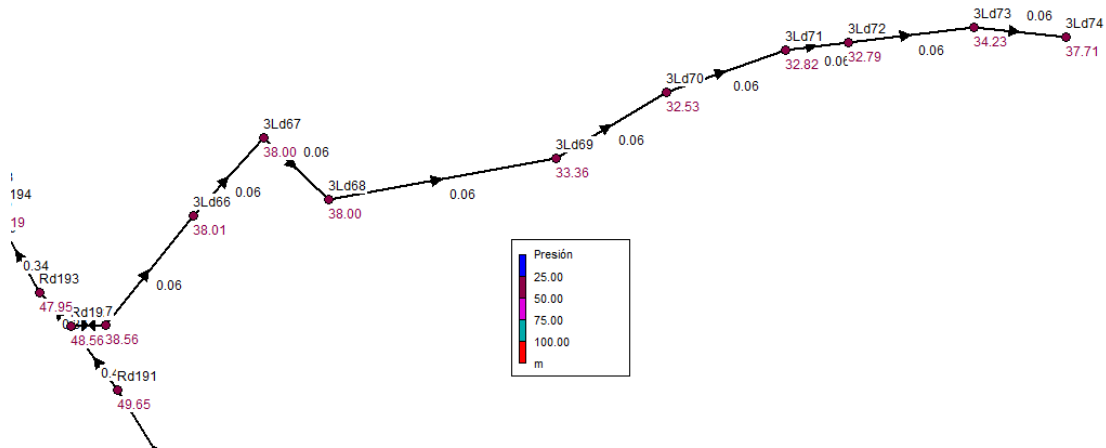


Ilustración 28: Presiones y velocidades, Zona 3 nodo RD192-3LD74

Fuente: EPANET

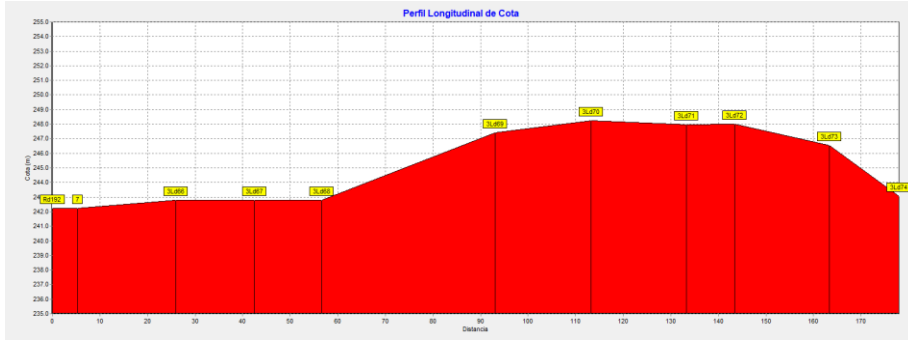


Ilustración 29: Perfil de terreno natural Zona 3

Fuente: EPANET

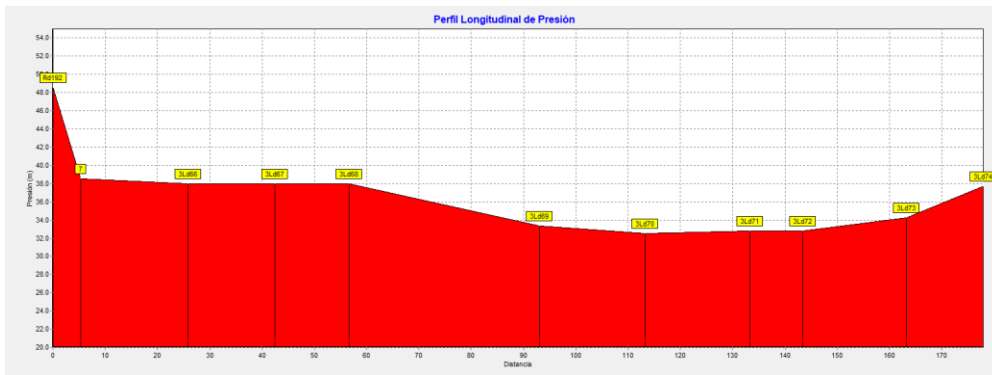


Ilustración 30: Perfil de presiones, Zona 3

Fuente: EPANET

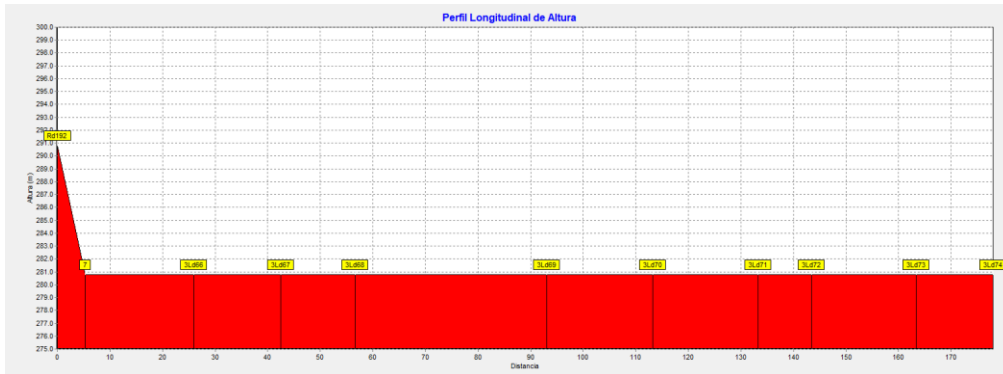


Ilustración 31: Perfil de altura piezométrica, Zona 3

Fuente: EPANET

- **Zona 5**

Tiene una longitud de 428.50 m, del punto RD194 – 5LD108, según se observa en ilustración 32, 33.

El terreno natural es irregular con una pendiente muy pronunciada con la presencia de una quebrada que cambia significativamente la pendiente en el resto del tramo, tal como se observa en ilustración 34. En la ilustración 35 se observa perfil de presiones mínimas y máximas de 19.47 m – 47.74 m respectivamente, cumpliendo con lo establecido por la norma, para lograr dichos valores se ubicó una válvula de rotura de carga en el nodo RD 5Ld78. Se observa una gradiente suave en la línea piezométrica, como se aprecia en la ilustración 36, debido a las pocas pérdidas de carga por fricción ya que el diámetro de la tubería es el mismo a lo largo del tramo.

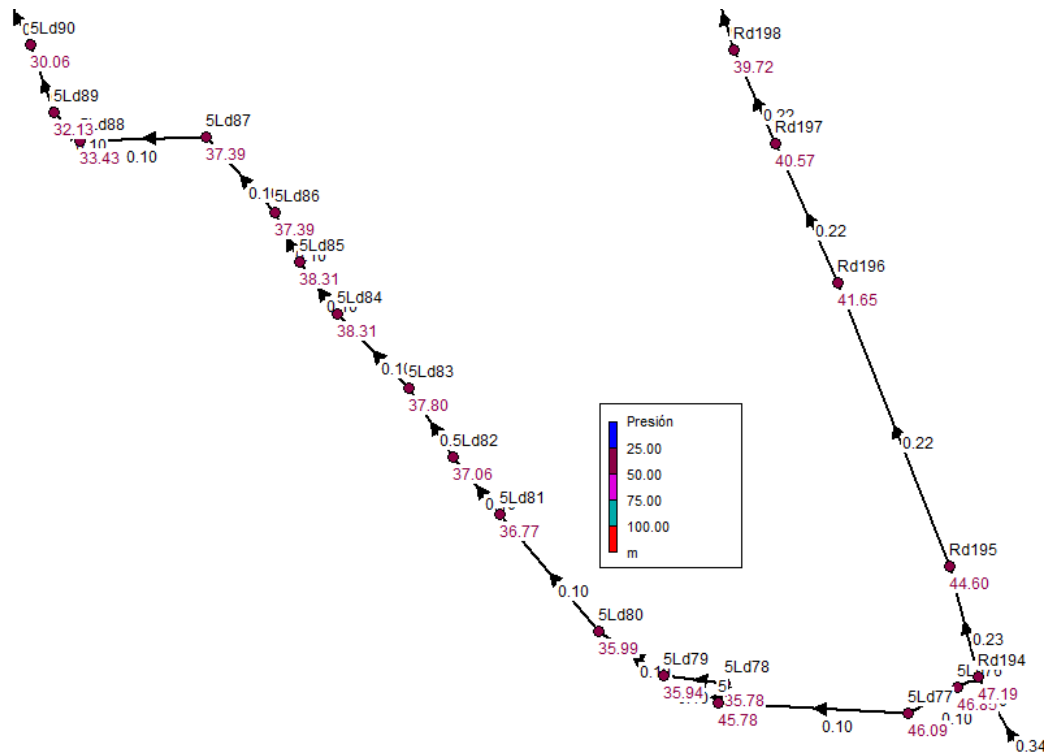


Ilustración 32: Presiones y velocidades, Zona 5 nodo RD194-5LD83

Fuente: EPANET

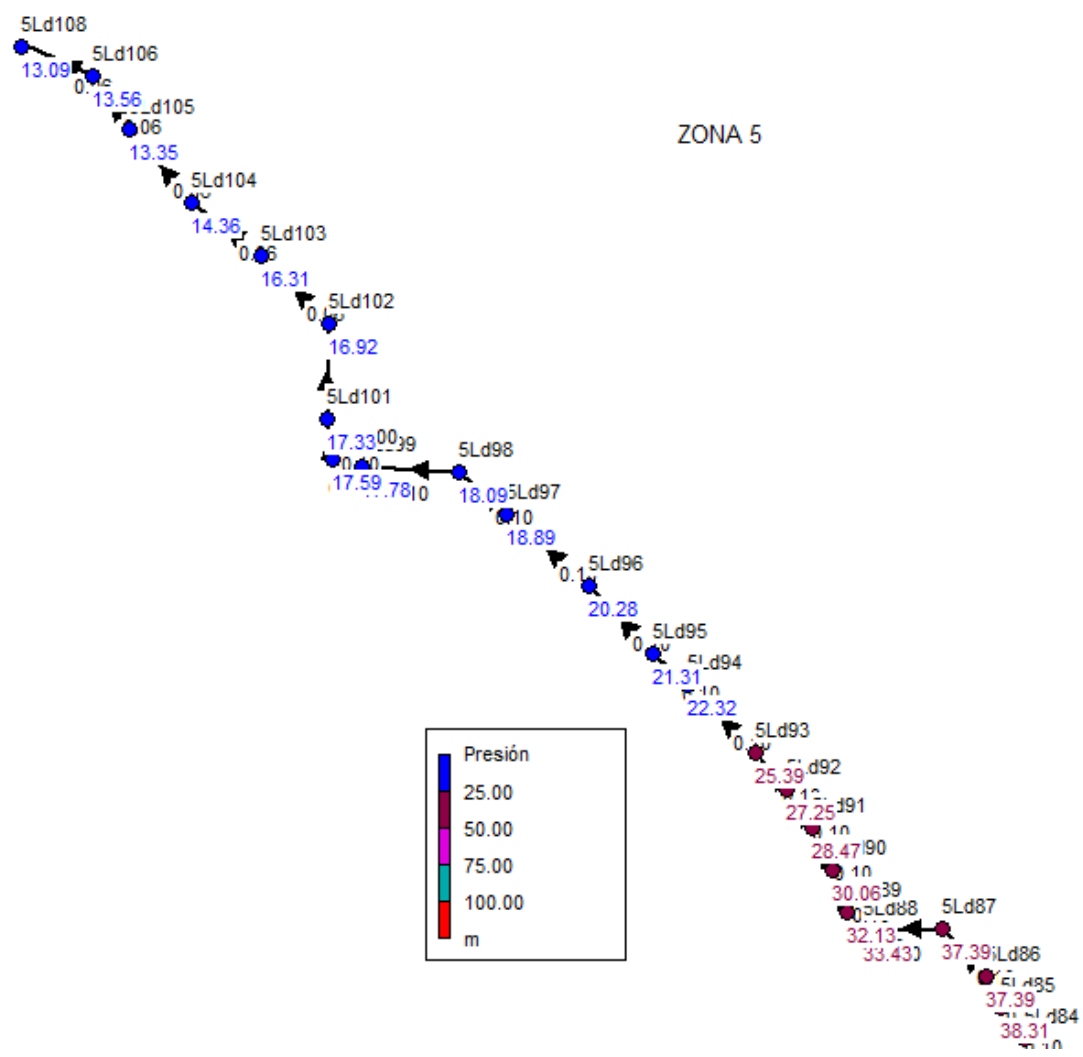


Ilustración 33: Presiones y velocidades, Zona 5 nodo 5LD84-5LD108

Fuente: EPANET

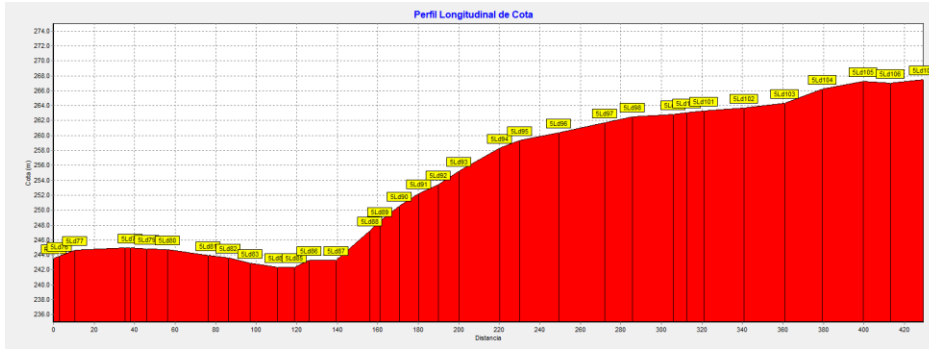


Ilustración 34: Perfil de terreno natural Zona 5

Fuente: EPANET

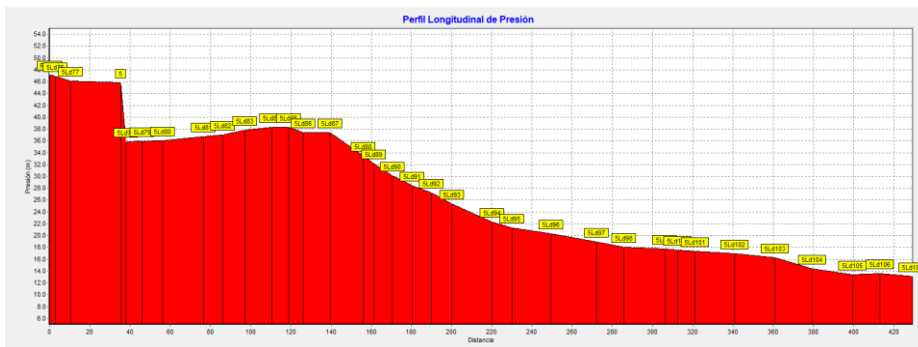


Ilustración 35: Perfil de presiones, Zona 5

Fuente: EPANET

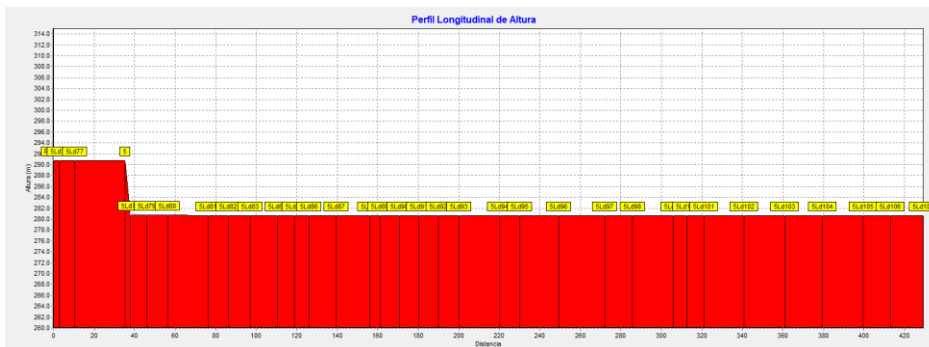


Ilustración 36: Perfil de altura piezométrica, Zona 5

Fuente: EPANET

- **Demanda cero**

Se analizó la demanda cero en el sistema de abastecimiento de agua potable en condiciones extremas de cero consumos; con la finalidad de comprobar que las presiones en los nodos no excedan los 50 metros, con valores de 7.91 m el mínimo en toda la red y el máximo de 49.07 m lo cual en todos los tramos de la red cumplen con este parámetro y se muestran a continuación en las ilustraciones 37, 38 y 39.

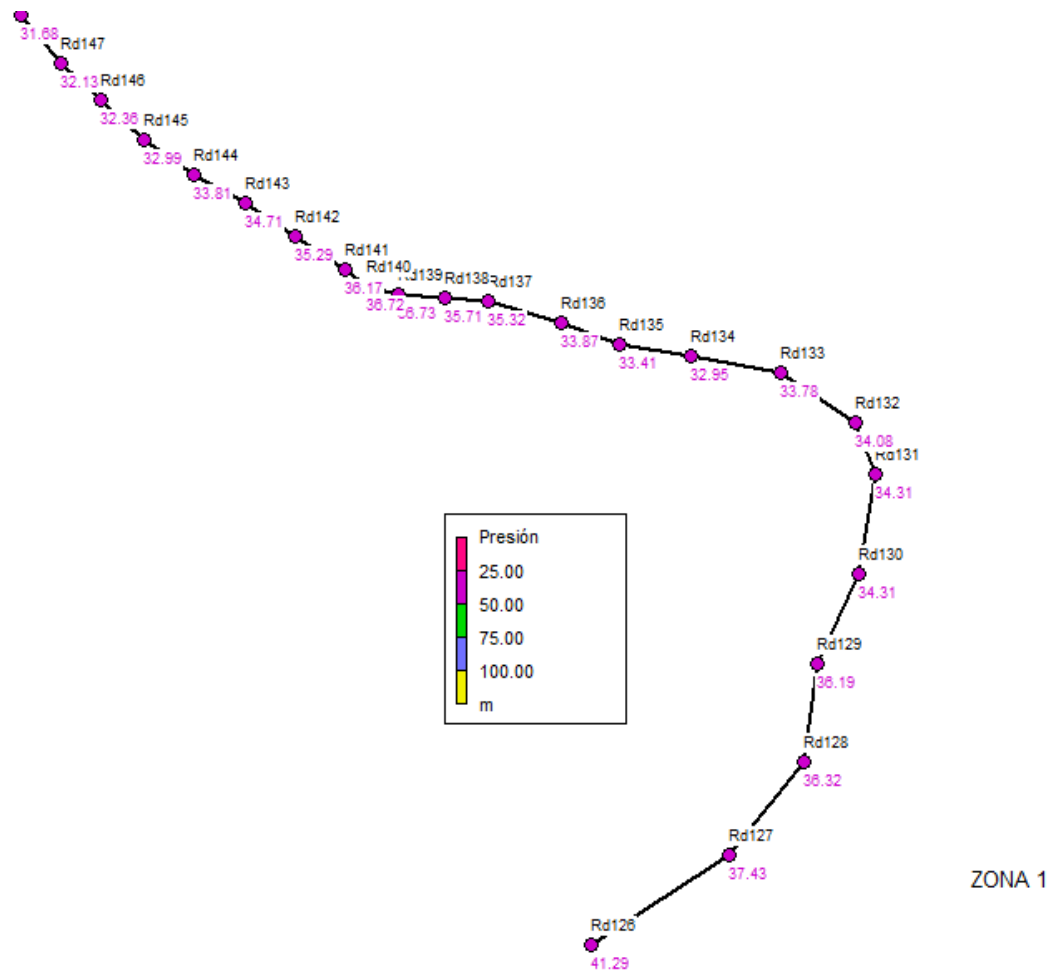


Ilustración 37: Presiones en el sistema con demanda cero, zona 1

Fuente: EPANET

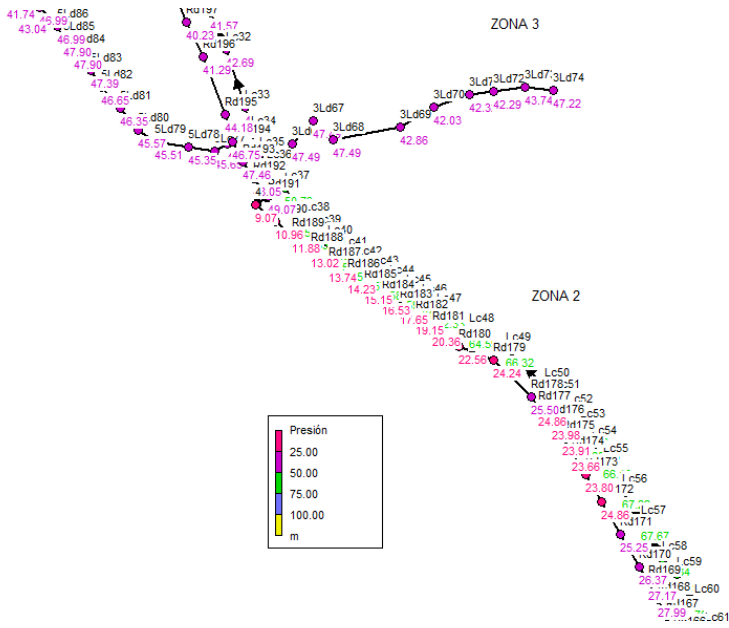


Ilustración 38: Presiones en el sistema con demanda cero, zona 2 y 3

Fuente: EPANET

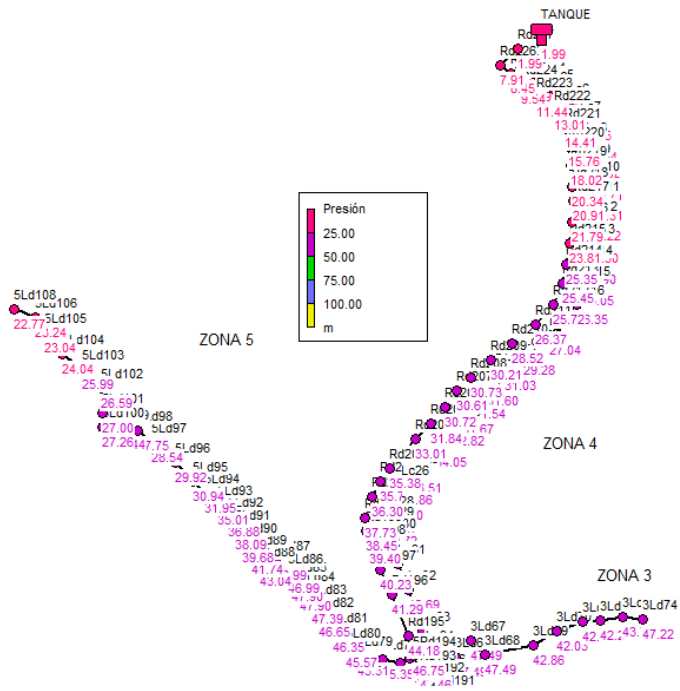


Ilustración 39: Presiones en el sistema con demanda cero, zona 4 y 5

Fuente: EPANET

4.5.2. Simulación de cloro

Se realizó la simulación con una dosis 2.1 mg/L. A continuación, se muestra el comportamiento de la concentración de cloro en la red en diferentes intervalos de tiempo:

Como se observa en la ilustración 40 que, a las 13 horas, el cloro ha llegado hasta el tanque de almacenamiento, obteniéndose un cloro residual en del nodo 5LD101 de 0.69 mg/l. A las 16 horas el tanque empieza a distribuir a la red, encontrándose una concentración mínima de 0.59 mg/l

Para concluir a las 24 horas en la red se encuentra una concentración mínima de 0.21 mg/l.

Por ende, se puede concluir que dichos resultados se encuentran en el rango permisible de la norma, en la cual el cloro residual debe permanecer en los puntos más alejados de la red y deberá ser 0.2-0.5 mg/l después del período de contacto (INAA, 1999, pág. 88). Todos estos datos se ven reflejados en la ilustración 41, donde se muestra las horas de máximo y mínimo consumo en la red, observándose el máximo consumo de las 4 a las 12 horas que va decreciendo hasta las 16 horas.

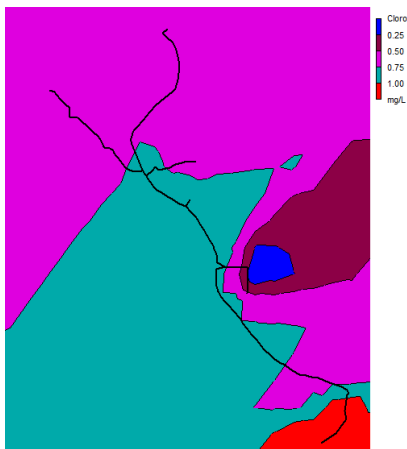


Ilustración 40: Simulación de cloro a las 8 horas

Fuente: EPANET

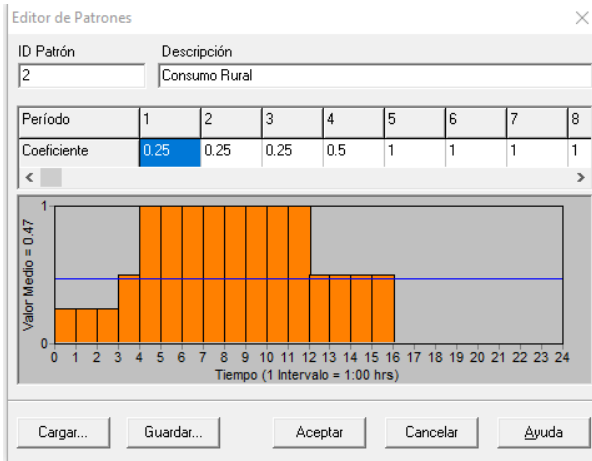


Ilustración 41: Horas de máximo y mínimo consumo en la red

Fuente: EPANET

4.6. Conexiones domiciliarias

El número total de conexiones domiciliarias equivalen a 53 viviendas, 2 iglesias y una escuela, las cuales se diseñaron con diámetros de media pulgada, medidores de consumo, válvulas de compuerta para el control de flujo y una caja de protección, todo según como lo establece la norma, tal y como se muestra en los planos de diseño anexo V.

4.7. Propuesta de saneamiento

En cuanto a saneamiento en la comunidad Azapera, se reemplazará 27 letrinas que se encuentran en mal estado y la construcción de 9 letrinas en las viviendas donde carecen de este sistema, para un total de 36 unidades. Las letrinas serán del tipo foso seco o convencional y se rigen a los parámetros establecidos por la norma para su construcción (ver plano de diseño anexo V).

4.8. Presupuesto

El presupuesto del Sistema de abastecimiento se realizó en el programa Microsoft Excel, siguiendo el catálogo de etapas y sub etapas emitido por el FISE, dando como resultado un monto para la realización del proyecto de C\$1,910,864.78. Estos datos se ven reflejados en anexo IV.

En cuanto al saneamiento, para la realización de las 36 unidades que demanda la comunidad el presupuesto dio como resultado un monto de C\$684,884.95 (ver anexo IV).

V. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad Azapera, municipio de Santa Rosa del Peñón, departamento de León, se siguió una serie de procedimientos los cuales se basaron en la norma de saneamiento básico rural NTON 09002-99, emitida por el INAA, por lo que con respecto a los objetivos planteados se concluye lo siguiente:

- Se encontró que el terreno de la comunidad es irregular, con pendientes pronunciadas y cotas que variaron de 209 m a 288.296 m, con un desnivel de 79.296 m.
- Debido a que la alcaldía no tenía suficientes fondos para la realización del análisis de calidad de agua, fueron gestionados con fondos propios, Según los resultados, el agua es apta para el consumo humano y los parámetros físicos – químicos – bacteriológicos cumplen con lo establecido por la norma CAPRE, a excepción de la turbidez y el flúor, para los cuales se recomendó darle el debido tratamiento.

En cuanto al aforo de la fuente se optó por utilizar los datos recopilados en 2018 año de perforación del pozo y justificar estos datos mediante un estudio de los niveles estáticos de los pozos existentes que corroboró que la fuente podrá abastecer la demanda futura de la comunidad.

- El sistema funciona como una red abierta de PVC SDR26 de 1 ½” con una longitud total de 2419.14m, que debido a las características de relieve se colocó en el diseño cuatro válvulas de rotura de carga, para cumplir con las presiones recomendadas por la norma, no obstante, las velocidades en la mayor parte de los tramos fueron inferiores a la recomendada por la norma por lo que se ubicaron válvulas de limpieza en los tramos más bajos de la red.
- El 17% de la población carece de servicio sanitario y el 61% de la infraestructura sanitaria está en mal estado, siendo un riesgo para la salud.

- La inversión para la ejecución del MABE es de C\$1,910,864.78
- La inversión para la ejecución del saneamiento es de C\$684,884.95

5.2. Recomendaciones

- Que se conforme un CAPS en la comunidad que garantice la gestión de una tarifa para asegurar la operación y mantenimiento del sistema de agua potable a lo largo de los veinte años de vida útil.
- Debido al relieve irregular se recomienda una inspección permanente en la red de tuberías especialmente en el período lluvioso donde pudieran existir deslizamientos o erosión de la cubierta de la tubería.
- Gestionar la compra de una planta generadora de energía en caso que la comunidad tenga problemas con la suspensión del servicio de energía eléctrica.
- Gestionar la compra de equipos para el tratamiento del agua con el propósito de reducir los valores de turbidez mediante una planta de tratamiento y para bajar los niveles del flúor se recomienda utilizar un mineral llamado hidroxiapatita que es utilizado en muchos países debido a su bajo costo y fácil adquisición y así lograr que estos parámetros cumplan con la normativa CAPRE.
- La gestión de materiales para mejorar y construir nuevas letrinas.
- Mantenimiento permanente a través de las válvulas de limpieza para evitar la sedimentación en la tubería debido a las bajas velocidades de flujo.
- Realizar los cobros mensuales por el servicio de agua potable.

Bibliografía

AMPIÉ URBINA, D. J., & MASIS LORENTE, A. A. (2017). PROPUESTA DE DISEÑO HIDRÁULICO A NIVEL DE PRE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DE LA COMUNIDAD PASO REAL, MUNICIPIO DE JINOTEPE, DEPARTAMENTO DE CARAZO. MANAGUA.

BELLIDO, A. (2004). MANUAL DE PERFORACIÓN MANUAL DE POZOS Y EQUIPAMIENTO CON BOMBAS MANUALES. LIMA: OPS/CEPIS.

LUNA, L., & MARTÍNEZ, A. (2012). MENÚ DE OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COSTA CARIBE. MANAGUA: REPÚBLICA DE NICARAGUA GOBIERNO REGIONAL AUTÓNOMOS DEL ATLÁNTICO NORTE Y SUR.

MARÍN GALVÍN, R. (2020). CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LAS AGUAS. CÓRDOBA: EMACSA.

NIELSEN, K. (2021). MANUAL DE INGENIERÍA SP. MADRID: GRUNDFOS.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). (2011). GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO. GINEBRA: ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD 2018.

ORTIZ MASEK , G. A. (2006). EL GOLPE DE ARIETE EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE . GUATEMALA: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

PACHAS, R. (2009). EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: USO DEL GPS Y ESTACIÓN TOTAL. TRUJILLO: NÚCLEO UNIVERSITARIO RAFAEL RANGEL. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (ULA).

AGUIRRE , A. (2021). BOMBAS SUMERGIBLES CANALES. OBTENIDO DE BOMBAS SUMERGIBLES:

CASTRO, W., & GODINO, J. (2011). CONCEPTO DE MUESTRA. OBTENIDO DE PONCE.INTER.EDU:

[HTTP://PONCE.INTER.EDU/CAI/RESERVA/LVERA/CONCEPTOS_BASICOS.PDF](http://PONCE.INTER.EDU/CAI/RESERVA/LVERA/CONCEPTOS_BASICOS.PDF)

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (CEPIS). (2003). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE LETRINAS VENTILADAS DE HOYO SECO. LIMA: ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD.

CÉSAR CAJINA, J. (2015). BOLETÍN INFORMATIVO EL AGUA. MANAGUA.

CONCEPTO DE MARCO TEÓRICO. (2010). EN R. HERNÁNDEZ SAMPIERI, C. FERNÁNDEZ COLLADO, & M. D. BAPTISTA LUCIO, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN (PÁGS. 73-656). MÉXICO D.F: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

CRESWELL, J. (2009). QUALITATIVE, QUANTITATIVE, AND MIXED APPROACHES. THOUSAND OAKS: CA: SAGE.

CUERPO DE INGENIEROS DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA. (MAYO DE 2001). CALIDAD DEL AGUA. OBTENIDO DE SAM.USACE.ARMY,MIL: [HTTPS://WWW.SAM.USACE.ARMY.MIL/PORTALS/46/DOCS/MILITARY/ENGINEERING/DOCS/WRA/NICARAGUA/WRA%20SPANISH.PDF](https://www.sam.usace.army.mil/portals/46/docs/military/engineering/docs/wra/nicaragua/wra%20spanish.pdf)

DÍAZ DE LEÓN, N. (2010). POBLACIÓN Y MUESTRA. OBTENIDO DE CORE.AC.UK: [HTTPS://CORE.AC.UK/DOWNLOAD/PDF/80531608.PDF](https://core.ac.uk/download/pdf/80531608.pdf)

DIRECCIÓN GENERAL DE INVERSIONES PÚBLICAS. (2004). METODOLOGÍA DE PREINVERSIÓN PARA PROYECTOS DE AGUA Y SANEAMIENTO. MANAGUA: DIRECCIÓN GENERAL DE INVERSIONES PÚBLICAS, MINISTERIO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO.

GUIAGRO. (2016). BOMBA DE MECATE. OBTENIDO DE GUIAGRO: [HTTP://GUIAGRONICARAGUA.COM/RETAILERS/BOMBAS-DE-MECATE-S-A/](http://guiagronicaragua.com/retailers/bombas-de-mecate-s-a/)

INAA. (1999). NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA (NTON 09003 - 99). MANAGUA: INNA.

INAA. (1999). NORMATIVAS DE SANEAMIENTO BÁSICO RURAL, (NTON 09002 - 99). MANAGUA: INNA.

INAA. (2019). DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE NTON 09 007 – 19. MANAGUA: INAA.

INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR, ICFES. (1999). RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN. BOGOTÁ: ICFES.

INSTITUTO NACIONAL DE INFORME DE DESARROLLO. (2008). SANTA ROSA DEL PEÑÓN EN CIFRAS. MANAGUA: INSTITUTO NACIONAL DE INFORMACIÓN DE DESARROLLO, INIDE.

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL. (2004). NORMA TECNICA SANITARIA PARA LA INSTALACIÓN, USO Y MANTENIMIENTO DE LETRINAS SECAS SIN ARRASTRE DE AGUA. SAN SALVADOR: MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL.

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA. (2008). MANUAL PARA LA REVISIÓN DE COSTOS Y PRESUPUESTOS. MANAGUA: COREA Y ASOCIADOS S.A. (CORASCO).

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA. (2008). MANUAL PARA REVISION ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS. MANAGUA: COREA Y ASOCIADOS S.A. (CORASCO).

NORMAS JURÍDICAS DE NICARAGUA. (08 DE MARZO DE 2001). LETRINAS SANITARIAS. OBTENIDO DE EGISLACION.ASAMBLEA.GOB.NI: [HTTP://LEGISLACION.ASAMBLEA.GOB.NI/NORMAWEB.NSF/\(\\$ALL\)/67A8A07340D3BC42062573020055FDCE?OPENDOCUMENT](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($ALL)/67A8A07340D3BC42062573020055FDCE?OPENDOCUMENT)

NUEVO FISE. (2007). MANUAL DE ADMINISTRACION DEL CICLO DEL PROYECTO – MACPM . MANAGUA: NUEVO FISE.

ORELLANA, J. (2005). CARACTERISTICAS FÍSICAS DEL AGUA. OBTENIDO DEFRRO.UTN.EDU.AR:

[HTTPS://WWW.FRRO.UTN.EDU.AR/REPOSITORIO/CATEDRAS/CIVIL/ING_SANITARIA/INGENIERIA_SANITARIA_A4_CAPITULO_03_CARACTERISTICAS_DEL_AGUA_POTABLE.PDF](https://www.frro.UTN.EDU.AR/REPOSITORIO/CATEDRAS/CIVIL/ING_SANITARIA/INGENIERIA_SANITARIA_A4_CAPITULO_03_CARACTERISTICAS_DEL_AGUA_POTABLE.PDF)

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2006). GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE. GENÈVE: ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD . (2004). ANÁLISIS SECTORIAL AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE NICARAGUA. MANAGUA: ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS-OMS).

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2005). GUÍAS PARA EL DISEÑO DE ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA POTABLE. LIMA: ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD.

PINEDA, N., JAIMES , E., MEJÍAS , J., & MENDOZA, J. (ENERO DE 2004). AFORO. OBTENIDO DE SCIELO: [HTTP://VE.SCIELO.ORG/SCIELO.PHP?SCRIPT=SCI_ARTTEXT&PID=S0378-18442004000100008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000100008)

SENASBA. (2016). CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO. BOLIVIA: SENASBA.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. (2004). COSTOS III. JALISCO: D.R. 2004, UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

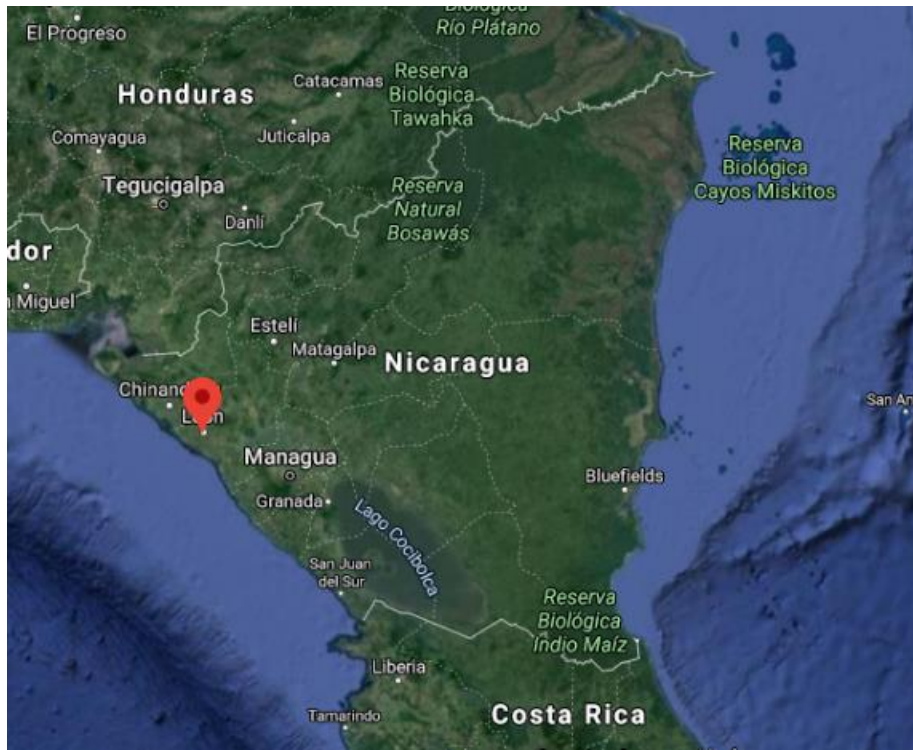
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA. (2016). COSTOS INDIRECTOS. BOGOTÁ: FAEDIS.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. (2002). MANUAL DEL USUARIO.
CINCINNATI: COPYRIGHT VERSIÓN ESPAÑOLA 2.00.08, 2.00.10, 2.00.12.

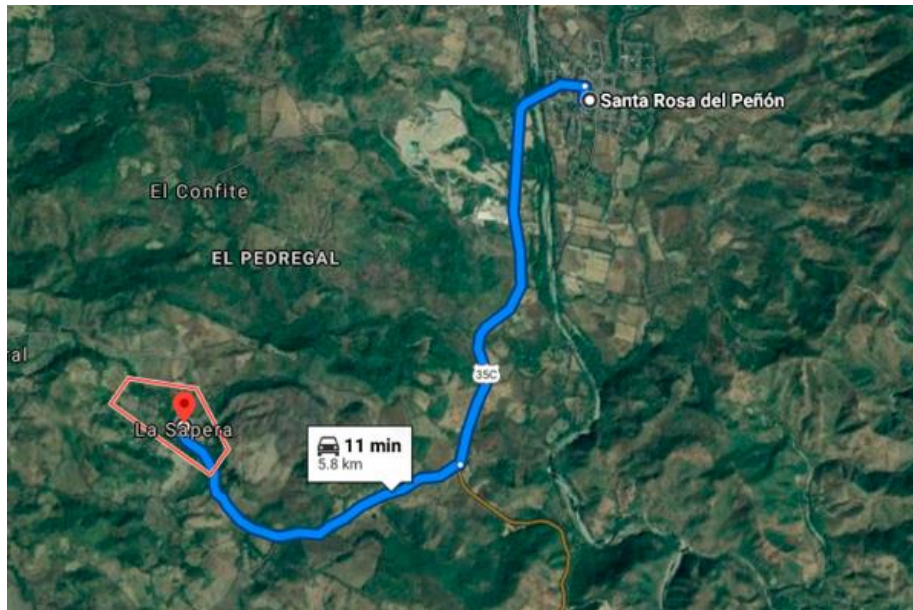
ANEXOS

ANEXO I. UBICACIÓN DEL SITIO

1.1. Macrolocalización



1.2. Microlocalización



I. CONDICIONES DE LA VIVIENDA (Preg. 2, 3, 4, marcar con X una o más repuestas)

1. La vivienda es: a) Propia_____ b) Prestada____ c) Alquilada_____
2. Las paredes son: a) Bloque____ b) Ladrillo____ c) Madera____ d) Otros_____
3. El piso es: a) Madera_____ b) Tierra____ c) Ladrillo____ d) Otros_____
4. El techo es: a) Zinc____ b) Teja ____ c) Madera____ d) Palma____
e) Otros_____
5. Cuantas divisiones tiene la vivienda: a) Tres ____ b) Dos____ c) No tiene____ 6.
- Resumen del estado de la vivienda: a) Buena ____ b) Regular____ c) Mala____

II. SITUACIÓN ECONOMICA DE LA FAMILIA

7. ¿Cuántas Personas del hogar trabajan?

Dentro de la Comunidad: H _____ M _____ Total_____

Fuera de la comunidad: H_____ M_____ Total_____

¿Cuál es el ingreso económico del mes, en este Hogar? C\$ _____

¿De cuánto fue el último pago de energía eléctrica, realizado en el hogar?

8. En que trabajan las personas del hogar?

a) Ganadería_____ b) Agricultura____ c) Jornaleros____ Otros_____

¿Cuál? _____

9. Que cultivos realizan? a) Arroz____ b) Frijoles____ c) Maíz____ d) Otros_____

10. ¿Tienen Ganado? Sí_____ No_____

Cuánto: a) Vacuno____ b) Equino____ c) Caprino_____

11. ¿Tienen animales Domésticos?

Sí_____ No_____

Cuántos: a) Cerdos____ b) Gallinas_____

12. ¿Los animales domésticos están?

a) Encerrados____ b) Amarrados____ c) Suelos_____

13. ¿Los animales domésticos se abastecen de agua en?

a) El Río____ b) Quebrada_____ c) Pozo_____

III. SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (Observar, verificar) 14.

¿Tienen Letrina?

Si_____ ¿En qué estado se encuentra?

a) Buena____ b) Regular____ c) Mala____(verificar)

No_____ ¿Estaría dispuesto/a en construir su letrina Sí_____ No_____

15. ¿Quiénes usan la Letrina?

a) Adultos_____ b) Niños/as_____ c) Otros familiares_____

16. La letrina está construida en suelo?

a) Rocoso____ b) Arenoso____ c) Arcilloso_____

17. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa?

a) La riegan____ b) La dejan correr_____ c) Tienen zanja de drenaje_____

d) Tiene filtro para drenaje_____

18. Existen charcas en el patio?

a) Si_____ (pasar # 19) b) No_____

19. ¿Cómo eliminan las charcas?

a) Drenando _____ b) Aterrando____ c) Otros_____

IV. RECURSOS Y SERVICIOS DE AGUA

20. ¿Cuentan con servicio de agua?

a) Si_____ ¿Cuál?_____ b) No_____ Como se abastecen: _____

c) ¿Cuánto pagan de agua al mes? _____

21. ¿Quién busca o acarrea el agua?

a) La mujer _____ b) El hombre _____ c) Los niños/as _____ d) Otros _____ ¿Quién? _____

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

23. ¿En qué almacena el agua?

a) Barriles _____ b) Bidones _____ c) Pilas _____

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

a) Tapados _____ b) Destapados _____ c) Como _____ (verificar)

25. La calidad del agua que consumen en el hogar, la considera:

a) Buena _____ b) Regular _____ c) Mala _____

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

a) Tiene mal sabor _____ b) Tiene mal olor _____ c) Tiene mal color _____

V. PROGRAMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RURAL (PASR)

27. ¿Conoce el Programa de Agua Potable y Saneamiento Rural del FISE?

a) Si _____ b) No _____ c) Poco _____ ¿Qué sabe? _____

28. ¿Le gustaría tener Servicio de Agua Potable en su hogar?

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

29. Cuanto estaría dispuesto/a en pagar por este servicio? (marcar una)

a) C\$ 20 a 35 _____ b) C\$ 36 a 50 _____ c) C\$ 51 a más _____ d) No estaría dispuesto/a _____ ¿Por qué? _____

VI. ORGANIZACIÓN COMUNITARIA:

30. ¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización?

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

No _____ ¿Por qué? _____

31. ¿Cuántos miembros del hogar participan en la organización comunitaria?

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

32. ¿Las personas de este hogar participarían de forma organizada, en la construcción de un proyecto de agua potable y saneamiento para su comunidad?

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

VII. SITUACION DE SALUD EN LA VIVIENDA Enfermedades padecidas por los miembros del hogar durante el pasado año (cuantos).

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

33. ¿Están vacunados los niños y niñas?

a) Si _____ b) No _____ ¿Por qué? _____

34. Las personas que habitan en esta vivienda practican hábitos de higiene como: Lavado de manos:

a) Si _____ b) No _____ c) ¿Por qué? _____

¿Hacer buen uso del Agua? a) Si _____ b) No _____ c) Por qué? _____

¿Hacer buen uso de la letrina? a) Si _____ b) No _____ c) Por qué? _____

35. Cuantos niños y niñas nacieron y/o fallecieron en este hogar, durante el año pasado?

Vivos/as: Niñas _____ Niños _____ Total _____

Fallecidos/as: Niñas _____ Niños _____ Total _____

GRACIAS

Nombre del Encuestador(a)

Nombre del Supervisor(a)

ANEXO III. CALIDAD DEL AGUA Y AFORO

NORMA CAPRE

Cuadro # 01. Parámetros bacteriológicos (a)

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras puntuales No debe ser detectado en el 95 % de las muestras anuales (c)
	Coliforme fecal	Neg	Neg	

Cuadro # 02. Parámetros Organolépticos

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C

Cuadro # 03. Parámetros Físico - Químicos

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	μS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCO ₃	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO ₃	100	
Cobre	mg/L	1.0	2.0
Magnesio	mg/L CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

Cuadro # 04. Parámetros para Sustancias no Deseadas

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Nitratos – NO ₃ ⁻¹	mg/l	25	50
Nitritos – NO ₂ ⁻¹	mg/l		(1)
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Manganeso	mg/l	0.1	0.5
Fluoruro	mg/l		0.7 - 1.5 ⁽²⁾
Sulfuro Hidrógeno	mg/l		0.05

(1) Nitritos : Valor máximo admisible 0.1 ó 3.0.

Cuadro # 05. Parámetros para Sustancias Inorgánicas Significado para la Salud

Parámetro	Unidad	Valor máximo Admisible
Arsénico	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.05
Cianuro	mg/L	0.05
Cromo	mg/L	0.05
Mercurio	mg/L	0.001
Níquel	mg/L	0.05
Plomo	mg/L	0.01
Antimonio	mg/L	0.05
Selenio	mg/L	0.01

Cuadro # 06. Parámetros para Sustancias Orgánicas de Significado para la Salud, excepto Plaguicidas

Parámetro	Valor máximo admisible (µg/l)
Alcanos Clorados	
Tetracloruro de carbono	2
Diclorometano	20
1, 1-dicloroetano	-
1,2 -dicloroetano	30
1,1,1 -tricloroetano	2000
Etenos Clorados	
Cloruro de vinilo	5
1,1 -dicloroetano	30
1,2 -dicloroetano	50
Tricloroetano	70
Tetracloroetano	40
Hidrocarburos Aromáticos	
Tolueno	700
Xilenos	500
Etilbenceno	300
Estireno	20
Benzo - alfa-pireno	0.7
Bencenos Clorados	
Monoclorobenceno	300
1,2 -diclorobenceno	1000
1,3 -diclorobenceno	-
1,4 -diclorobenceno	300
Triclorobencenos	20
Otros Compuestos Orgánicos	
di (2-etilhexil) adipato	80
di (2-etilhexil) ftalato	8
Acilamida	0.5
Epiclorohidrina	0.4
Hexaclorobutadieno	0.5
EDTA	200
Acido nitriloacético	200
Dialkitinos	-
Oxido de tributilestano	2
Hidrocarburos policíclicos aromáticos totales	0.2
Bifenilos policlorados totales	0.5

Cuadro # 07. Parámetros para Pesticidas

Parámetro	Valor máximo admisible (µg/L)
Alacloro	20
Aldicarb	10
Aldrin/Dieldrin	0.03
Atracina	2
Bentazona	30
Carofurano	5
Clordano	0.2
DDT	2
1, 2-dibromo-3,3-cloropropano	1
2,4-D	30
1,2-dicloropropano	20
1,3-dicloropropano	20
Heptacloro y Heptacloroepóxido	0.03
Isoproturon	9
Lindano	2
MCPA	2
Metoxicloro	20
Metolacloro	10
Molinat	6
Pendimetalina	20
Pentaclorofenol	9
Permitrina	20
Propanil	20
Pyridad	100
Simazin	2
Trifluranilo	20
Dicloroprop	100
2,4-DB	100
2,4,5-T	9
Silvex	9
Mecoprop	10

Consumo de agua, comunidad Azapera 20 años

n	AÑO	PF	DOMÉSTICO	PÚBLICO	CPD	FUGAS 20%	CMD	CMH	ALMAC. M3
		Hab	L/s						m3
0	2021	179	0.124	0.009	0.133	0.027	0.226	0.359	2.681
1	2022	183	0.127	0.009	0.136	0.027	0.232	0.368	2.748
2	2023	188	0.131	0.009	0.140	0.028	0.238	0.377	2.817
3	2024	193	0.134	0.009	0.143	0.029	0.243	0.387	2.888
4	2025	198	0.137	0.010	0.147	0.029	0.250	0.396	2.960
5	2026	203	0.141	0.010	0.150	0.030	0.256	0.406	3.034
6	2027	208	0.144	0.010	0.154	0.031	0.262	0.416	3.110
7	2028	213	0.148	0.010	0.158	0.032	0.269	0.427	3.187
8	2029	218	0.151	0.011	0.162	0.032	0.275	0.438	3.267
9	2030	224	0.155	0.011	0.166	0.033	0.282	0.448	3.349
10	2031	229	0.159	0.011	0.170	0.034	0.289	0.460	3.432
11	2032	235	0.163	0.011	0.175	0.035	0.297	0.471	3.518
12	2033	241	0.167	0.012	0.179	0.036	0.304	0.483	3.606
13	2034	247	0.171	0.012	0.183	0.037	0.312	0.495	3.696
14	2035	253	0.176	0.012	0.188	0.038	0.319	0.507	3.789
15	2036	259	0.180	0.013	0.193	0.039	0.327	0.520	3.883
16	2037	266	0.185	0.013	0.197	0.039	0.336	0.533	3.981
17	2038	272	0.189	0.013	0.202	0.040	0.344	0.546	4.080
18	2039	279	0.194	0.014	0.207	0.041	0.353	0.560	4.182
19	2040	286	0.199	0.014	0.213	0.043	0.361	0.574	4.287
20	2041	293	0.204	0.014	0.218	0.044	0.371	0.588	4.394

Levantamiento topográfico



Imagen 2: Comunidad Azapera



Imagen 1: Levantamiento topográfico



Imagen 4: Levantamiento topográfico

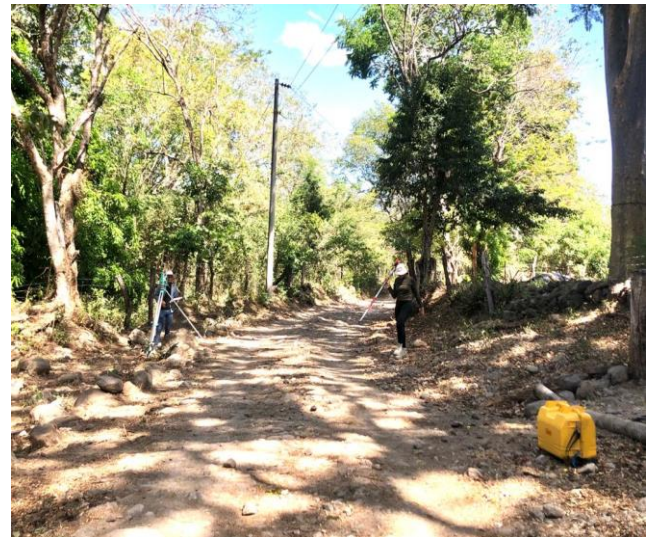


Imagen 3: Levantamiento topográfico



Imagen 6: Pozo existente de 1995



Imagen 5: Pozo existente de 1998



Imagen 8: Pozo perforado en 2018



Imagen 7: Muestra de agua para análisis bacteriológico Mayo 2021

Anexo IV

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO MABE

CÓDIGO			DESCRIPCIÓN	UM	CANT	P.U	TOTAL
ETAPA	SUB ETAPA	CÓDIGO					
310			PRELIMINARES	m ²			90584.08
	3100		LIMPIEZA INICIAL	m ²			43954.4
		92224	LIMPIEZA INICIAL MANUAL	m ²	3290	13.36	43954.4
	3100		TRAZO Y NIVELACIÓN	ml			32195.7
		92806	TRAZO DE EJE DE TUBERÍA DE AGUA POTABLE (INCL. ESTACA DE MADERA) (NO INCLUYE EQUIPO DE TOPOGRAFÍA)	ml	2490	12.93	32195.7
	3100		RÓTULO	c/ u			14433.98
		4277	RÓTULO TIPO FISE DE 1.22m X 2.44 m (ESTRUCTURA METÁLICA Y ZINC LISO) CON BASE DE CONCRETO REF.	c/ u	1	14434	14433.98
330			RED DE DISTRIBUCIÓN				795975.0519
	3200		EXCAVACIÓN PARA TUBERÍA	m ³			140645.5919
		92227	EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NATURAL	m ³	1994.7	70.51	140645.5919
	3201		RELLENO Y COMPACTACIÓN	m ³			125780.76
		92226	RELLENO Y COMPACTACIÓN MANUAL	m ³	1988	63.27	125780.76
	3201		TUBERÍA DE 1 1/2" DE DIÁMETRO	m			221193.65
		95850	TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO DIÁM = 1 1/2" (NO INCL. EXCAVACIÓN)	m	18	340.02	6120.36
		96165	TUBERÍA DE PVC DIÁM = 1 1/2" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACIÓN)	m	2419	88.91	215073.29
	3202		PRUEBAS HIDROSTÁTICAS	c/ u			8143.75
		93282	PRUEBA HIDROSTÁTICA (CON BOMBA MANUAL) L = HASTA 300m	c/ u	5	1628.75	8143.75
	3202		ACARREO DE TIERRA	m ³			85.48
		943	BOTAR (MANUAL) MATERIAL SOBRANTE DE EXCAVACIÓN	m ³	6.69	78.79	85.48
	3202		VÁLVULAS Y ACCESORIOS	c/ u			193105.82

		92170	BLOQUE DE REACCIÓN DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/ u	50	94.64	4732
		93598	BLOQUE DE REACCIÓN DE CONCRETO C/ANCLAJE P/ACCESORIOS DE TUBOS PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/ u	50	250.2 1	12510.5
		3306	CAJA PARA PROTECCIÓN DE VÁLVULA HECHA DE TUBO DE CONCRETO DIÁM = 6" H = 1.2 (NO INCL EXC NI ACABADO)	c/ u	15	492.0 5	7380.75
		94963	VÁLVULA (O LLAVE) DE PASE DE GAVETA DE BRONCE DIÁM = 2" (NO INCL. EXCAVACIÓN)	c/ u	3	868.7 4	2606.22
		93130	VÁLVULA (O LLAVE) DE PASE DE BRONCE DIÁM = 1 1/2"	c/ u	3	1908. 1	5724.3
		94311	VÁLVULA DE AIRE Y VACÍO DE HIERRO FUNDIDO DIÁM = 1/2" + ABRAZADERA DE HIERRO GALVANIZADO + UNIÓN DE BRONCE	c/ u	11	868.7 4	9556.14
		94008	VÁLVULA DE ROTURA DE CARGA HIERRO FUNDIDO DIÁMETRO 1 1/2"	c/ u	4	27467 .5	109870.12
		3942	VÁLVULA DE PASE DE GAVETA DE BRONCE DIÁM = 1 1/2" CON 1m TUBO DE HIERRO 1 1/2"(INCL. EXCAVACIÓN Y BLOQUE DE REACCIÓN PARA LIMPIEZA)	c/ u	5	1285. 23	6426.15
		96394	CODO LISO DE PVC DIÁM = 2", 45° (S40)	c/ u	20	75	1500
		96193	CODO LISO DE PVC DIÁM = 1 1/2", 45° (S40)	c/ u	40	65	2600
		94366	UNIÓN MALEABLE DE HIERRO GALVANIZADO DIÁM = 2"	c/ u	15	648.8 1	9732.15
		94293	UNIÓN MALEABLE DE HIERRO GALVANIZADO DIÁM = 1 1/2"	c/ u	16	313.8 2	5021.12
		94960	TEE REDUCTORA LISA DE PVC DE 2"x 2" x 1 1/2" (S40)	c/ u	5	80.49	402.45
		93514	TAPÓN HEMBRA LISO DE PVC DIÁM = 1 1/2"	c/ u	7	21.37	149.59
		93849	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2"x 45°	c/ u	45	291.3 3	13109.85
		93848	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2"x 90°	c/ u	2	280.0 2	560.04
		95264	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 1"x 45°	c/ u	2	226.1 7	452.34
		95293	ADAPTADOR HEMBRA DE PVC DIÁM = 1 1/2"	c/ u	12	26.52	318.24

		94972	ADAPTADOR HEMBRA DE PVC DIÁM = 2"	c/ u	10	29.57	295.7
		93169	REDUCTOR LISO DE PVC DE 2" x 1 1/2" (S40)	c/ u	4	39.54	158.16
	3202 7		CRUCES AÉREOS				107020
		4044	ENTRADA Y SALIDA DE CRUCE AÉREO TUBO DE H°G° DIÁM = 1 1/2"	C/ U	5	2396	11980
		4090	ENTRADA Y SALIDA DE CRUCE AÉREO TUBO DE H°G° DIÁM = 2"	C/ U	1	3025	3025
		3809	CRUCE AÉREO CON TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO DIÁM = 2" CON CABLE DE ACERO DIÁM = 3/8" CON PILOTES	m	73	980	71540
		3881	CRUCE AÉREO CON TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO DIÁM = 1 1/2" CON CABLE DE ACERO DIÁM = 3/8" CON PILOTES	m	19.5	1050	20475
335			TANQUE DE ALMACENAMIENTO				250051.327
	3350 1		MOVIMIENTO DE TIERRA PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO				19176.8476
		95399	COMPACTACIÓN (CON VIBRO COMPACTADORA MANUAL) DE TERRENO	m ²	25	66.77	1669.25
		92595	TRAZO Y NIVELACIÓN	m ²	33.6 4	9.34	314.1976
		95268	MEZCLA MANUAL DE SUELO CEMENTO PROPORCIÓN 1;10 (C;S) (1 DE CEMENTO Y 10 DE SUELO)	m ³	12.5	929.0 4	11613
		92022	NIVELETAS DOBLES DE 1.50 m x 1.50 m	c/ u	8	100.8 3	806.64
		92021	NIVELETAS SENCILLAS L = 1.10 m	c/ u	8	55.97	447.76
		92226	RELLENO Y COMPACTACIÓN MANUAL	m ³	12.5	63.27	790.875
		92227	EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NATURAL	m ³	12.5	70.51	881.375
		94390	BOTAR (MANUAL) MATERIAL SOBRENTE DE EXCAVACIÓN A 0.10 km (100 m)	m ³	12.5	78.79	984.875
		95570	EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NATURAL PROF = 1.01 m a 2.00 m	m ³	12.5	133.5 1	1668.875
	3350 2		TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MAMPOSTERÍA				113139.2418
		92147	PINTURA EPÓXICA SOBRE PAREDES DE TANQUES DE AGUA POTABLE	m ²	65.4 2	97.45	6375.179

		93411	PIQUETEO TOTAL EN CONCRETO FRESCO	m ²	22.4 5	21.37	479.7565
		92160	REPELLO CORRIENTE	m ²	65.4 2	99.12	6484.4304
		92282	FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEMENTO	m ³	6.57	216.3 5	1421.4195
		93353	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) DIÁMETRO MENO O IGUAL N°4	lbs	1072 .9	22.05	23657.886
		92286	ALISTAR, ARMAR Y COLOCAR HIERRO MENOR O IGUAL AL NÚMERO 4	lbs	1072 .9	3.5	3755.22
		92009	CONCRETO DE 3000 PSI (MEZCLADO A MANO)	m ³	6.57	3142. 41	20645.6337
		92008	CONCRETO CICLOPEO (CONSIDERANDO COMPRA DE PIEDRA BOLÓN) Y CONCRETO (SOLAMENTE HECHURA)	m ³	18.2	1674	30466.8
		92141	FINO CORRIENTE	m ²	65.4 2	80.57	5270.8894
		92346	FORMALETAS PARA COLUMNAS (ÁREA DE CONTACTO)	m ²	5	265.6 86	1328.428
		92387	FORMALETA	m ²	48.1 9	275.0 28	13253.59932
	3350 7		OTRO TIPO DE OBRAS				105020.0576
		94479	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 1 1/2" x 90° EXTREMO ROSCABLE	c/ u	9	236.2 3	2126.07
		95849	TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO DIÁM = 1 1/2" PARA COLUMNA DE DESCARGA	ml	64	678	43392
		2748	CANAL DE DRENAJE PLUVIAL EN FORMA DE "V" DE CONCRETO DE 2500 PSI SIN REF ANCHO = 0.60 m, H = 0.15, E = 0.05 m	ml	28.8 8	317.8 3	9178.9304
		3473	CAJA DE REGISTROS DE CONCRETO DE 3000 PSI REF + PARED DE LADRILLO CUARTERON DE 0.90 m x 0.90 m, H = 0.90	c/ u	3	5147. 75	15443.25
		93873	RESPIRADERO DE TUBO DE H°G° DIÁM = 3"	c/ u	1	966.8 9	966.89
		3830	PELDAÑO DE VARILLA DE HIERRO CORRUGADO GRADO 40 DIÁM = 5/8 ANCHO DE PELDAÑO = 0.30m, DESARROLLO = 0.90m	c/ u	14	86.78 58	1215.0012
		96162	VÁLVULA DE BOYA DE BRONCE DIÁM = 1 1/2"	c/ u	1	6043. 28	6043.28
		94976	MEDIDOR MAESTRO DE HIERRO FUNDIDO DIÁM = 2" PARA AGUA POTABLE (INCL. BRIDAS)	c/ u	1	9091. 64	9091.64

		94963	VÁLVULA (O LLAVE) DE PASE DE GAVETA DE BRONCE DIÁM = 1 1/2" (NO INCL. EXCAVACIÓN)	c/ u	3	1909	5727
		92071	ANDEN DE CONCRETO (CON MEZCLADORA) SIN REF. ESPESOR = 0.075m CON SIZA A CADA 1.00 m Y A CADA 1.25 m	ml	18.9	340.8 4	6441.876
		94366	UNIÓN MALEABLE DE HIERRO GALVANIZADO DIÁM = 2"	c/ u	6	648.8 1	3892.86
		93598	BLOQUE DE REACCIÓN DE CONCRETO C/ANCLAJE P/ACCESORIOS DE TUBOS PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/ u	6	250.2 1	1501.26
	3350 8		CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES				12715.18
		92066	CERCO DE ALAMBRE DE PÚAS CAL. 13 1/2, 7 HILADAS C/ POSTE DE MADERA RÚSTICA A CADA 2.5m	m	83	146.4 8	12157.84
		93056	PUERTA DE MARCO DE MADERA (BLANCA) Y FORRO DE ALAMBRE DE PÚAS CAL. # 13 1/2 (NO INCL. HERRAJES)	c/ u	1	557.3 4	557.34
340			FUENTES Y OBRAS DE TOMA				592527.0067
		94646	PRUEBA DE BOMBEO (CON BOMBA C/ MOTOR SUMERGIBLE DE 20 HP Y PLANTA GENERADOR ELÉCTRICO DE 5) ESCALONADA	hr s	24	824.6 7	19792.08
		40021	ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO COMPLETO	c/ u	1	2500	2500
		40136	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO PARA AGUA POTABLE	c/ u	1	2500	2500
		40089	ANÁLISIS DE ARSÉNICO DEL AGUA	c/ u	1	2500	2500
	3400 2		ESTACIÓN DE BOMBEO				465586.3667
		3031	CASETA DE MAMPOSTERÍA CONFINADA + CUBIERTA TECHO ZINC, A = 8.80 m2 PARA CLORACIÓN	c/ u	1	48533 .3	48533.31
		2562	LOSA DE CONCRETO (CON MEZCLADORA) SIN REF. ESPESOR = 0.05 m CON SIZA A CADA 1.00m	m ²	7.5	483.9 4	3629.55
		92435	ANDEN DE CONCRETO (CON MEZCLADORA) SIN REF. ESPESOR = 0.05m CON SIZA A CADA 1.00 m	m ²	12.1 5	190.0 9	2309.5935

		4273	SARTA DE HIERRO FUNDIDO DIÁM = 2" (INCL. 1 VÁLVULA DE ALIVIO DE HoFo DIÁM = 2"+1 VÁLVULA DE COMPUERTA DE HoFo DIÁM = 2"+MEDIDOR MAESTRO HoFo 2" P/DESC	c/ u	1	87660 .2	87660.23
		95081	AISLADOR DE TORNILLO DE PORCELANA	c/ u	1	106.2 48	106.248
		96460	AISLADOR DIELECTRICO PARA CONTACTOS DE ARRANCADORES (PRESENTACIÓN EN SPRAY) CONTENIDO= 400 ml	c/ u	1	780.5 7	780.57
		92648	ALAMBRE ELÉCTRICO DE COBRE THHN #4 AWG	ml	10	103.7 9	1037.9
		92270	ALAMBRE ELÉCTRICO DE COBRE THHN CABLEADO #12 AWG	ml	100	23.03 16	2303.16
		93811	APAGADOR DOBLE DE 15 AMP/120 V CON PLACA	c/ u	1	181.7 4	181.74
			BOMBA C/ MOTOR SUMERGIBLE DE 1/2 HP, Q =10 GPM, CTD = 79.13, 1/60/230 V	c/ u	2	60,50 0	121000
			BOMBA C/ MOTOR SUMERGIBLE DE 3/4 HP, Q = GPM, CTD = 77.04, 1/60/230 V	c/ u	1	45870	45870
		95863	PANEL DE CONTROL DE BOMBA PARA MOTOR DE ARRANQUE DE 5 HP, 1/60/230 V	c/ u	1	8504. 16	8504.16
		95971	ARRANCADOR MAGNÉTICO DIRECTO (A TENSIÓN COMPLETA) P/MOTOR DE 2 HP, 1/60/230 V, 11-16 AMP	c/ u	1	18029 .7	18029.7
		93641	BOMBILLO FLUORESCENTE DE 13 WATTS + CEPO DE PORCELANA REDONDO (NO INCL. CAJA DE REGISTRO)	c/ u	3	371.9 2	1115.76
		92558	BREAKER DE 1x20 AMPERIOS	c/ u	4	315.9 4	1263.76
		92734	BREAKER DE 2x30 AMPERIOS	c/ u	3	672.5 3	2017.59
		94838	CABLE ELÉCTRICO DE COBRE TSJ 2x12	ml	6	66.68	400.08
		95034	CABLE EÉCTRICO SUMERGIBLE #10x3	ml	70	211.4 6	14802.2
		94995	CABLE TRIPLEX ACSR #1/0	ml	40	130.9 8	5239.2
		94997	CABLE TRIPLEX ACSR #2	ml	20	102.7 34	2054.68
		92267	CAJA DE REGISTRO DE EMT DE 2"x4"	c/ u	3	74.31	222.93

		92266	CAJA DE REGISTRO DE EMT DE 4"x4"	c/ u	6	121.1 44	726.864
		94341	CAJA DE REGISTRO DE EMT DE 6"x6" CON TAPA DE EMT DE 6"x6" PARA INTEMPERIE	c/ u	1	501.1 3	501.13
		92268	CANALIZACIÓN CON TUBO CONDUIT DE PVC DIÁM =1/2" (INCL. BRIDAS)	ml	30	50.46 1	1513.83
		95545	CINTA DE ADVERTENCIA DE PELIGRO	ml	50	3.246	162.3
		95597	CODO RADIO LARGO (O CURVA) DE PVC DIÁM=1/2"	c/ u	7	36.08	252.56
		94844	CONECTOR CONDUIT DE PVC DIÁM= 1/2"	c/ u	6	33.74	202.44
		37100 4	CONECTOR DE COMPRESIÓN PARA CABLE 1/0-1/0 AWG, CAJA #4	c/ u	3	55.54	166.62
		96611	ENERGIZAR ACOMETIDA ELÉCTRICA E INSTALAR CABLE DE ALUMINIO ACSR EN LONG DE 0-4m ENTRE BANCO DE MEDICIÓN Y MUFA	c/ u	1	653.8 7	653.87
		95554	ESTRUCTURA ELÉCTRICA BT-104/C: RED EN CABLE, FIN DE LÍNEA	c/ u	2	2296. 83	4593.66
		95557	ESTRUCTURA ELÉCTRICA DE BT/C: R DERIVACIÓN BAJA TENSIÓN (CABLE O NEUTRO)	c/ u	1	1532. 37	1532.37
		95270	ESTRUCTURA ELÉCTRICA HA-100 A/C: VIENTO SENCILLO EN BAJA TENSIÓN	c/ u	2	4910. 07	9820.14
		95697	ESTRUCTURA ELÉCTRICA PR-101: INSTALACIÓN DE CONDUCTOR Y ELECTRODO PUESTA A TIERRA	c/ u	1	3367. 75	3367.75
		92740	ESTRUCTURA ELÉCTRICA VM2-1: POLO A TIERRA CON VARILLA	c/ u	1	3569. 18	3569.18
		95963	GUARDANIVEL DE 230 VOLTIOS CON CONTROL DE 2 ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE (INCL. CAJA PARA GUARDAR)	c/ u	1	7050. 23	7050.23
		94819	HACER BALANCE DE CARGA EN PANELES	c/ u	1	1586. 56	1586.56
		93288	LÁMPARA (O LUMINARIA) TIPO COBRA DE VAPOR DE SODIO DE 250 WATTS/208V TIPO SYLVAN MOD.2250 C/FOT Y BR	c/ u	1	4308. 33	4308.33

		94110	PANEL MONOFÁSICO 12 ESPACIOS, 120/208 VOLTIOS, BARRA DE 125 AMPERIOS C/MAIN 2x60 AMP	c/ u	1	7618. 84	7618.84
		92867	POSTE TRONCOCONICO DE CONCRETO PRETENSADO, ALTO =30 (9.15 m) (NO INCL. ESTRUCTURA ELÉCTRICA)	c/ u	1	12074 .4	12074.42
		96773	SUPRESOR DE SOBREVOLTAJE DE 80KA 120/240V MONOFÁSICO PARA REGULAR ENERGÍA	c/ u	1	37676 .8	37676.82
		93687	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 15 AMP/120V CON PLACA DE BAQUELITA	c/ u	2	92.40 06	184.8012
		93781	TOMA CORRIENTE SENCILLO DE 15 AMP/120 V CON PLACA DE BAQUELITA	c/ u	1	93.71	93.71
		92550	TUBO DE EMT DIÁM=1 1/2" L=5.00m CON CALAVERA DE EMT DIÁM= 1 1/2"	c/ u	1	659.0 8	659.08
		94845	UNIÓN CONDUIT DE PVC DIÁM= 1/2"	c/ u	6	34.75	208.5
	3400 5		INSTALACIONES ELÉCTRICAS	c/ u			71715.22
		94431	ESTRUCTURA ELÉCTRICA PR-101 C TIERRA 14.4/24.9KV (MEDIA TESIÓN)	c/ u	1	1289. 8	1289.8
		95355	ESTRUCTURA ELÉCTRICA TR2-104C: TRANSFORMADOR EN EST. MONOFÁSICA A LINEA AM. P/POSTE CONCRE	c/ u	1	17103 .9	17103.92
		92975	FUSIBLE PRIMARIO SLOFAST DE 0.7 AMPERIOS	c/ u	1	528.7 8	528.78
		93906	POSTE TRONCOCONICO DE CONCRETO PRETENSADO, ALTO =40 (12.20 m) DIÁM=4" (NO INCL. ESTRUCTURA ELÉCTRICA)	c/ u	1	21916 .6	21916.62
		92802	TRANSFORMADOR DE 10KVA, 14.4/24.9 KV, 120/240V (NO INCL. ESTRUCTURA)	c/ u	1	30876 .1	30876.1
	3400 8		CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES				27933.34
		2737	CERCO (A) DE ALAMBRE DE PÚAS CAL 13 1/2, 6 HILOS C/POSTE PRETENSADO DE CONCRETO H=2.55m	m	58	472	27376
		93056	PUERTA DE MARCO DE MADERA (BLANCA) Y FORRO DE ALAMBRE DE PÚAS CAL. # 13 1/2 (NO INCL. HERRAJES)	c/ u	1	557.3 4	557.34

360			PLANTA DE PURIFICACIÓN				6111.48
	3600		EQUIPO DE CLORINACIÓN				6111.48
		96213	CLORADOR	c/ u	1	6000	6000
		92177	TUBERÍA DE PVC DIÁM= 1/2" (SDR-13.5)(NO INCLUYE EXCAVACIÓN)	m	6	18.58	111.48
350			CONEXIONES				124541.52
			OTRO TIPO DE CONEXIONES				124541.52
		5041	CONEXIÓN DOMICILIAR CON SILLETA DE PVC DE 1/2" PARA AGUA POTABLE (NO INCLUYE MEDIDOR) (INCL. EXCAVACIÓN)	c/ u	53	750	39750
		92728	MEDIDOR DE AGUA POTABLE DIÁM= 1/2" CON DOS ADAPTADORES (NO INCL. CAJA) DOMICILIAR	c/ u	53	1095.58	58065.74
		94191	CAJA PREFABRICADA DE CONCRETO PARA MEDIDOR DE AGUA POTABLE PARA USO DOMICILIAR	c/ u	53	504.26	26725.78
370			LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA				51074.31
	3700		LIMPIEZA FINAL				43954.4
		92225	LIMPIEZA MANUAL FINAL	m ²	3290	13.36	43954.4
	3700		PLACA CONMEMORATIVA				7119.91
		3392	PEDESTAL DE CONCRETO DE 2500 PSI REF PARA PLACA	c/ u	1	1850	1850
		4189	PLACA CONMEMORATIVA DE ALUMINIO DE 0.65mx0.42m	c/ u	1	5269.91	5269.91
COSTOS TOTALES DIRECTOS							C\$1,910,864.78

PRESUPUESTO SANEAMIENTO

CÓDIGO		DESCRIPCIÓN	UM	CANT	P.U	TOTAL
ETAPA	SUB ETAPA					
010		PRELIMINARES				
	01	LIMPIEZA INICIAL	M2	2	13.36	26.72
	02	TRAZO Y NIVELACIÓN	M2	2	12.93	25.86
501	00	LETRINAS SENCILLAS REVESTIDAS				
	01	EXCAVACIONES	M3		307.71	307.71
	02	ENCHAPE DE FOSO	C/U		4187.885	4187.885
	03	LOSA (PLANCHA) Y BANCO	C/U		7964.317	7964.317
	10	REVESTIDA CASETA MADERA BROCAL LADRILLO CUARTERON	C/U		6200	6200
	18	TUBO DE VENTILACION DE PVC 2 1/2" DE DIAMETRO	C/U		312.09	312.09
					PRECIO UNIDAD	19024.58
					PRESUPUESTO TOTAL DE OBRA	684884.95

ANEXO V

PLANOS TOPOGRÁFICOS Y

DISEÑO