



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**“DISEÑO DE MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO (MABE) EN LA  
COMUNIDAD EL ROBLE, MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CUSMAPA,  
DEPARTAMENTO DE MADRIZ, 2021”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Olvin Antonio Calderón López  
Br. Francisco Manuel González López  
Br. Domingo Ignacio Rodríguez Estrada

**Tutor**

MSc. Ing. José Ángel Baltodano M.

**Asesor**

Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga

Managua, Agosto 2022

## **Dedicatoria**

“Todas las cosas por él fueron hechas, y sin él nada de lo que ha sido hecho, fue hecho” (Juan 1:3)

Sin lugar a duda la dedicación de la presente monografía sea para el creador de todo, Dios, quien a partir de darnos la vida nos ha prestado salud, sabiduría la cual emana de éste mismo Dios, y ha puesto en nuestro camino el apoyo incondicional de parte de diferentes individuos ya sean familiares o particulares.

A mis padres de familia, hermanos, esposa e hija, quienes sacrificando en conjunto fuerzas, tiempo, o pertenencias materiales, se han hecho merecedores de todo el crédito una vez culminado este trabajo.

A profesores, familiares, amigos y colegas que ahora mismo se encuentran en otro plano de vida debido a la crisis de salubridad sufrida a nivel mundial, y que por esa misma razón no lograron cumplir sus metas profesionales o académicas, a todos y cada uno de ellos sea dedicada esta monografía.

**Br. Olvin Antonio Calderón López**

## **Dedicatoria**

En primer lugar, a Dios por ser el inspirador y darnos la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados de nuestras vidas. A nuestros padres y madres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes que nos han inculcado muy buenos valores hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que hoy somos.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos/as que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

**Br. Francisco Manuel González López**

## **Dedicatoria**

“El que ofrece sacrificio de acción de gracias me honra; y al que ordena bien su camino, le mostraré la salvación de Dios” (Salmos 50:23). En primer lugar, a Dios que se merece toda la honra y toda la gloria, por ser el inspirador y darme la fuerza, inteligencia y sabiduría para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados de mi vida.

A mis padres Ramón Ignacio Rodríguez y Melania Estrada Gutiérrez por ser mis principales motores esencial en mi vida, así como a mi esposa Jareny Karina Espinoza González y a mi hija Jarethzy Clhoe Rodríguez Espinoza, a mi abuelita Adilia Gutierrez de igual forma a mi abuelito que en paz descansa Domingo Estrada por su amor, trabajo, sacrificio y tiempo en todos estos años, a pesar del periodo de pandemia, gracias a ellos por el apoyo incondicional.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos/as que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos, como la Alcaldía de San José de Cusmapa entre otras personas que aportaron un granito de ayuda.

“Tú eres mi Dios, y gracias te doy; tú eres mi Dios, yo te exalto” (Salmos 118:28).

**Br. Domingo Ignacio Rodríguez Estrada**

## **Agradecimiento**

Primeramente, gracias a Dios quien en su misma palabra dice que todo tiene su momento oportuno y que hay un tiempo para todo lo que se hace bajo el cielo (Eclesiastés 3:1), y en su gracia está que éste haya sido el tiempo, y el habernos dotado de lo necesario para terminar este trabajo monográfico.

A mi excepcional familia, padres, hermanos, esposa e hija, quienes con sacrificio y esfuerzo mutuo se han privado de ciertos privilegios para brindarme el apoyo incondicional, ya sea emocional y/o económico.

A mis compañeros de tesis, por fungir como equipo y estar el uno para el otro cuando en las posibilidades no estuvo trabajar juntos, y a cada una de sus familias por acogerme como un miembro más de ella.

A todos y cada uno de los académicos e instituciones que nos transmitieron sus conocimientos y prestaron sus servicios como tutores de enseñanza.

**Br. Olvin Antonio Calderón López**

## **Agradecimiento**

Primeramente, dar gracias a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra carrera y de nuestra existencia, ser el apoyo de fortaleza en aquellos momentos de dificultad, debilidad y enfermedad.

Gracias a nuestros padres y madres por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado. Agradecer a nuestro tutor M.Sc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado por haber aceptado ser parte de nuestra carrera universitaria brindando gran parte de su valioso tiempo para ayudarnos en nuestro trabajo monográfico.

A nuestros docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería Sede Regional del Norte por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial al Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga asesor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia y su rectitud como docente y a todas las personas que de una u otra manera nos brindaron valiosos aportes a nuestra investigación como lo fue la alcaldía municipal del municipio de San José de Cusmapa.

**Br. Francisco Manuel González López**

## **Agradecimiento**

Y sabemos que a los que aman a Dios, todas las cosas les ayudan a bien, esto es, a los que conforme a su propósito son llamados. (Romanos 8:28).

Primeramente, dar gracias a Dios por bendecirme en la vida, por guiarme a lo largo de mi carrera, por ser el apoyo de fortaleza en aquellos momentos de dificultad, debilidad y pandemia.

Gracias a mis padres, esposa e hija por ser los principales promotores de mis sueños y proyectos, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.

Agradecer a nuestro tutor M.Sc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado por haber aceptado ser parte de nuestra carrera universitaria brindando gran parte de su valioso tiempo para ayudarnos en nuestro trabajo monográfico.

A nuestros docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería Sede Regional del Norte por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial al Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga asesor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia y su rectitud como docente y a todas las personas que de una u otra manera nos brindaron valiosos aportes a nuestra investigación como lo fue la alcaldía del municipio de San José de Cusmapa Departamento de Madriz.

**Br. Domingo Ignacio Rodríguez Estrada**

## Resumen ejecutivo

Este trabajo monográfico presenta el diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), para abastecer una población inicial de 299 habitantes y una población futura de 490 personas al final del período de diseño en la comunidad “El Roble”, del municipio de San José de Cusmapa, departamento de Madriz.

Para el diseño hidráulico se utilizó la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense del año 2019 (NTON 09007-19). Para el diseño se utilizó una fuente superficial (Quebrada El Terrero), con un caudal de 25 l/s en el período de estiaje. La población y vida útil fue proyectada a 20 años con una tasa de crecimiento del 2.5%.

Como resultado del diseño se obtuvo una línea de conducción de 2960.99 m, de los cuales 1339.6 son de tubería HG de 2” clase 40, 247.52 m son de tubería PVC de 2” SDR 13.5 ASTM 2241, 619.05 m son de tubería PVC de 2” SDR 17 ASTM 2241, 754.82 m son de tubería PVC de 2” SDR 26 ASTM 2241, para transportar un caudal de 0.83 l/s impulsado por una bomba de 5 HP modelo FPS 4400 TRI-SEAL, con una capacidad máxima de 15 GPM con una carga dinámica de 281.09 m. Así mismo, se ubicó en la cota 899.705 msnm un tanque de almacenamiento de 15 m<sup>3</sup>. Además, se diseñó una red abierta con cuatro ramales con una longitud total de 2757.31 m con tubería PVC de 1 ½” SDR 26 ASTM 2241, para satisfacer una demanda de 1.31 l/s y cumplir con 47 conexiones domiciliarias. También se colocaron 2 pilas rompe presión en el tramo 1 de la red de distribución debido a las altas presiones, y una válvula de regulación en este mismo tramo, para mantener las presiones en los límites que señala la norma. Para la operación y funcionamiento adecuado del sistema se instalaron 7 válvulas de aire, 7 de limpieza y 1 reductora de caudal.

El costo total de las obras con precios del FISE se estimó en C\$ 7,901,519.03, equivalentes a \$ 219,547.63 dólares americanos, con una tasa de cambio oficial de C\$ 35.99, a la fecha de julio del 2022.



## CONTENIDO

CAPÍTULO I: GENERALIDADES .....	
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. ANTECEDENTES .....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4. OBJETIVOS .....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.1. Objetivos específicos.....	4
1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	5
1.5.1. Macro y micro localización.....	5
1.5.2. Reseña histórica de la comunidad.....	7
1.5.3. Ubicación geográfica y extensión territorial .....	7
1.5.4. Límites .....	7
1.5.5. Topografía y clima de San José de Cusmapa .....	7
1.5.6. Actividades económicas .....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	
2.1. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO .....	9
2.1.1. Encuesta.....	9
2.1.2. Entrevista.....	9
2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	9
2.3. AFORO DE FUENTE Y CALIDAD DE AGUA .....	10
2.3.1. Aforo de fuente .....	10
2.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO .....	10
2.5. MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO (MABE).....	11

2.5.1.	Población a servir .....	11
2.5.2.	Dotaciones.....	12
2.5.3.	Línea de conducción.....	12
2.5.4.	Estaciones de bombeo .....	12
2.5.5.	Tanque de almacenamiento .....	13
2.5.6.	Desinfección del agua .....	13
2.5.7.	Red de distribución .....	14
2.5.8.	Conexiones domiciliarias.....	14
2.5.9.	Golpe de ariete .....	14
2.5.10.	Presupuesto de obras.....	14
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO .....		
3.1.	TIPO DE ESTUDIO .....	16
3.2.	ESTUDIO SOCIOECONÓMICO .....	16
3.3.	TOPOGRAFÍA.....	16
3.3.1.	Etapas de campo.....	17
3.3.2.	Fase de procesamiento de datos o de gabinete .....	17
3.4.	AFORO DE LA FUENTE Y CALIDAD DEL AGUA .....	18
3.4.1.	Aforo de la fuente .....	18
3.4.2.	Análisis físico-químico y bacteriológico .....	18
3.5.	DISEÑO DEL MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO .....	19
3.5.1.	Población de diseño .....	19
3.5.2.	Dotación y consumo .....	20
3.5.3.	Factores de demanda.....	20
3.5.4.	Consumo promedio diario.....	21

3.5.5.	Pérdidas en el sistema o fugas.....	21
3.5.6.	Variaciones de consumo .....	21
3.5.7.	Consumo máximo diario .....	22
3.5.8.	Diseño hidráulico .....	22
3.5.8.1.	Dimensionamiento de la columna de bombeo.....	22
3.5.9.	Dimensionamiento de la sarta .....	24
3.5.10.	Línea de conducción .....	25
3.5.11.	Golpe de ariete.....	25
3.5.12.	Selección de la bomba .....	29
3.5.13.	Tanque de almacenamiento .....	30
3.5.14.	Simulación hidráulica.....	30
3.5.15.	Simulación de la línea de conducción .....	31
3.5.16.	Simulación de la red de distribución abierta .....	32
3.5.18.	Desinfección.....	33
3.5.19.	Conexiones domiciliarias.....	33
3.6.	PRESUPUESTO .....	33
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....		33
4.1.	ESTUDIO SOCIOECONÓMICO .....	34
4.1.1.	Información sobre las viviendas.....	34
4.1.2.	Información sobre la familia .....	37
4.1.3.	Información sobre el abastecimiento de agua .....	43
4.2.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	50
4.3.	AFORO .....	56
4.4.	ESTUDIO FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO .....	57

4.5. DISEÑO .....	58
4.5.1. Periodo de diseño.....	58
4.5.2. Población de diseño .....	58
4.5.3. Dotación de agua.....	60
4.5.4. Consumo diario.....	60
4.5.5. Factores de demanda.....	60
4.5.6. Consumo promedio diario.....	61
4.5.7. Pérdidas en el sistema o fugas.....	61
4.5.8. Variaciones de consumo .....	61
4.5.9. Consumo máximo diario .....	62
4.5.10. Diseño hidráulico.....	62
4.5.11. Dimensionamiento de la columna de bombeo.....	62
4.5.12. Dimensionamiento de la sarta .....	63
4.5.13. Línea de conducción .....	66
4.5.14. Golpe de ariete.....	69
4.5.15. Selección de la bomba .....	76
4.5.16. Tanque de almacenamiento.....	78
4.5.17. Ubicación del tanque.....	79
4.5.18. Desinfección.....	79
4.5.19. Aplicación del cloro .....	80
4.5.20. Simulación del MABE .....	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	110
Conclusiones .....	110
Recomendaciones.....	111

ANEXOS .....

## Ilustraciones

Ilustración 1 Macro Localización .....	5
Ilustración 2 Micro Localización 1.....	5
Ilustración 3 Micro Localización 2.....	6
Ilustración 4 Quebrada El Terrero .....	6
Ilustración 5 Configuración de propiedades y opciones hidráulicas .....	31
Ilustración 6 Líneas y lugar de levantamiento topográfico.....	51
Ilustración 7 Línea de conducción segundo caso.....	53
Ilustración 8 Acantilado de piedras.....	54
Ilustración 9 Madera preciosa .....	54
Ilustración 10 Presiones por golpe de ariete y línea piezométrica.....	75
Ilustración 11 Curva característica de punto de operación de la bomba .....	77
Ilustración 12 Sistema fuente, tanque, red .....	81
Ilustración 13 Selección de SDR para línea de conducción .....	82
Ilustración 14 Línea de conducción .....	83
Ilustración 15 Perfil natural.....	91
Ilustración 16 Altura piezométrica .....	91
Ilustración 17 Perfil de presiones .....	92
Ilustración 18 Tramo 1.....	93
Ilustración 19 Perfil natural tramo 1 .....	98
Ilustración 20 Altura piezométrica tramo 1 .....	98
Ilustración 21 presiones en el tramo 1.....	98
Ilustración 22 Tramo 2.....	99
Ilustración 23 Perfil de terreno natural tramo 2.....	102

Ilustración 24 Altura piezométrica tramo 2 .....	102
Ilustración 25 Presiones en el tramo 2 .....	102
Ilustración 26 Tramo 3 y 4.....	103
Ilustración 27 Perfil de terreno natural tramo 3 y 4.....	105
Ilustración 28 Altura piezométrica tramo 3 y 4.....	105
Ilustración 29 Presiones en el tramo 3 y 4 .....	105
Ilustración 30 Cloro residual a las 16 horas.....	107
Ilustración 31 Distribución de cloro residual a las 7 horas.....	107
Ilustración 32 Cloro residual a las 24 horas.....	108
Ilustración 33 Población y fuente El Roble .....	III
Ilustración 34 Levantamiento topográfico.....	XVII
Ilustración 35 Aforo de la fuente El Terrero.....	XVIII

## **Tablas**

Tabla 1: Valores de K en función del módulo de elasticidad del material.....	27
Tabla 2: Tenencia de la vivienda.....	34
Tabla 3: Material predominante.....	35
Tabla 4: Servicios básicos.....	36
Tabla 5: Red de agua potable .....	36
Tabla 6: Posee saneamiento.....	37
Tabla 7 Personas que habitan la vivienda.....	38
Tabla 8 Cantidad de personjas que trabajan por familia .....	39
Tabla 9 Nivel académico de la población .....	40

Tabla 10 Principales actividades económicas por hogar.....	41
Tabla 11 Principales enfermedades padecidas frecuentemente.....	42
Tabla 12 Ingresos económicos percibidos mensualmente.....	42
Tabla 13 Cantidad de días por semana en los que recibe agua.....	44
Tabla 14 Horas por días que dispone de agua.....	45
Tabla 15 Nivel de satisfacción con la cantidad de agua recibida.....	45
Tabla 16 Cantidad de hogares que almacena agua de reserva.....	46
Tabla 17 Tipos de depósitos donde almacena agua.....	47
Tabla 18 Calidad del agua según la población.....	48
Tabla 19 Tipo de fuente de la cual se abastece.....	49
Tabla 20 Tabla de alineamientos y perfiles longitudinales.....	52
Tabla 21 Tiempos de duración del flotador.....	56
Tabla 22 Proyección de la población.....	59
Tabla 23 Diámetros de la sarta.....	64
Tabla 24 Accesorios de la sarta.....	65
Tabla 25 Valores para K según la longitud del tramo.....	73
Tabla 26 Valores de la gradiente hidráulica.....	73
Tabla 27 Valores para K.....	76
Tabla 28 Velocidades en la línea de conducción.....	84
Tabla 29 Presiones en la línea de conducción.....	88
Tabla 30 Nodos concentrados por tramos de red.....	92
Tabla 31 Velocidades en el tramo 1.....	94
Tabla 32 Presiones tramo 1.....	96
Tabla 33 Tabla de velocidades en tramo 2.....	100



Tabla 34	Tabla de presiones del tramo 2 .....	101
Tabla 35	Velocidades en el tramo 3 y 4 .....	104
Tabla 36	Presiones en el tramo 3 y 4.....	104
Tabla 37	Tabla de resumen del presupuesto por etapa .....	109
Tabla 38	Elevaciones y coorddenadas del levantamiento topográfico .....	IV
Tabla 39	Resultado de metales pesados de la muestra de agua de la fuente El Terrero (período de estiaje).....	XIX
Tabla 40	Resultado de estudio fisicoquímico de la muestra de agua de la fuente El Terrero .....	XX
Tabla 41	Resultado de estudio microbiológico de la muestra de agua de la fuente El Terrero .....	XXI
Tabla 42	Resultado de estudio físico químico de la muestra de agua de la fuente El Terrero (período lluvioso) .....	XXII
Tabla 43	Resultado de estudio bacteriológico de la muestr de agua de la fuente El Terrero .....	XXIII
Tabla 44	Presupuesto .....	XXIV

## Gráficos

Gráfico 1 Tenencia de la vivienda .....	35
Gráfico 2 Material predominante .....	35
Gráfico 3 Posee energía eléctrica .....	36
Gráfico 4 Posee red de agua.....	37
Gráfico 5 Posee saneamiento .....	37
Gráfico 6 Personas que habitan la viviendas .....	38
Gráfico 7 Cantidad de personas que laboran por familias.....	39
Gráfico 8 Nivel académico de la población .....	40
Gráfico 9 Principales actividades económicas por hogar .....	41
Gráfico 10 Principales enfermedades padecidas frecuentementea .....	42
Gráfico 11 Ingresos económicos percibidos mensualmente .....	43
Gráfico 12 Cantidad de días por semana en los que recibe agua.....	44
Gráfico 13 Horas por días que dispone de aguas .....	45
Gráfico 14 Nivel de satisfacción con la cantidad de agua recibida.....	46
Gráfico 15 Cantidad de hogares que almacena agua de reserva .....	46
Gráfico 16Tipos de depósitos donde almacena agua .....	47
Gráfico 17Calidad del agua según la población .....	48
Gráfico 18 Tipo de fuente de la cual se abastece .....	49
Gráfico 19 Elevación de línea de conducción segundo caso .....	55



# **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

**“El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza”**

**(Leonardo Da Vinci)**

## **1.1. INTRODUCCIÓN**

La comunidad El Roble que pertenece al municipio de San José de Cusmapa, tiene una población de 299 habitantes, así mismo cuenta con 62 edificaciones, de las cuales 60 son viviendas y 2 sirven a instituciones que prestan servicios a la comunidad; actualmente, los pobladores carecen del servicio de agua potable, por lo que, se abastecen de fuentes superficiales que carecen de tratamiento para su potabilización.

Según datos del centro de salud comunitario, el 30 % de casos de las enfermedades diarreicas agudas (EDAS), son debido al consumo de agua que no cumplen con las normas de calidad obligatorias.

Así mismo la fuente Quebrada El Terrero, se localiza en el camino El Roble San José de Cusmapa, se encuentra a distancias comprendidas entre 500 y 600 metros de la comunidad, lo que genera un trabajo adicional a las mujeres, niños y niñas, quienes son los responsables de las tareas del hogar. Por lo antes expuesto y considerando las metas de agua y saneamiento del municipio, las cuales forman parte de las acciones que el gobierno central impulsa para garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible para todos, se propone el diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE).

El acueducto se diseñará basado en la norma nacional NTON 09 007-19, se utilizará para ello, una fuente de agua superficial ubicada a 600 m de la comunidad, la cual será enviada por una línea de conducción por bombeo hasta un tanque de almacenamiento, donde será desinfectada para su distribución a las conexiones domiciliarias a través de la red.

Estas acciones contribuirán al aumento de la disponibilidad de agua potable para la población, también incidirán en las mejoras de las condiciones de vida, a través de la reducción del índice de enfermedades de origen hídrico que actualmente afectan a la población.

## **1.2. ANTECEDENTES**

Según un informe de UNICEF y la Organización Mundial de la Salud, aproximadamente 2,200 millones de personas en todo el mundo no cuentan con servicios de agua potable gestionados de manera segura, 4,200 millones de personas no cuentan con servicios de saneamiento y 3,000 millones carecen de instalaciones básicas para el lavado de manos (UNICEF, 2019).

Según datos del SIASAR (FISE, 2021), en Nicaragua existen 1,550 mini acueductos por bombeo eléctrico (MABE), los cuales dan cobertura al 55.30% del área rural. En el departamento de Madriz, la cobertura rural de agua potable es del 63%, así mismo se han instalado 37 mini acueductos por bombeo que prestan servicio al 17% de las viviendas del departamento. A nivel del municipio de Cusmapa, la cobertura de agua potable es de 48.8% y existen únicamente 2 MABE que prestan servicios a 110 viviendas que corresponde al 16.6% del total de viviendas del municipio.

Además, en la comunidad El Roble objeto del presente estudio, se carece del servicio de agua potable, observándose que el 50% de la población se abastece de pequeñas fuentes superficiales, y el resto de pozos perforados equipados con bomba de mecate. Durante la época lluviosa, los pobladores acopian agua de lluvia captada en los techos de sus viviendas, la cual es utilizada únicamente para uso doméstico y aseo personal. Igualmente, en los meses secos, la mayor parte de los habitantes de la comunidad camina distancias que oscilan entre 500 y 600 metros para abastecerse de agua cruda proveniente de fuentes superficiales, las cuales carecen de la calidad requerida para el consumo humano, lo que con frecuencia contribuye en la incidencia de enfermedades como: Diarrea, vómito, parasitosis, entre otros.

Por las razones antes descritas, los líderes comunales y gobierno municipal actualmente gestionan el diseño de un acueducto por bombeo eléctrico, para su posterior ejecución.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Según la constitución política de Nicaragua, en su ley general de aguas nacionales, título I, capítulo V, expresa, que es obligación y prioridad indeclinable del estado promover, facilitar y regular adecuadamente el suministro de agua potable en cantidad y calidad al pueblo nicaragüense, a costos diferenciados y favoreciendo a los sectores con menos recursos económicos.

Por tanto, tomando en cuenta la ley general de aguas nacionales en su capítulo V y el objetivo número 6 agua limpia y saneamiento, que fue definido en la agenda de desarrollo sostenible, cuya meta está prevista alcanzarse el año 2030, además teniendo en cuenta que actualmente las familias de la comunidad El Roble se abastecen de fuentes que no cumplen con los parámetros de calidad que manda la norma descrita en el acuerdo Ministerial N° 232 2011 y acuerdo Ministerial No.65-94, que como consecuencia según datos del centro de salud comunitario las enfermedades diarreicas alcanzan un 30% de todas las enfermedades observadas.

Así mismo es relevante el trabajo excesivo de las mujeres y el trabajo infantil de niños y niñas, quienes recorren distancias que oscilan entre 500 y 600 m, para abastecerse de agua diariamente.

Tomado las referencias anteriores y dado las condiciones actuales de poco acceso al agua potable en la comunidad El Roble, se propone diseñar un acueducto por bombeo eléctrico (MABE), para dotar a la población de agua potable accesible, que contribuya a la reducción de las enfermedades de origen hídrico y que incida en una mejor calidad de vida; y también se favorezcan las metas del objetivo 6 de agua y saneamiento del municipio y el país.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE) para beneficiar a 299 habitantes de la Comunidad El Roble, municipio de San José de Cusmapa, Departamento de Madriz.

### **1.4.1. Objetivos específicos**

- Estudiar las condiciones socioeconómicas y niveles de vida a través de una encuesta a la población, con el fin de conocer las características demográficas, la demanda de servicios de agua potable, saneamiento y aspectos económicos de las familias de la comunidad “El Roble”.
- Hacer un estudio topográfico de la zona donde se realizará el MABE, con el propósito de obtener las características del relieve como fuente de datos para el diseño hidráulico.
- Realizar aforo de la fuente en el periodo de estiaje, así como el análisis físico – químico y bacteriológico de la misma, con el fin de determinar el caudal mínimo en la época más crítica, así como la calidad del agua, según las normas CAPRE.
- Hacer el diseño de los diferentes componentes del sistema de agua de potable: Obra de captación, línea de conducción, depósito de almacenamiento, sistema de desinfección, red de distribución y conexiones domiciliarias, a través del análisis hidráulico basado en la norma.
- Elaborar el presupuesto del mini acueducto por bombeo eléctrico utilizando los costos unitarios del FISE, los alcances de obras, para que el gobierno local conozca los costos del mismo y pueda incluirlo en su cartera de proyectos próximos a ejecutar.

## 1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

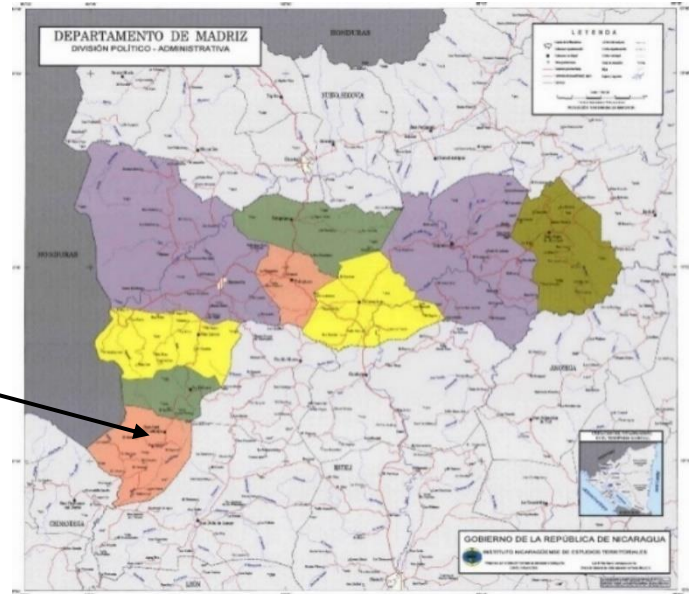
### 1.5.1. Macro y micro localización

Ilustración 1 Macro Localización



País: Nicaragua

Fuente: Elaboración Propia



Departamento: Madriz

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 2 Micro Localización 1

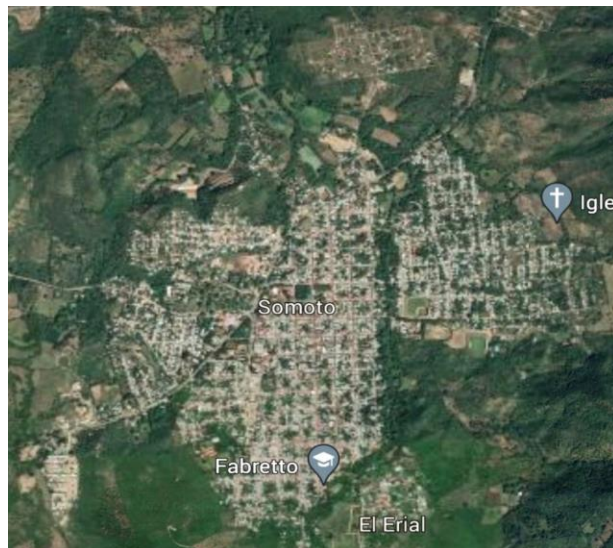




Ilustración 3 Micro Localización 2

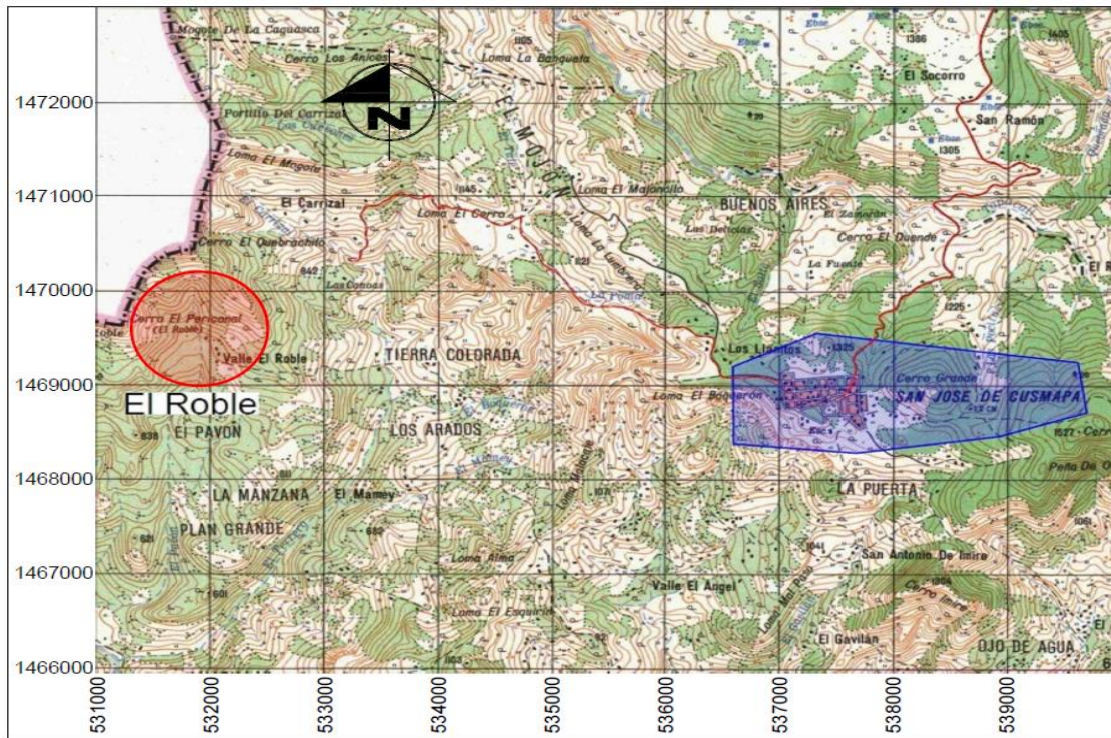


Ilustración 4 Quebrada El Terrero



Comunidad: El Roble  
Fuente: Elaboración Propia

### **1.5.2. Reseña histórica de la comunidad**

La población de este municipio descende de los indígenas chorotegas. Las tradiciones indígenas aún conservan la propiedad compartida de la tierra, la existencia de los consejos de ancianos y las oficinas de los pueblos indígenas. Cusmapa fue fundada en 1954 por el padre italiano Rafael María Fabreto Michelli, donde creó la comunidad urbana y una cooperativa. Actualmente existe una fundación con el nombre del padre que continúa su labor filantrópica.

### **1.5.3. Ubicación geográfica y extensión territorial**

El municipio de San José de Cusmapa se ubica sobre las coordenadas geográficas 13°25'68" latitud Norte, 86°68'37" latitud Oeste. Su extensión es de 130 kilómetros cuadrados. Este es un municipio del departamento de Madriz en la República de Nicaragua. Está situado a una distancia de 248 kilómetros de la capital de Managua, y a 30 kilómetros de la ciudad de Somoto.

### **1.5.4. Límites**

El término municipal limita al norte con el municipio de Las Sabanas, al sur y este con el municipio de San Juan de Limay y al oeste con el municipio de San Francisco del Norte y la República de Honduras.

### **1.5.5. Topografía y clima de San José de Cusmapa**

Su topografía es escarpada con precipicios y rangos de pendientes entre el 50% y el 75%. Los suelos son en su mayoría ácidos, propios para el cultivo de coníferas y presentan problemas de erosión. El municipio tiene un clima tropical. Su temperatura oscila entre los 26 a 28 °C y precipitaciones anuales de 1200 – 1400 m s. n. m. Posee unos de los Miradores más emblemáticos de Nicaragua, con una bella vista hacia el pacífico nicaragüense donde se observa la cordillera volcánica y el golfo de Fonseca. Debido a la ausencia de fuente hídrica de agua dulce, este territorio sufre de constantes sequías

### **1.5.6. Actividades económicas**

La principal actividad económica de San José de Cusmapa es la agricultura, principalmente dirigida al autoconsumo familiar, destacándose la producción de maíz, frijol, sorgo y café. Los tres primeros se obtienen a través de dos cosechas al año, siendo la más productiva la postrera, con superficies aproximadas de producción, considerando ambas cosechas, de: 1,000 manzanas frijol, 900 maíz y 600 sorgo (33 manzanas se dedican al cultivo de café). La poca comercialización del producto se realiza a través de intermediarios o dueños de pulperías. Aunque en el municipio existe un centro de acopio de granos básicos, éste está prácticamente en desuso pues los productores, normalmente, deben vender su cosecha de forma inmediata para responder a compromisos financieros.

### **1.5.7. Vialidad y transporte**

La principal vía de acceso al municipio la constituye la carretera Somoto-San José de Cusmapa (33.6 km), la cual se encuentra adoquinada. Al interior un 80% de las comunidades cuentan con vías de acceso, aunque en muy mal estado. Sólo 6 comunidades de las 25 existentes cuentan con acceso durante todo el año. El municipio dispone del servicio de transporte colectivo, a través de 4 unidades provenientes de Somoto, capital del departamento de Madriz, que prestan el servicio Cusmapa-Somoto y viceversa pasando por Las Sabanas y San Lucas.

### **1.5.8. Vivienda y población actual**

El número de viviendas registradas en San José de Cusmapa es de 1,165 de las cuales 867 (74.42%) se encuentran en el área rural. El 85% de las viviendas están fabricadas con adobe, taquezal (madera y tierra), madera, ripio, y paja; el 15% restante lo están de cuarterón, bloque y prefabricadas. Su población actual es de 8,311 habitantes. De la población total, el 51.2% son hombres y el 48.8% son mujeres. Casi el 25.3% de la población vive en la zona urbana.



## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

**“Tomar agua nos da vida, pero tomar conciencia nos dará agua”  
(Jacques Costeau)**

## **2.1. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO**

El estudio socioeconómico reúne la información necesaria para caracterizar y conocer las condiciones en que viven las familias, el mismo detallará las características de la población, las necesidades de salud, educación y otros servicios. Los instrumentos más usuales para realizar los estudios socioeconómicos son las encuestas y las entrevistas (Cenepred, 2016, pág. 12).

A continuación, se describen algunas técnicas para el levantamiento de datos para la realización de estudios socioeconómicos.

### **2.1.1. Encuesta**

En la investigación social, la encuesta se considera en primera instancia como una técnica de recogida de datos a través de la interrogación de los sujetos cuya finalidad es la de obtener de manera sistemática medidas sobre los conceptos que se derivan de una problemática de investigación previamente construida. La recogida de los datos se realiza a través de un cuestionario, instrumento de recogida de los datos (de medición) y la forma protocolaria de realizar las preguntas (cuadro de registro) que se administra a la población o una muestra extensa de ella mediante una entrevista. (Lopez, Roldan, P, Facheli, 2015, pág. 8) .

### **2.1.2. Entrevista**

La entrevista es una técnica de investigación cualitativa que sirve para recabar información; es una conversación que se propone un fin determinado. Es un instrumento técnico que adopta la forma de diálogo coloquial. (Bravo, Garcia, Fernandez, & Ruiz, 2013, pág. 162).

## **2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Los levantamientos topográficos deben dar una perfecta idea de conjunto y tener detalles suficientes para una ejecución posterior bien ubicada. Se deberá utilizar como punto de partida la Red Geodésica Nacional, tanto en el levantamiento planimétrico como altimétrico (INAA, 2006, pág. 2).



El levantamiento topográfico se deberá amarrar a la Red Geodésica Nacional de por lo menos dos puntos o mojones aprobados por INETER, (INAA, 2006, pág. 2). Los mojones referenciados deben estar protegidos, de tal manera que se pueda reconstruirse a partir de ellos el levantamiento de campo realizado. Los resultados deben presentarse en coordenadas UTM, con DATUM WGS 84.

## **2.3. AFORO DE FUENTE Y CALIDAD DE AGUA**

### **2.3.1. Aforo de fuente**

Existen métodos de aforo de río y canales además hay métodos de aforo propios para descarga de equipos de bombeo (IMTA, 1992).

A continuación, se mencionan algunos métodos conocidos:

- Método con molinetes
- Método volumétrico
- Aforos con vertederos
- Aforos con canales Venturi
- Aforo con dilución (químicos)
- Aforos con flotadores.

Los datos de aforo, deberán corresponder al final del período seco de la zona y se tomará como base para el caudal de diseño, el mínimo valor obtenido (INAA, 1999b, pág. 16)

## **2.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO**

Según la norma regional (CAPRE, 1993, pág. 7), existen cuatro etapas para el estudio de la calidad del agua que se presentan a continuación:

1. Primera etapa: Corresponde al programa de análisis básico, fácilmente ejecutable por cada laboratorio de control de calidad del agua autorizado. Los parámetros en esta etapa de control son: Coliforme total o Coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentración de iones, hidrogeno (pH), conductividad y cloro residual.

2. Segunda etapa: Corresponde al programa de análisis normal y comprende la ejecución de los parámetros de la primera etapa ampliado con aluminio, cloruros, cobre, dureza, sulfatos, calcio, magnesio sodio, potasio, nitrato, nitritos, amonio, hierro, manganeso, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio, selenio, sulfuro de hidrogeno y zinc.
3. Tercera etapa: Corresponde a un programa de análisis avanzado del agua potable, comprende la ejecución de los parámetros de la segunda etapa ampliado con sólidos totales disueltos, desinfectantes, subproductos de la desinfección y sustancias orgánicas (plaguicidas) de significado para la salud.
4. Cuarta etapa: Corresponde a programas ocasionales ejecutados por situaciones especiales o de emergencia. La autoridad nacional competente determinara los parámetros de control requeridos.

## **2.5. MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO (MABE)**

El acueducto por bombeo eléctrico (MABE), es una opción que será considerada solo en los casos en que exista: Disponibilidad de fuente de abastecimiento, disponibilidad de energía eléctrica y capacidad de pago de la comunidad (INAA, 1999a) d.

La parte más importante del sistema de abastecimiento de agua es la línea de conducción y red de distribución que, junto con la fuente, forman un sistema de infraestructuras para llegar hasta los usuarios (INAA, 1999a).

### **2.5.1. Población a servir**

La población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema. La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de población, generalmente por método aritmético o geométrico (INAA, 1999a).

### **2.5.2. Dotaciones**

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de: Nivel de servicio adoptado, factores geográficos, factores culturales y uso del agua. En el caso de poblaciones dispersas, para sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 50 lppd, para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 80 lppd, para los pozos excavados a mano y pozos perforados se asignará una dotación de 20 a 30 lppd, y para captaciones individuales de agua de lluvia se asignará un caudal de 10 lppd (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 10)

### **2.5.3. Línea de conducción**

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día (INAA, 1999a, pág. 32).

### **2.5.4. Estaciones de bombeo**

En las estaciones de bombeo 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.

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.



La fundación del equipo de bombeo se diseña de acuerdo a las dimensiones y característica del equipo, generalmente es de concreto reforzado con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

### **2.5.5. Tanque de almacenamiento**

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, tienen como objetivos; suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua.

Volumen compensador debe compensar las variaciones horarias del consumo.

En este caso se debe almacenar para:

- a. Poblaciones menores de 20000 habitantes, el 25% del consumo promedio diario más pérdidas (CPD) ;
- b. Poblaciones mayores de 20000 habitantes, será necesario determinar este volumen en base al estudio y análisis de las curvas acumuladas (masas) de consumo y de producción, del sistema de agua de la localidad existente o de una similar.

Reserva para eventualidades y/o emergencias. Este volumen debe ser igual al 15% del consumo promedio diario (CPD). Reserva para combatir incendios. La reserva para incendio se hará con un almacenamiento de 2 horas de acuerdo a la demanda de agua para incendio. (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, págs. 32-35)

### **2.5.6. Desinfección del agua**

Si la calidad del agua no satisface las normas recomendadas deberá someterse a un proceso de potabilización. Toda agua que se abastece para consumo humano debe someterse a desinfección; incluso la de origen subterráneo para prevenir cualquier contaminación durante su distribución. El cloro usado nacionalmente para

desinfección del agua puede ser como solución de Hipoclorito de Sodio (liquido) o como cloro gas. En general, el Hipoclorito se recomienda para abastecimiento de pequeñas poblaciones (INAA, 1999b, pág. 96)

#### **2.5.7. 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 el consumo de hora máxima al final del periodo de diseño. El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos (INAA, 1999a).

#### **2.5.8. Conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias son tomas de agua que se aplican en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como: Disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población, y número de usuarios del servicio (INAA, 1999a, pág. 13).

#### **2.5.9. Golpe de ariete**

El fenómeno del golpe de Ariete, también denominado transitorio, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad. El valor de la sobrepresión debe tenerse en cuenta a la hora de dimensionar las tuberías. Los principales elementos protectores en este caso serían las ventosas y los calderines, como estudiaremos posteriormente (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, 2010).

#### **2.5.10. Presupuesto de obras**

Dentro de la construcción, el control presupuestario de la obras presenta particularidades propias de cada obra, en virtud de las características que

diferencian este tipo de obras, al involucrar una serie de procesos y operaciones extensas, donde cada una implica métodos de construcción, equipos y maquinarias, mano de obra diferente, al existir lugares de trabajo siempre diferentes, personal en la obra variados: Profesionales, obreros calificados, obreros no calificados, cuyos costos por lo tanto son variables. Cada obra en particular requiere ser cuidadosamente estudiada desde todos los puntos de vistas: Normas específicas institucionales, métodos constructivos a utilizar, disponibilidad de recursos financieros, materiales y mano de obra, modalidad de contratación, fluctuaciones en el mercado, tiempos de ejecución, pliego de bases del concurso, ajuste de precios, etc. (INIFOM, pág. 48)



# **CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

**“El agua pura es la primera y más importante medicina del mundo”**

**(Proverbio eslovaco)**

### **3.1. TIPO DE ESTUDIO**

El presente estudio técnico es de carácter descriptivo el cual se utilizó métodos cuantitativos, que se manifestaron en todos los cálculos estadísticos e hidráulicos necesarios para el diseño del MABE; no obstante, también se recurrió a métodos cualitativos en algunos procesos que toman en consideración la opinión de los líderes municipales y de la comunidad.

### **3.2. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO**

Se efectuó un censo aplicado a los hogares, con el apoyo de líderes de la comunidad. Entre las temáticas que se indagaron se mencionan:

- Características demográficas
- Acceso a servicios y calidad de los mismos
- Agua y saneamiento
- Condiciones económicas de la población

El instrumento para la aplicación de censo se presenta en el anexo I.

También, se realizó entrevista con las temáticas antes indicadas a los líderes de la comunidad.

La información obtenida en los formularios del censo, se procesó con los softwares siguientes:

- Excel del paquete office
- Word del paquete office

### **3.3. TOPOGRAFÍA**

El estudio topográfico se realizó en dos etapas, una de campo y otra de gabinete.

A continuación, se describe cada etapa:

### **3.3.1. Etapa de campo**

- Se realizó recorrido de campo con el propósito de identificar los lugares de cobertura del proyecto en coordinación con líderes comunitarios y técnicos municipales.
- Se levantaron los datos del terreno (coordenadas) usando las siguientes herramientas: Estación Total, GPS, cinta métrica, estadia, clavos y brújula.
- El levantamiento topográfico cumplió con los requisitos de precisión, cierre y metodología que se indican a continuación: El levantamiento altimétrico se hizo una referencia a dos BM Geodésico. Se hicieron estacionamientos no mayores de 20 m y se tomaron todos los accidentes que se presentaron entre estos estacionamientos, tales como cauces, depresiones, cunetas, alcantarillas y otras tuberías existentes, etc. Se conformó al menos una poligonal cerrada de manera que lograra comprobar el cierre. La precisión lineal no será menor de  $1/3000$ . En el caso de poligonales cerradas el error angular  $E_a$  deberá ser igual o menor de  $n^{1/2}$ , siendo  $n$  el número de ángulos del polígono y  $E_a$  expresado en segundos sexagesimales.
- En lugares convenientemente ubicados que garantizó su conservación, se colocaron mojones que permitieron el replanteo del polígono. Los mojones consistirán en un cilindro de concreto simple de 0.10 m de diámetro y 0.80 m de largo con una varilla de acero de  $3/4$ " en el centro, sobre saliendo de la superficie del suelo 0.05 m.
- El error de cierre en nivelación "En" deberá ser igual o menor que  $30(L)^{1/2}$ , siendo "L" la longitud nivelada en km y "En" expresado en mm.
- Las curvas de nivel tienen un intervalo de 0.50 m a 1.00 m.

### **3.3.2. Fase de procesamiento de datos o de gabinete**

El procesamiento se realizó con los programas siguientes:

- Se descargaron los datos de estación total y procesamiento de datos con Excel y Civil 3D.
- Se produjeron los planos que se detallan a continuación: Plano de conjunto sin proyecto. Plano de conjunto con proyecto. Plano topográfico. Tablas de

derroteros. Plano de localización de protagonistas del proyecto. Planta-Perfil de línea de conducción, captación. Plano de red de distribución propuesta.

### **3.4. AFORO DE LA FUENTE Y CALIDAD DEL AGUA**

#### **3.4.1. Aforo de la fuente**

El aforo de la fuente se realizó mediante el método volumétrico recomendado para casos de fuentes de agua superficiales que presenten caudal reducido. Los datos de aforo se tomaron al final del período de estiaje y servirá de base para el diseño, una vez que se tomó el estimado caudal ecológico y posterior cuantificación de caudal aprovechable.

#### **3.4.2. Análisis físico-químico y bacteriológico**

Las Normas de Calidad del Agua para el consumo humano en Nicaragua han sido adoptadas de la “Norma Regional de Calidad del Agua para el Consumo Humano”, editadas por el Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable (CAPRE), en septiembre de 1993 y revisadas en marzo de 1994 (INAA, 1999b).

Captaciones Superficiales. (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 17). Para el aprovechamiento de estos recursos se deben realizar estudios estacionales de caudal y calidad del agua de acuerdo a lo establecido por la ANC dispuestos en los Anexos A y B de la presente Norma:

- Período de estiaje. Se deben realizar estudios de aforos para validar la disponibilidad de agua.
- Período lluvioso. Se deben realizar estudios para determinar el caudal máximo, así como análisis para determinar el índice de turbidez y concentraciones de otras sustancias, con el objetivo de seleccionar la tecnología apropiada para su potabilización.

El análisis fisicoquímico y bacteriológico, necesario para asegurar la calidad de agua se realizó tomando en consideración lo establecido en la norma CAPRE y lo establecido de la norma nacional (INAA, 1999b, págs. 15-22)

Esta actividad se realizó basado en las normas nacionales y norma CAPRE, se solicitarán los análisis correspondientes a la primera y segunda etapa según la Norma (CAPRE, 1993, pág. 7)

- Primera etapa, E1: Corresponde al Programa de Análisis Básico. Los parámetros en esta etapa de control son: Coliforme total o Coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentración de iones hidrógeno (pH), conductividad y cloro residual.
- Segunda etapa, E2: Corresponde al Programa de Análisis Normal y comprende la ejecución de los parámetros de la primera etapa ampliado con: aluminio, cloruros, cobre, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, nitratos, nitritos, amonio, hierro, manganeso, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio, selenio, sulfuro de hidrógeno y zinc. Los resultados se evaluarán según los valores recomendados y máximo admisible se indican en el Anexo # 01 de la norma (CAPRE, 1993, págs. 12-17).
- No se aplica etapa 3 de la norma (CAPRE, 1993), debido a que no es una zona no agrícola con predominancia de bosques no intervenidos, por lo que se considera que no hay presencia de pesticidas u otros productos similares.

### 3.5. DISEÑO DEL MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO

A continuación, se describen los procedimientos y ecuaciones que se utilizaron en el diseño del mini acueducto (MABE).

#### 3.5.1. Población de diseño

La información de datos poblacionales se obtuvo del censo realizado a la comunidad. Para el cálculo de las poblaciones futuras se usó el método geométrico expresado por la ecuación 1.

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



Dónde:

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.

Se partió de la tasa de crecimiento histórico, la que se comparó con la tasa de crecimiento obtenida por la municipalidad en la fecha actual. Los valores de la tasa actual, se compararon con el rango de las tasas comprendidos entre 2.5% y 4.0%, que son las recomendadas por la norma; se adoptó un valor coherente con la misma (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 8)

### 3.5.2. Dotación y consumo

Se adoptó un caudal de 80 lppd como lo manda la nueva norma (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 10)

El consumo doméstico (CD) se calculó con la ecuación 2.

$CD = \frac{P_f (\text{dotación})}{86400}$	Ecuación 2
--	------------

Dónde:

CD: Consumo doméstico, l/s

P<sub>f</sub>: Población final

Dotación: 80 lppd

### 3.5.3. Factores de demanda

Con relación a los factores de la demanda, sólo se tomó en cuenta el consumo institucional o público, se excluyó los consumos comercial e industrial debido a que en la comunidad no existen los mencionados tipos de consumos. Para el cálculo se usó la ecuación 3 (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 11)

$C_{int} = \frac{7}{100} CD$	Ecuación 3
------------------------------	------------

Dónde:

$C_{int}$ : Consumo institucional, l/s

CD: Consumo doméstico, l/s

#### 3.5.4. Consumo promedio diario

El consumo promedio diario se calculó mediante la ecuación número 4.

$CPD = CD + C_{int}$	Ecuación 4
----------------------	------------

Dónde:

CPD: Consumo promedio diario, l/s

CD: Consumo doméstico, l/s

$C_{int}$ : Consumo institucional, l/s

#### 3.5.5. Pérdidas en el sistema o fugas

Las fugas o pérdidas en el sistema se calcularon aplicando la ecuación 5, (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 12)

$f = CPD \frac{15}{100}$	Ecuación 5
--------------------------	------------

Dónde:

F: Pérdidas en el sistema o fugas, l/s

CPD: Consumo promedio diario, l/s

#### 3.5.6. Variaciones de consumo

Se aplicaron las siguientes expresiones presentes en la norma para calcular las variaciones de consumo (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 12)

### 3.5.7. Consumo máximo diario

El caudal de diseño de la línea de conducción para el último día del periodo de diseño del proyecto es el consumo máximo diario (CMD) y se calculó con la ecuación 6.

$CMD = 1.5 (CPD) + f$	Ecuación 6
-----------------------	------------

Dónde:

CMD: Consumo Máximo Diario, l/s

CPD: Consumo Promedio Diario, l/s

f: Pérdida o fugas en el sistema, l/s;

El caudal de diseño de la red de distribución para el último día del periodo de diseño es el consumo máximo horario (CMH), y se calculó con la ecuación 7.

$CMH = 2.5 (CPD) + f$	Ecuación 7
-----------------------	------------

Dónde:

CMH: Consumo Máximo Horario, l/s

CPD: Consumo Promedio Diario, l/s

f: Pérdida o fugas en el sistema, l/s

### 3.5.8. Diseño hidráulico

#### 3.5.8.1. Dimensionamiento de la columna de bombeo

El diámetro de la columna de bombeo del carcamo acoplado a la bomba, fue diseñado para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por lo cual se recomiendan los diámetros para la columna de bombeo en relación al caudal descritos en la tabla No. 10 de la (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 20)

El factor de seguridad en la sumergencia 6 m de la bomba está en dependencia de las variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en época seca

y época lluviosa (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 20). La longitud de la columna de bombeo se calculó mediante la ecuación 8.

$L = NDA + \text{sumergencia}$	Ecuación 8
--------------------------------	------------

Dónde:

NDA: Nivel dinámico del agua, m

Sumergencia: Profundidad que toma en cuenta la sumergencia de la bomba y la variación estacionaria, metros.

También se calculó la velocidad de flujo en la columna de bombeo y se hará con la ecuación 9.

$v = \frac{Q}{\pi \frac{d^2}{4}}$	Ecuación 9
-----------------------------------	------------

Velocidad, m/s

Q: Caudal, m<sup>3</sup>/s

d: Diámetro, m;

Las pérdidas de carga en la columna de bombeo se calcularon mediante la ecuación 10, de Hazen - Williams.

$\frac{H}{L} = S = \frac{10.675Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}}$	Ecuación 10
--	-------------

Dónde:

H: Pérdida de carga, m

L: Longitud, m

S: Pérdida de carga m/m

Q: Gasto en m<sup>3</sup>/s

D: Diámetro, m

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

### 3.5.9. Dimensionamiento de la sarta

Para el diseño del diámetro de la sarta se utilizó los valores descritos en el cuadro No. 64 que describe la norma (INAA, 1999a, pág. 24).

La velocidad de flujo en la sarta se calculó en la ecuación 9, las pérdidas de carga por fricción con la ecuación 10 de Hazen-Williams.

Las pérdidas de carga locales causadas por los accesorios en la sarta se calcularon con la ecuación 11.

$\sum_{K=1}^n k \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right)$	Ecuación 11
--	-------------

Dónde:

- K: Coeficiente de pérdida de carga por accesorio
- v: velocidad del flujo, m/s
- g: Gravedad, m/s<sup>2</sup>

Los accesorios de la sarta serán:

- Macro medidor
- Manómetro de medición de presión con llave de chorro 12,7 mm
- Válvula de retención
- Derivación de descarga para pruebas de bombeo y limpieza del mismo diámetro de la sarta
- Válvula de aire y vacío
- Válvulas de compuerta
- Válvula de alivio
- Unión flexible tipo Dresser

El orden de los componentes de la sarta partiendo de la descarga es, válvula de aire y vacío, medidor, manómetro, válvula de retención y la válvula de compuerta. Cuando sea necesario, debe proyectarse una válvula de alivio para proteger la instalación de sobrepresiones causadas por el golpe de ariete.

### 3.5.10. Línea de conducción

Para el cálculo preliminar del diámetro económico de la línea de conducción se usó la ecuación 12.

$D = K Q^n$	Ecuación 12
-------------	-------------

D: Diámetro, m

Q. Caudal, m<sup>3</sup>

Con K = 0.9 y n = 0.45.

En base al diámetro teórico estimado, se seleccionó un diámetro comercial en tubería PVC. La velocidad de flujo en la tubería de conducción se calculó con la ecuación 8 y las pérdidas cargas por fricción mediante la ecuación 10.

La carga dinámica total se calculó mediante la ecuación 13, que se describe a continuación:

$CDT = H + h_f + h_l$	Ecuación 13
-----------------------	-------------

Dónde:

H: Altura estática, es nivel de dinámico (NDA) más la diferencia de cotas del pozo y del tanque, más la altura de descarga del tanque, m.

h<sub>f</sub>: Pérdidas por fricción en la columna de bombeo, en la sarta y línea de conducción, m.

h<sub>l</sub>: Pérdidas locales en la sarta, m

### 3.5.11. Golpe de ariete

La celeridad de la onda de presión se calculó con la ecuación 14.

$a = \frac{9900}{\sqrt{48 + K\left(\frac{D}{e}\right)}}$	Ecuación 14
--	-------------

Dónde:

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

K: Coeficiente en función del módulo de elasticidad ( $\mathcal{E}$ ) del material

$K = \frac{10^{10}}{\mathcal{E}}$
-----------------------------------

$\mathcal{E}$ : Módulo de elasticidad del material, Kg/m<sup>2</sup>

D: Diámetro de la tubería, m

e: Espesor de la tubería, m

El tiempo de cierre de la válvula se calculó con la ecuación 15 de Mendiluce.

$T = C + \frac{KLv}{gH_m}$	Ecuación 15
----------------------------	-------------

Dónde:

L: Longitud de la conducción, m

v: Velocidad de régimen del agua, m/s

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

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

Los valores de C se presentan a continuación:

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

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

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

Los valores de K se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 1: Valores de K en función del módulo de elasticidad del material

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

EL tiempo de recorrido de onda de presión se calculó con la ecuación 16.

$t = \frac{2L}{a}$	Ecuación 16
--------------------	-------------

Dónde:

t: Tiempo de recorrido de la onda de presión, s

L: Longitud de la tubería, m

a: Celeridad de la onda, m/s

La evaluación del tiempo de cierre tendrá los siguientes criterios:

T < t: Cierre rápido

T > t: Cierre lento;

Siendo T, tiempo de cierre de válvula y t el tiempo que tarda en su recorrido la onda de presión.

El cálculo de la longitud crítica "Lc", se realizó, aplicando la ecuación 17.

$L_c = \frac{aT}{2}$	Ecuación 17
----------------------	-------------

Dónde:

Lc: Longitud crítica, m



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

T: Tiempo de cierre de la válvula, s

Los criterios de evaluación del tipo de longitud serán:

Si  $L < L_c$ : la Impulsión es corta

Si  $L > L_c$ : la impulsión es larga

Finalmente, para el cálculo de la sobre presión se tendrán en cuenta los resultados de las evaluaciones del tiempo de cierre y longitud crítica de la manera siguiente: Si la impulsión es corta y el tiempo de cierre es lento, se aplicó la ecuación 18 de Michaud.

$\Delta H = \frac{2 L v}{g T}$	Ecuación 18
--------------------------------	-------------

Dónde

$\Delta H$ : Sobre presión, m

L: Longitud de la tubería, m

v: Velocidad del flujo, m/s

g: Aceleración de la Gravedad,  $m/s^2$

T: Tiempo de cierre de la válvula, s. En caso contrario, si la impulsión es larga y el tiempo de cierre es rápido, se usó la ecuación 19 de Alievi.

$\Delta H = \frac{a v}{g}$	Ecuación 19
----------------------------	-------------

Dónde:

$\Delta H$ : Sobre presión, m

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

v: Velocidad del flujo, m/s

g: Aceleración de la gravedad, m/s<sup>2</sup>. La presión hidrostática y la sobre presión generan la presión total en el sistema una vez que ha ocurrido el golpe de ariete y se calculó con la ecuación 20.

$H_t = H + \Delta H$	Ecuación 20
----------------------	-------------

H<sub>t</sub>: Altura total que incluye la sobre presión, m

H: Altura hidrostática, m

ΔH: Sobrepresión, m. Basado en este resultado se determinó la cédula de la tubería que será utilizada en el diseño de la línea de conducción.

### 3.5.12. Selección de la bomba

Basado en caudal del consumo máximo diario (CMD) y carga dinámica total se determinó la potencia teórica de la bomba, la cual se calculó con la ecuación 21.

$P = \frac{\gamma Q H}{EF (746)}$	Ecuación 21
-----------------------------------	-------------

Dónde:

P: Potencia de la bomba, Hp

Q: Caudal, m<sup>3</sup>/s

H: Carga dinámica total, m

Ef: eficiencia de la bomba, 70%

Teniendo como referencia la potencia teórica y conociendo el caudal del consumo promedio diario (CPD) y carga dinámica total (CDT), se utilizó el ábaco de las bombas Franklin Electric, a partir del cual se seleccionó la bomba.

También se diseñó la caseta de bombeo con todos sus componentes basados en su plano típico del FISE anexo 3.

### 3.5.13. Tanque de almacenamiento

La capacidad del tanque de almacenamiento según la norma (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 33), debe de satisfacer las condiciones siguientes:

- Volumen compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimó en el 25% del consumo promedio diario (CPD) mas pérdidas o fugas.
- Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimó igual al 15 % del consumo promedio diario (CPD).

$\text{Volumen compensador} = \text{CPD} \times 16 \text{ hrs.} \times 3600\text{s} \times 25\%$ $\text{Volumen de reserva} = \text{CPD} \times 16 \text{ hrs.} \times 3600\text{s} \times 15\%$	Ecuación 22
--	-------------

Dónde:

V: Volumen de almacenamiento, m<sup>3</sup>.

CPD: Caudal, l/s

P: Pérdidas o fugas, l/s

Hra bombeo: 16 horas de bombeo

### 3.5.14. Simulación hidráulica

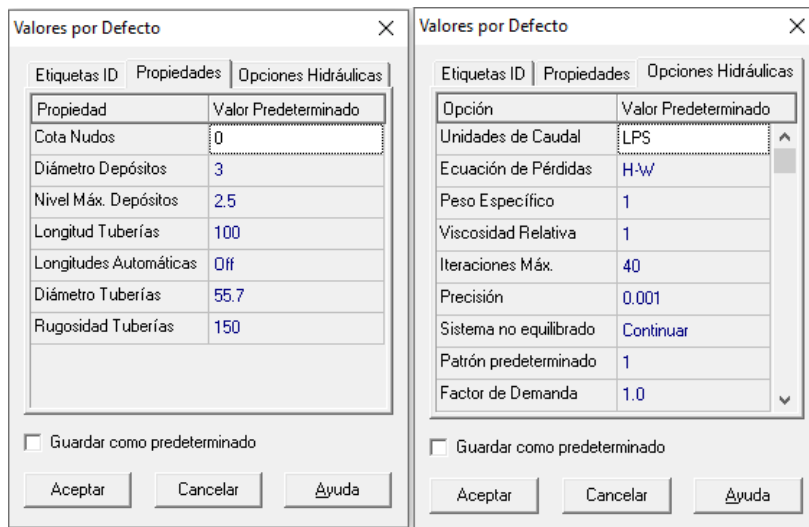
La simulación hidráulica se hizo con EPANET 2.0 y se basó en los siguientes datos:

- Caudal máximo diario (CMD), para simular la línea de conducción que incluye: columna de bombeo, sarta, accesorios y tubería de conducción.
- Para la red de distribución se hizo dos análisis hidráulicos, el análisis hidráulico cuando el consumo es igual a cero, y el análisis hidráulico con el caudal máximo horario (CMH), para simular la red y accesorios como válvulas reductoras de presión, roturas de carga y limitadoras de caudal.
- Datos topográficos, para proporcionar las cotas y distancias del terreno, que son el espacio físico donde se hizo el diseño del acueducto. Los datos fueron

exportados de CIVIL 3D en formato dxf a EPACAD y posteriormente en formato INP a EPANET.

En la configuración de los valores por defecto de EPANET, se establecieron los parámetros para cálculos de pérdidas de carga con la ecuación de Hazen – Williams, los datos de caudal en “l/s”, presión en “m” y resto de parámetros según el sistema internacional de unidades, como se observa en la ilustración 5.

*Ilustración 5 Configuración de propiedades y opciones hidráulicas*



### 3.5.15. Simulación de la línea de conducción

La simulación se realizó con el caudal de consumo máximo diario (CMD), se adoptó la bomba seleccionada en el capítulo diseño de línea de conducción, de la cual se tomó su curva característica para la simulación. Los diámetros de tuberías, para la columna de bombeo y sarta están acorde al capítulo diseño de línea de conducción. Las pérdidas locales de sarta se hicieron con la sumatoria de los coeficientes pérdidas locales de los accesorios “K”, que se ingresaron en el parámetro coeficiente de pérdida de la tubería en el tramo correspondiente a la sarta.

Todas las longitudes de las tuberías se tomaron de los datos importados de CIVIL 3D, las tuberías de columna de bombeo y sarta fue de HG, mientras que la línea de

conducción hasta el tanque es de PVC. El diámetro de esta última se adoptó según la tubería para línea de conducción presentada en el capítulo diseño de línea de conducción dimensionada según el criterio de Bresse. Finalmente se comprobó que, a la carga manométrica de la bomba simulada y caudal producido por la misma, es similar a los cálculos del capítulo diseño de línea de conducción.

### **3.5.16. Simulación de la red de distribución abierta**

La simulación de la red de distribución se hizo con el caudal del consumo máximo horario (CMH), el cual se distribuyó en nodos concentrados. El caudal de los nodos concentrados se calculó proporcional a la cantidad de viviendas, esta metodología se utilizó debido a la distribución heterogénea de las viviendas en la comunidad.

Los diámetros de las tuberías se determinaron basados en las velocidades y presiones que manda la norma, que para redes de distribución corresponde a velocidades de 0.4 a 2 m/s y presiones en un rango de 5 a 50 m. Cuando resultan presiones superiores a la norma, se utilizaron en la simulación válvulas reductoras de presión o roturas de carga, así mismo para mantener caudales acordes a la demanda de los nodos, se utilizaron válvulas de control de flujo y limitadoras de caudal.

La simulación se realizó con dos escenarios:

- Con el caudal de la demanda máxima horaria (CMH), para comprobar el velocidades y presiones en un tipo de flujo estacionario.
- Con demanda cero para comprobar las presiones hidrostáticas cuando haya una demanda mínima en la red.

### **3.5.17. Presentación de resultados**

- Los resultados de las simulaciones se presentaron en tablas, en las cuales se exponen las longitudes, diámetros, velocidades y pérdidas de carga. También se hicieron tablas como nodos, cotas, altura piezométricas y presiones.

- Además, se presentaron perfiles con las correspondientes cotas, alturas piezométricas y presiones, así mismo se presentaron vistas en planta de los tramos de la red de distribución, según su funcionamiento y servicio previsto.
- También se presentaron la simulación de cloro residual basada en la dosis que fue calculada en el capítulo de desinfección

### 3.5.18. Desinfección

Para la desinfección se usó hipoclorito de sodio (líquido), como lo expresa la norma para poblaciones pequeñas (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 35). También se tuvo en cuenta la capacidad requerida de la estación de cloración y se calculó con la ecuación 23.

$C_a = \frac{QC}{1000}$	Ecuación 23	
-------------------------	-------------	--

Dónde:

Ca: Capacidad de diseño de la estación de cloración, KgCloro/día

Q: Caudal de agua, máximo horario, m<sup>3</sup> /día

C: Dosis de cloro a aplicar, mg/l

En general se recomienda hipo cloración para capacidades menores de 1 kg /día y caudales de 8.20 l/s como máximo. La concentración de cloro en el envase del hipoclorito tiene 120 gr/l de cloro. El hipoclorito de sodio se aplicó diluido a 1% y máximo al 3%.

### 3.5.19. Conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias se diseñaron según lo establecido en la norma (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 32)

## 3.6. PRESUPUESTO

El presupuesto se realizó en base a las cantidades de obras las cuales se determinaron a partir de los planos constructivos y las especificaciones técnicas correspondientes, las especificaciones basadas en la norma en cuanto a los accesorios y equipos de bombeo de emergencia. A las cantidades de obras se le

aplicaran los precios unitarios por actividades, las cuales están agrupadas en etapas y subetapas de acuerdo al catálogo del Nuevo FISE.

El procesamiento de los datos se realizó con hoja de cálculo Excel, y se presentó un informe resumido por etapas y otro detallado por etapas, subetapas y actividades.



## **CAPÍTULO IV RESULTADOS**

**“Si hay magia en este planeta esta contenida en el agua”**

**(Loran Eisely)**



A continuación, se muestran los resultados alcanzados por cada objetivo propuesto en el presente estudio:

#### 4.1. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

Se realizó un estudio socioeconómico en la comunidad de El Roble municipio de San José de Cusmapa, en el cual se realizaron 50 encuestas de los 60 horares debido a que en las 10 viviendas no encuestadas no se encontró el jefe de familia y en otros casos habían emigrado. El estudio se realizó para indagar: Información sobre las viviendas, información de la familia, e información sobre el abastecimiento de agua. A continuación, se describe cada uno de los ítems estudiados.

##### 4.1.1. Información sobre las viviendas

La población de la comunidad de El Roble es de 299 habitantes según el último censo nacional (INIDE, 2005). Tomando en consideración una tasa de crecimiento de 2.5%, que está entre el rango que establece la norma (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 8), la población de la comunidad al año 2042 será de 490 habitantes.

- **Tenencia de la vivienda**

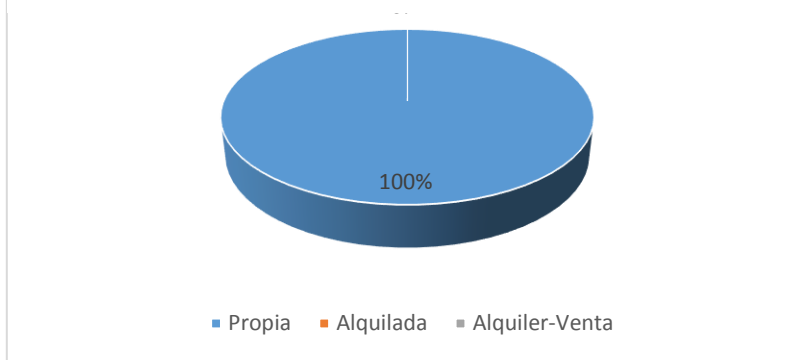
De acuerdo a las encuestas levantadas en el presente estudio, se encontró que, de los 50 hogares encuestados, (tabla 2 y gráfica 1), el 100% de ellos son hogares propios, indicando así que ninguna de las familias habita en lugares rentados.

*Tabla 2: Tenencia de la vivienda*

Propia	Alquilada	Alquiler venta	Total
50	0	0	50

*Fuente: Elaboración propia*

Gráfico 1 Tenencia de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

- **Tipo de material de las viviendas**

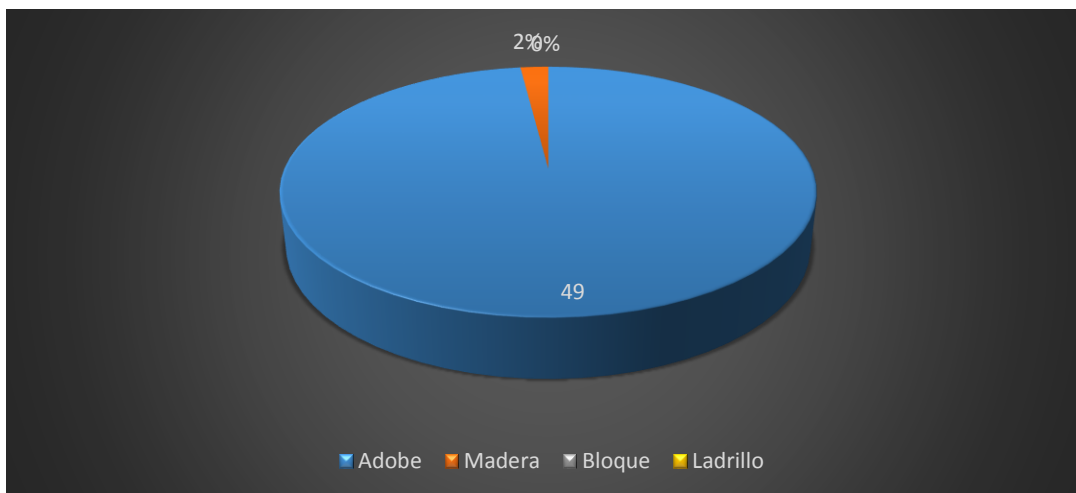
También se analizó el tipo de material con el que están construidas las viviendas, como se muestra en la tabla 3, encontrándose que un 98% de éstas están construidas a base de adobes de tierra, y tan sólo el 2% están construidas de madera, es decir una sola vivienda, a como se observa en la gráfica 2.

Tabla 3: Material predominante

Material	Adobe	Madera	Bloque	Ladrillo	Total
Cantidad	49	1	0	0	50

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2 Material predominante



Fuente: Elaboración propia

- **Servicios básicos**

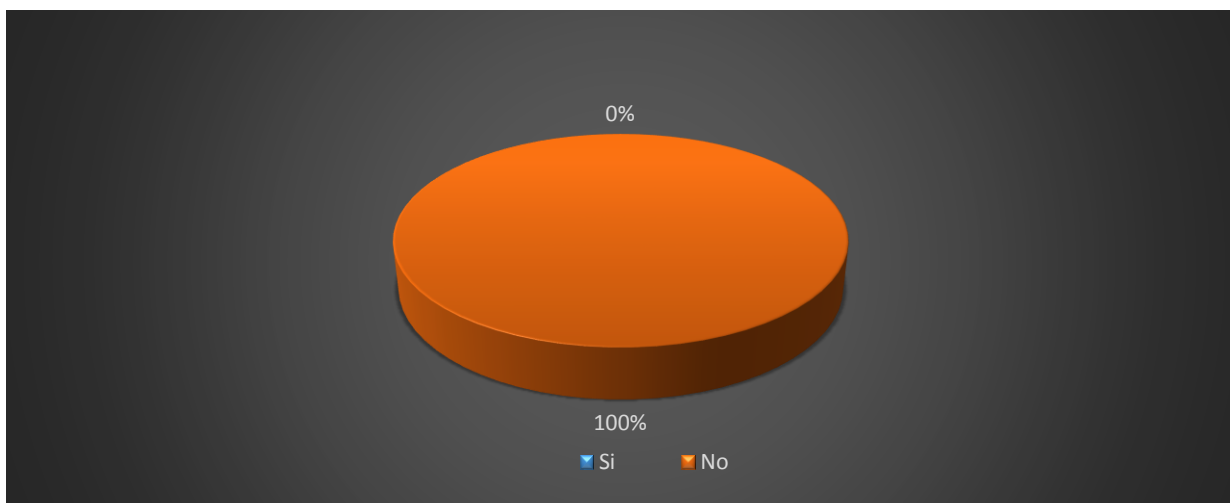
De igual manera se analizó por hogar el acceso a servicios básicos que poseen, estudiando en este caso particular 4 de ellos, (Servicio de energía eléctrica, red de agua potable, red de desagüe, acceso a un tipo de saneamiento), encontrándose que en el primer caso el 100% de las familias tienen acceso a energía eléctrica, algo completamente contrario con respecto al servicio de agua potable ya que ninguna de las familias lo tiene y, por ende, ninguna tiene acceso a red de desagüe, siendo su único tipo de saneamiento las letrinas, ya que de estas solamente el 8% de los hogares lo carece, el acceso a los servicios básicos se muestra en las tablas y graficas 3,4,5, y 6 respectivamente.

Tabla 4: Servicios básicos

Posee energía eléctrica		
Si	No	Total
50	0	50

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3 Posee energía eléctrica



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Red de agua potable

Si	No	Total
0	50	50

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4 Posee red de agua

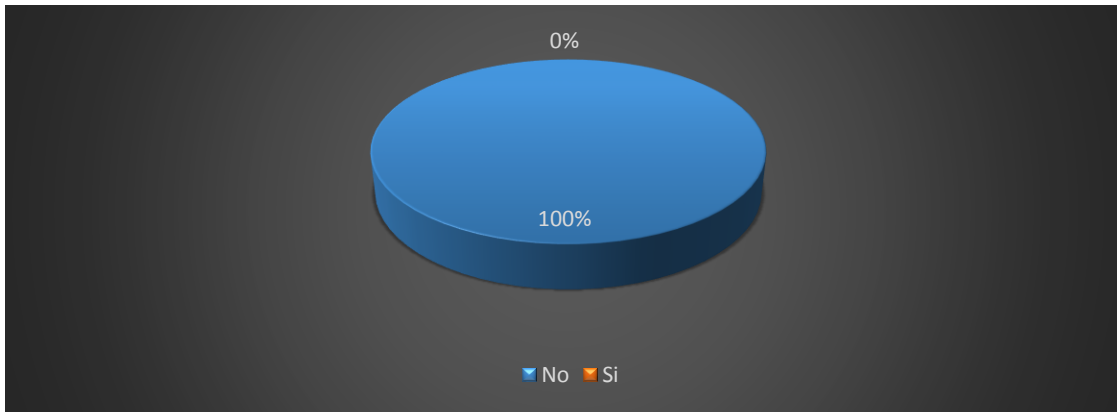
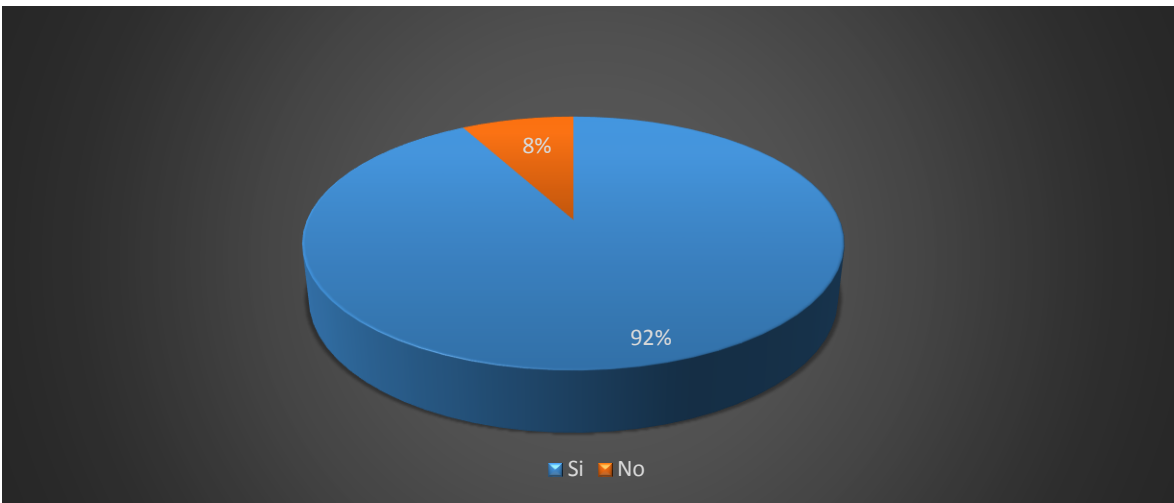


Tabla 6: Posee saneamiento

Si	No	Total
46	4	50

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5 Posee saneamiento



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Información sobre la familia

La información sobre las familias en el presente estudio, comprende la cantidad de personas que habitan en el hogar, cuantas personas trabajan de la familia y qué grado de estudios posee, así mismo se analizaron aspectos como los rubros que

con más frecuencia se dan entre los comunitarios especialmente en la producción agrícola y ganadera, tipos de enfermedades más frecuentes y sus ingresos mensuales.

A continuación, se describen cada uno de los factores antes mencionados:

- **Cantidad de personas que habitan el hogar**

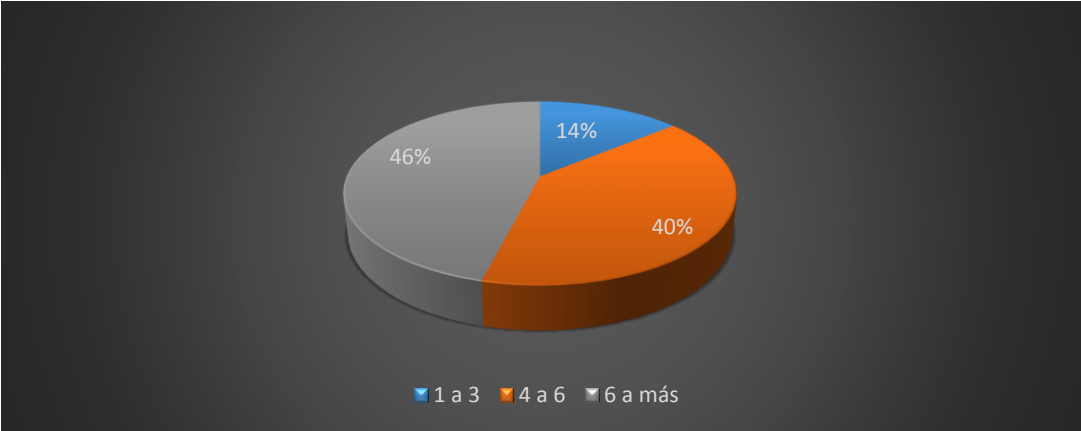
De acuerdo a los resultados de las 50 encuestas realizadas en la comunidad observando la cantidad de personas que habitan por hogar se encontró que en siete hogares habitan de 1 a 3 personas, mientras que en 20 hogares se encontró que habitan de 4 a 6, sin embargo, en veintitrés hogares habitan más de 6 personas. En términos porcentuales la cantidad de hogares que mostraron la mayor cantidad de miembros corresponden a aquellas donde habitan más de 6 personas, representados con 46%, como se muestra en la tabla 7 y gráfico 6.

Tabla 7 Personas que habitan la vivienda

Personas que habitan la vivienda			
1-3	4-6	6 a más	Total
7	20	23	50

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6 Personas que habitan la viviendas



Fuente: Elaboración propia

- **Cantidad de personas que trabajan en cada familia**

Con respecto a la cantidad de personas que trabajan en cada seno familiar, se encontró que en 39 de los 50 hogares encuestados trabajan al menos de 1 a 2 personas, lo que representa el 78%, mientras que el otro 22% está representado por los 11 hogares restantes donde se halló que trabajan de 3 a más personas.

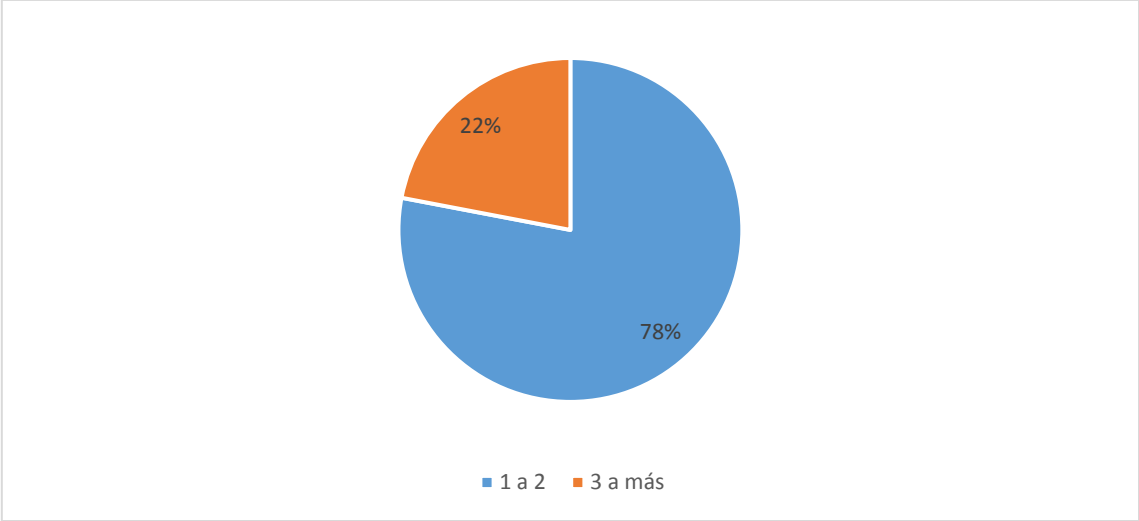
Los resultados anteriores indican que toda la población de esta comunidad cuenta con su pequeño empleo, de esta manera logran llevar el sustento a sus hogares.

Tabla 8 Cantidad de personjas que trabajan por familia

Cantidad de personas que trabajan	Cantidad de hogares
1-2	39
3 a más	11

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7 Cantidad de personas que laboran por familias



- **Grado de estudio con el que cuenta**

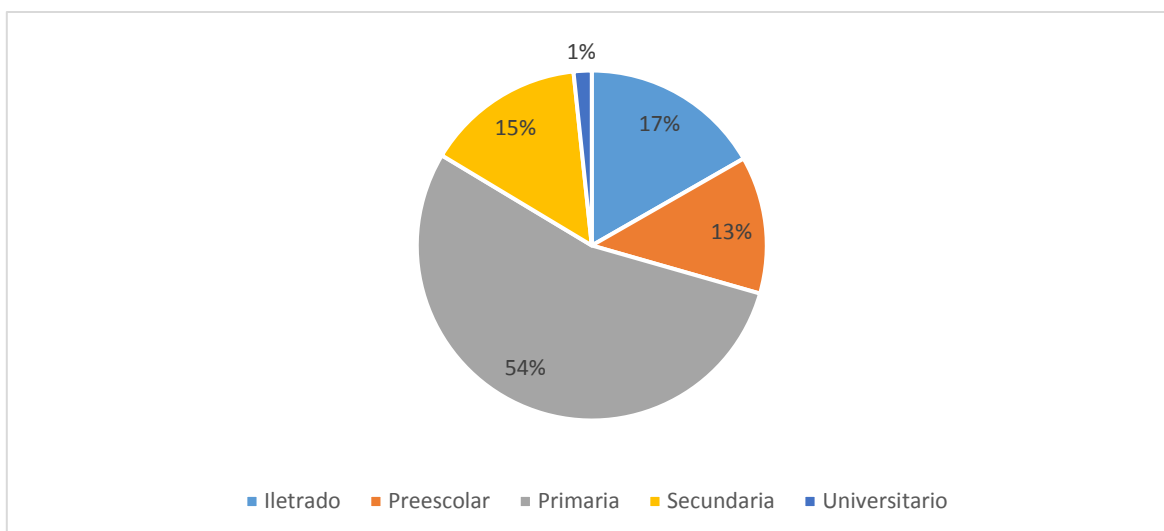
De igual manera se analizó el grado académico con el que cuenta la población de la comunidad, encontrándose que, de un total de 299 miembros de las 50 familias encuestadas, el 54% cuenta con un grado académico primario, es decir, que la mayoría de las personas aprendieron al menos a leer y escribir, mientras que solamente 5 personas cuentan con un grado académico universitario, lo que representa el 1% de la población.

Tabla 9 Nivel académico de la población

Grado de estudios	Cantidad
Iletrado	50
Preescolar	38
Primaria	162
Secundaria	44
Universidad	5
<b>Total</b>	<b>299</b>

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8 Nivel académico de la población



Fuente: Elaboración propia

• **Actividad a la que se dedica**

Con respecto a las actividades económicas a las que se dedica la población de la comunidad El Roble, se analizaron principalmente 3, como son: Agricultura, practicada en al menos 34 hogares de los 50 encuestados; ganadería, practicada indirectamente en 15 hogares ya que no precisamente se lleva a cabo con ganado propio; construcción, actividad a la cual ninguno de los individuos encuestado se dedica, y en tan solo 1 hogar se practica una actividad económica diferente a las mencionadas anteriormente, en este caso el comercio, lo que representa el 2% de los hogares a como se muestra a continuación:

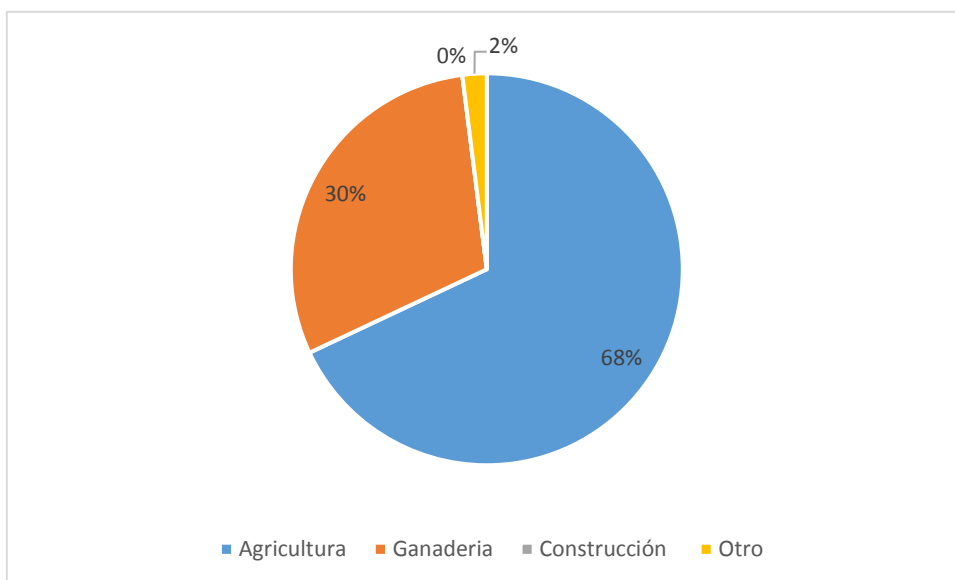
Tabla 10 Principales actividades económicas por hogar

Actividad	Hogares en los que se practican
Agricultura	34
Ganadería	15
Construcción	0
Otro	1
<b>Total</b>	<b>50</b>

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9 Principales actividades económicas por hogar

- **Tipos de enfermedades que se padece frecuentemente**



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las enfermedades que comúnmente se padecen en los hogares de la comunidad en estudio, se observó que en el 70% de estos se padecen enfermedades estomacales, se podría asegurar que la enfermedad que más azota a la población es la diarrea, muy probablemente debido al mal estado del agua de consumo, de igual manera al 16% de la población lo afectan enfermedades respiratorias, mientras que al restante 14% lo afectan otro tipo de enfermedades.



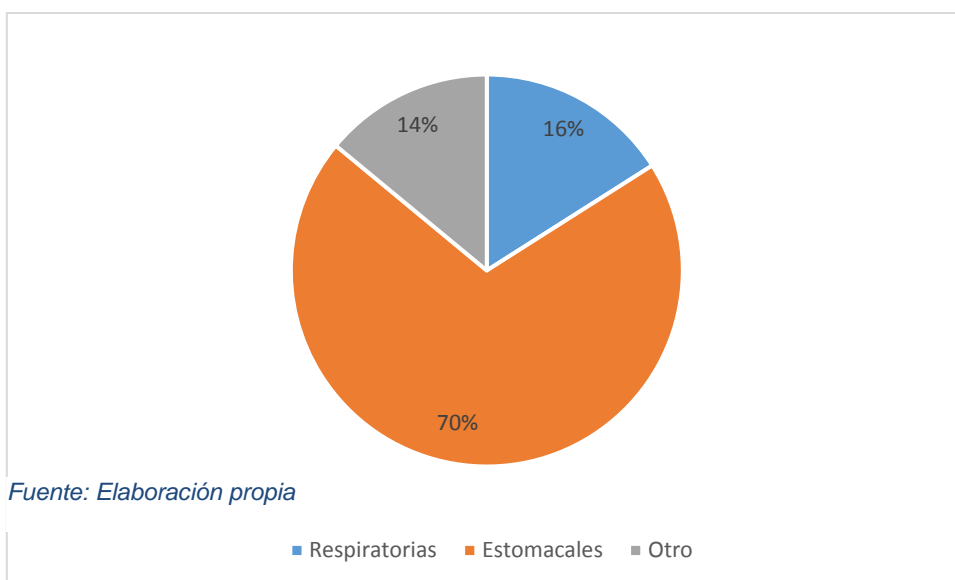
Tabla 11 Principales enfermedades padecidas frecuentemente

Tipo de enfermedad	Cantidad de hogares
Respiratoria	8
Estomacal	35
Otro	7
Total	50

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10 Principales enfermedades padecidas frecuentemente

- **Cantidad de ingresos por mes**



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los ingresos económicos mensuales que cada familia percibe, se pudo apreciar que el mayor indicador oscila entre los 4001 y 8000 córdobas con un 36% de hogares, seguido por el intervalo de 2001 a 4000 córdobas con un total de 15 hogares, es decir, el 30% de estos, a continuación, le sigue el intervalo de 0 a 2000 córdobas con un 26% de los hogares encuestados, mientras que solo el 8% de éstos percibe ingresos mensuales mayores a 8000 córdobas.

Tabla 12 Ingresos económicos percibidos mensualmente

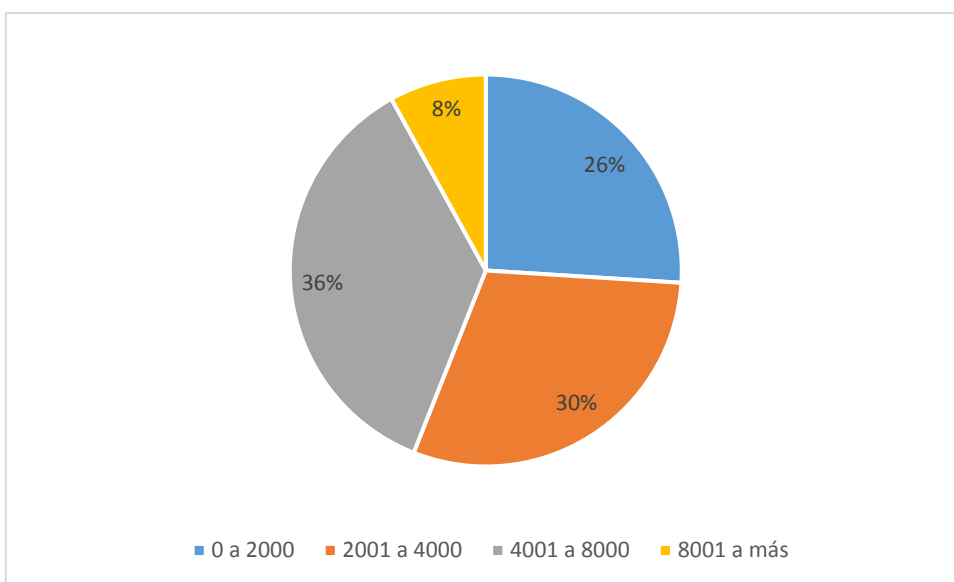
Intervalo de ingresos en córdobas	Cantidad de hogares
0 a 2000	13

2001 a 4000	15
4001 a 8000	18
8000 a más	4
<b>Total</b>	<b>50</b>

Fuente: *Elaboración propia*

Gráfico 11 Ingresos económicos percibidos mensualmente

### 4.1.3. Información sobre el abastecimiento de agua



Fuente: *Elaboración propia*

Con respecto a la información recabada sobre el abastecimiento de agua, se enfatizó en algunos aspectos básicos como son la cantidad y calidad de la fuente de agua con el que cuentan, así como los medios que utilizan para almacenar este vital líquido y el tiempo empleado, entre otros parámetros detallados a continuación.

- **Cantidad de días por semana en los que tiene agua potable**

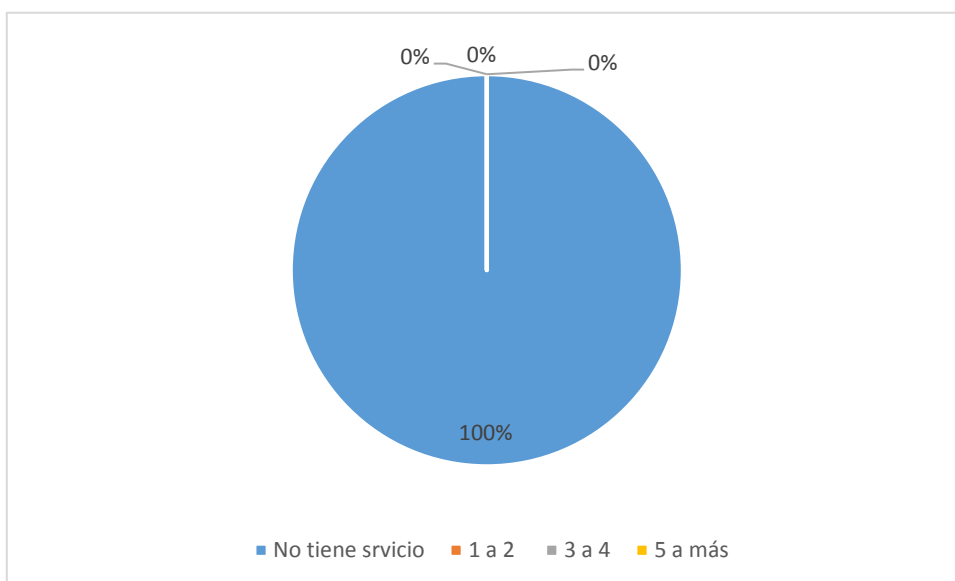
Si consideramos el agua potable como agua procesada químicamente para hacerla digerible para el organismo de los seres humanos, en el caso de los hogares encuestados en la comunidad El Roble ninguno de ellos cuenta con el servicio, por ende, todos los hogares reciben 0 días por semana agua potable a como se muestra a continuación.

Tabla 13 Cantidad de días por semana en los que recibe agua

Cantidad de días	Cantidad de hogares
1 a 2	0
3 a 4	0
5 a más	0
No tiene servicio	50
<b>Total</b>	<b>50</b>

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12 Cantidad de días por semana en los que recibe agua



Fuente: Elaboración propia

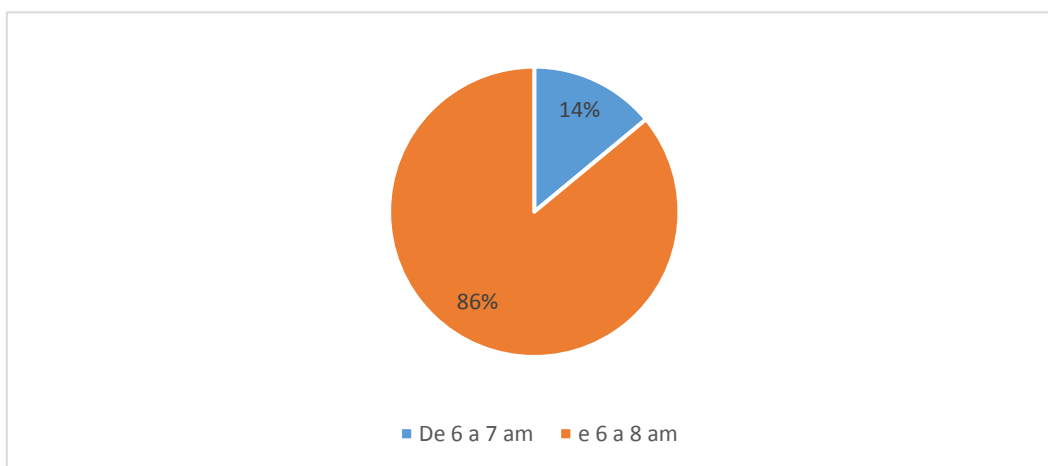
- **Horas por días que dispone de agua**

En el caso de las horas por días que disponen de agua los habitantes de la comunidad El Roble, básicamente influye la fuente de la cual se abastece, la cual es un pozo perforado en la comunidad equipado con bomba de mecate y un manantial de poco caudal, a cómo podemos apreciar en el grafico siguiente, el 14% de la población tienen acceso al vital líquido de 6 a 7 de la mañana, es decir, una hora, mientras que el otro 86% tienen acceso a este mismo solamente 2 horas al día.

Tabla 14 Horas por días que dispone de agua

Horario	Cantidad de horas	Cantidad de hogares
De 6 a 7 am	1	7
De 6 a 8 am	2	43
<b>Total</b>		<b>50</b>

Gráfico 13 Horas por días que dispone de aguas



- **La cantidad de agua que recibe es:**

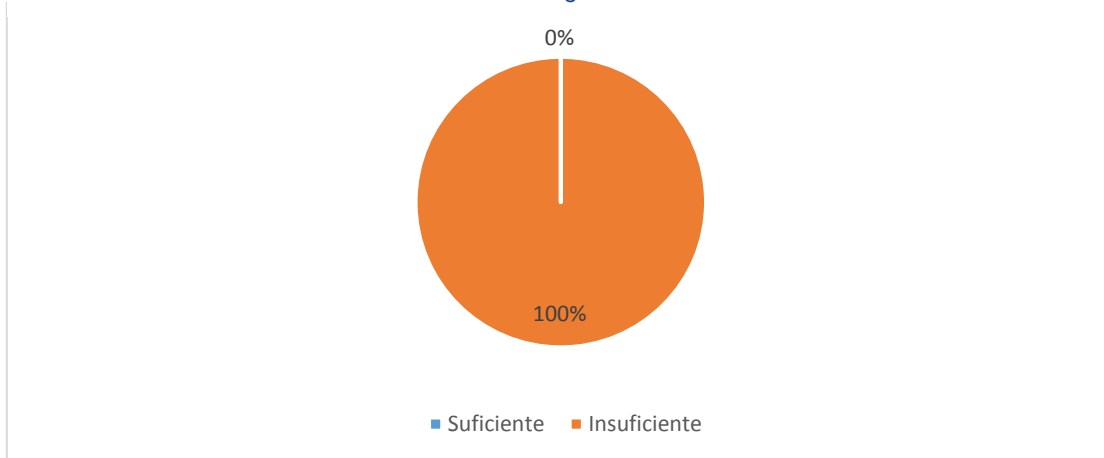
Fuente: *Elaboración propia*

Debido a que la población no recibe agua potable de un sistema que haya sido previamente analizado para constatar que cumple con todos los reglamentos y normas de dotación de agua, el 100% de los hogares encuestados están insatisfechos con la cantidad con la que cuentan, a cómo podemos apreciar a continuación:

Tabla 15 Nivel de satisfacción con la cantidad de agua recibida

Nivel de satisfacción	Cantidad de hogares
Suficiente	0
Insuficiente	50
<b>Total</b>	<b>50</b>

Gráfico 14 Nivel de satisfacción con la cantidad de agua recibida



Fuente: Elaboración propia

- **¿Almacena usted el agua para el consumo de su familia?**

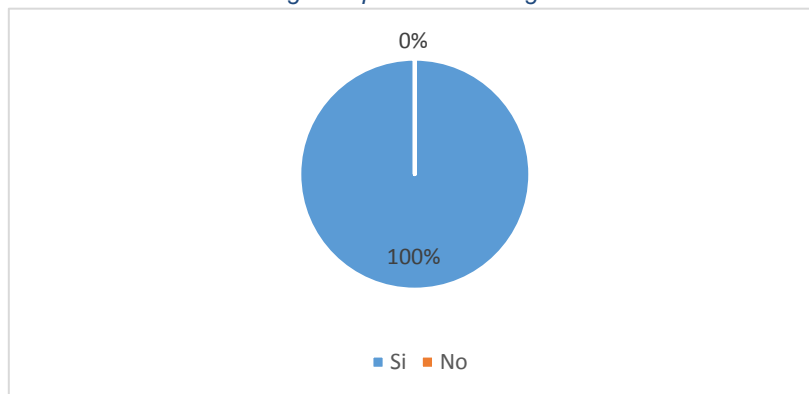
En el caso del almacenamiento del agua de consumo, la totalidad de los hogares deben acudir a medidas que les garantice poder hidratarse a lo largo del día, es decir, que el 100% de los hogares debe almacenar el agua de consumo para no carecer a lo largo del día, a como se muestra a continuación:

Tabla 16 Cantidad de hogares que almacena agua de reserva

Almacena agua	Cantidad de hogares
Si	50
No	0
<b>Total</b>	<b>50</b>

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15 Cantidad de hogares que almacena agua de reserva



Fuente: Elaboración propia

- **Tipos de depósitos utilizados para almacenar agua**

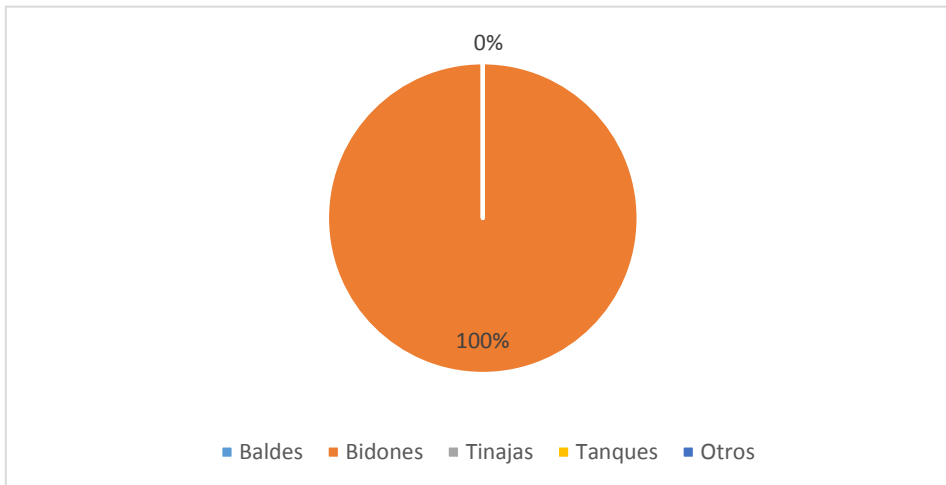
El tipo de depósito donde se almacena agua es de igual relevancia en el estudio para de esta manera, tener una idea de la cantidad de agua que la población puede resguardar y, asimismo, poder asumir volúmenes aproximados, aunque en este caso en específico se puede ver que es mínima la cantidad de agua con la que se cuenta basándose en que el 100% de la población almacena el agua en bidones, a como se muestra a continuación:

*Tabla 17 Tipos de depósitos donde almacena agua*

Tipo de depósito	Cantidad de hogares
Baldes	0
Bidones	50
Tinajas	0
Tanques	0
Otros	0
<b>Total</b>	<b>50</b>

*Fuente: Elaboración propia*

*Gráfico 16 Tipos de depósitos donde almacena agua*



*Fuente: Elaboración propia*

- **Calidad del agua**

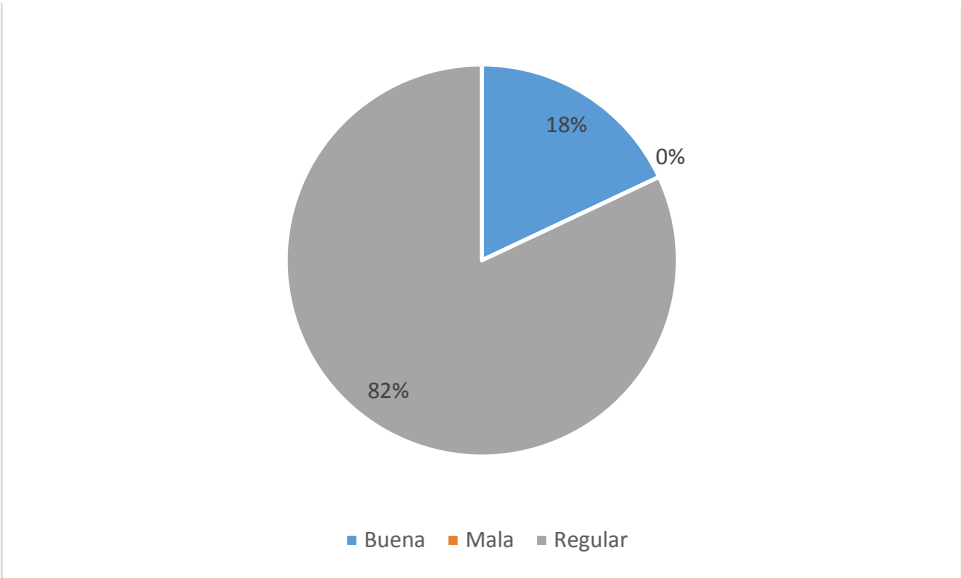
Para aseverar si algún tipo de agua es de buena calidad para el consumo humano debe someterse a varios análisis de laboratorio, sin embargo, la población puede valorar la calidad del agua consumida basándose en algunos aspectos tangibles, en el caso de la comunidad El Roble, el 82% de los hogares considera que el agua que consume es de regular calidad, mientras que el 18% considera que es buena, es decir 9 hogares, a como se muestra a continuación:

Tabla 18 Calidad del agua según la población

Calidad	Cantidad de hogares
Buena	9
Mala	0
Regular	41
<b>Total</b>	<b>50</b>

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17 Calidad del agua según la población



Fuente: Elaboración propia

**Tipo de fuente de la que se abastece**

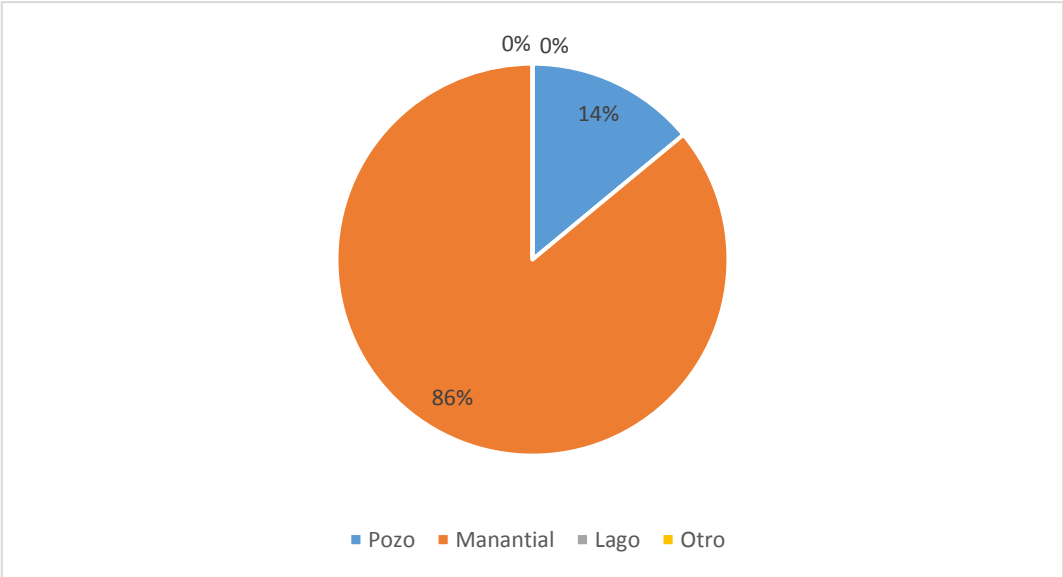
Se ha analizado también el tipo de fuente desde donde se abastece la población, encontrándose que 7 de las 50 familias se abastecen de manantiales u ojos de agua, mientras que los 43 restantes se abastecen de un pozo excavado a mano, lo que representa el 86% de la población, a como se muestra en la tabla y gráfico a continuación:

Tabla 19 Tipo de fuente de la cual se abastece

Tipo de fuente	Cantidad de hogares
Pozo	43
Manantial	7
Lago	0
Otro	0
<b>Total</b>	<b>50</b>

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18 Tipo de fuente de la cual se abastece



Fuente: Elaboración propia



## 4.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se realizó el levantamiento topográfico en la comunidad El Roble con el uso de estación total y se analizaron las condiciones del terreno donde se pretende ubicar el proyecto y se determinaron las elevaciones a tomar en cuenta en cada punto por el cual pasará la red, como se muestra en el Anexo II. Tabla 38 y Anexo VIII. Plano N°2.

También se realizaron los planos donde se observan las curvas de nivel de terreno donde está ubicado el MABE, así como los perfiles longitudinales de los tramos de red del sistema, como se observa en el Anexo VIII. Plano N° 3 y 4.

Este estudio se realizó en dos fases, una de campo y una de gabinete; Iniciando a nivel de gabinete, se realizó una foto interpretación de la imagen satelital con el fin de identificar la mejor forma de realizar el levantamiento, identificando así los puntos por donde cruzarán las correspondientes líneas de conducción y distribución del proyecto a como se muestra en el mapa a continuación:

A nivel de campo se tomaron dos mojones geodésicos principales los cuales fueron suministrados por el Instituto Nicaragüense de Estudios territoriales (INETER), con las coordenadas UTM WGS84 SRC 32616 siguientes:

– Mojón 1:

x = 531942.000 m

y = 1469588.000 m

z = 869 msnm

– Mojón 2:

x = 531810.62 m

y = 1470007.07 m

$z = 932.756 \text{ m}$

Una vez identificado los mojones se procedió al levantamiento, realizando estaciones cada 20 m y tomando la lectura de las coordenadas y elevación de todos los puntos de interés a lo largo de cada tramo en estudio.

Una vez concluido el levantamiento se procedió a la fase de gabinete donde se realizó la descarga de datos en formato csv, los cuales fueron procesados mediante CIVIL 3D con el cual se obtuvo la información detallada a continuación:

El tramo línea de conducción (fuente – tanque), tiene una longitud de 3012.86 m, con una elevación máxima de 899.905 msnm en el tanque de almacenamiento y una elevación mínima de 631.83 msnm en el embalse o captación, alcanzando una diferencia de nivel de 268.075 m.

El tramo red de distribución 1, es el primero en dar servicio a la comunidad a través de las conexiones domiciliarias, el cual tiene una longitud de 1934.1 m presentando una elevación máxima de 899.905 msnm y una elevación mínima de 762.672 msnm con una diferencia de 137.233 m. El tramo de red de distribución 2 tiene una longitud

*Ilustración 6 Líneas y lugar de levantamiento topográfico*



*Fuente: Orto foto satelital extraída con QGis*

de 658.751 m al igual que el tramo anterior se alinea al camino real de la comunidad. El tramo mencionado tiene una elevación máxima de 899.705 msnm y una elevación mínima de 886.078 msnm con una diferencia de 13.627 m. El tramo de red de distribución 3, tiene una longitud de 89.78 m y está alineado a lo largo del camino real comunal, presenta una elevación máxima de 881.553 msnm y una mínima de 868.356 msnm con una diferencia de 13.197 m. Por último, el tramo de red de distribución 4, el cual tiene una longitud de 204.78 m presentando una elevación máxima de 868.005 msnm y una elevación mínima de 865.926 msnm con una diferencia de 2.079 m (planos topográficos de alineamientos y perfil 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).

*Tabla 20 Tabla de alineamientos y perfiles longitudinales*

		CARÁTULA E ÍNDICE DE PLANOS
1	DE 18	PLANO DE PLANTA GENERAL
2	DE 18	PLANO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN 1
3	DE 18	PLANO DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN 2
4	DE 18	PLANO DISEÑO HIDRÁULICO LÍNEA DE CONDUCCIÓN 1
5	DE 18	PLANO DISEÑO HIDRÁULICO LÍNEA DE CONDUCCIÓN 2
6	DE 18	PLANO DISEÑO HIDRÁULICO RAMAL 1
7	DE 18	PLANO DISEÑO HIDRÁULICO RAMAL 1,1
8	DE 18	PLANO DISEÑO HIDRÁULICO RAMAL 2
9	DE 18	PLANO DISEÑO HIDRÁULICO RAMAL 3
10	DE 18	PLANO DISEÑO HIDRÁULICO RAMAL 4

*Fuente: Elaboración propia*

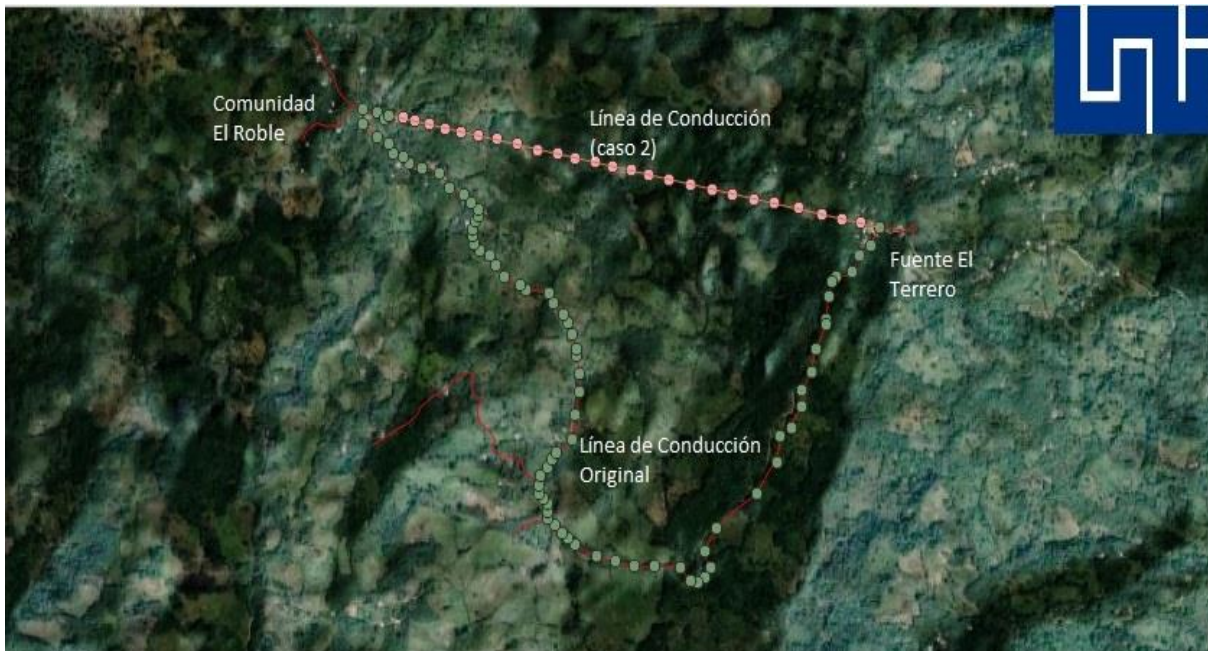
De acuerdo a los resultados del levantamiento topográfico, se levantó una longitud total de 5900.271 m, distribuidos respectivamente entre 3012.86 m de línea de conducción, y 2887.411 m de red de distribución, y en todo el trayecto se pudo observar un relieve topográficamente irregular por lo que se recomienda diseñar la red con pilas rompe presión y válvulas reguladoras de presión en los tramos de distribución donde se amerite.

## **Caso 2**

En la fase de gabinete realizamos el análisis de una segunda línea de conducción por donde posiblemente se podía dirigir y llegar hacia la comunidad El Roble de una manera mas directa y evitar posibles costos de tubería entre otros, a continuación se muestra en la ilustración 7 la posible ruta de la línea de conducción.

Obteniendo como resultado que por esta línea los costos se aumentan debido hay que realizar multiples actividades como abrir trochas, despalar y botar todo tipo de madera preciosa debido a que es una reserva natural, al momento de acarrear los materiales se dificultaría el traslado de materiales y herramientas, otra problematica es el relieve que es muy irregular y se encuentra un gran acantilado de piedra que cubre en esa dirección y se muestra en la ilustración 8 y 9.

*Ilustración 7 Línea de conducción segundo caso*



*Fuente: Orto foto satelital extraída con QGIS*



*Ilustración 8 Acantilado de piedras*



*Fuente: Fotografía*

*Ilustración 9 Madera preciosa*



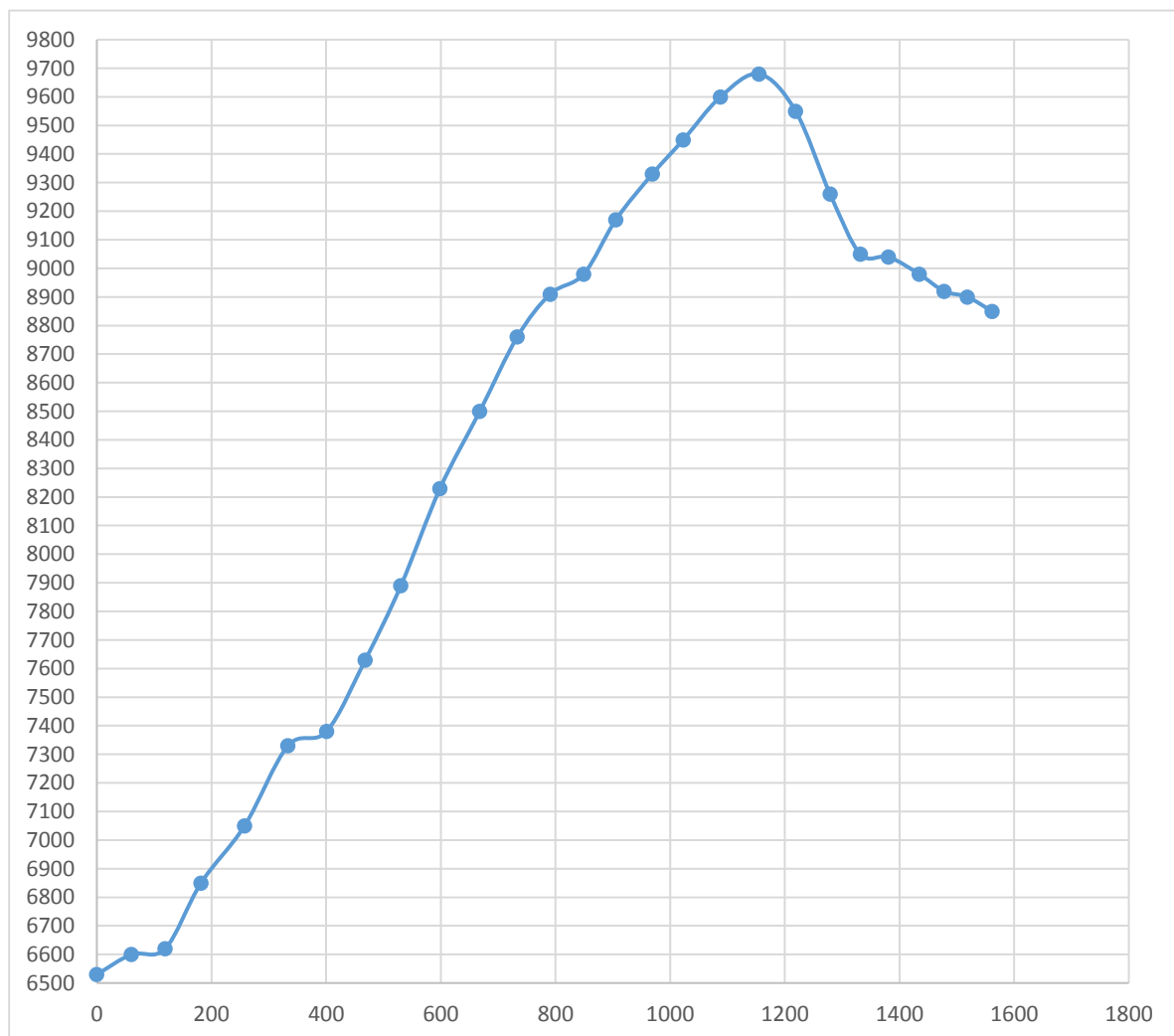
*Fuente: Fotografía*

En conclusión el resultado es que por esta posible línea de conducción se nos aumenta el golpe de ariete, a corto plazo puede ser un poco viable pero a largo plazo no se sabe debido a que la bomba debe trasladar el caudal para el máximo

horario utilizando el sistema bomba contra red, la bomba debe de ser mas potente ya que es mas caudal el que debe transportar, por un lado se disminuye el costo de tubería pero por otro lado se nos aumenta el costo de nuestra bomba y el consumo de kilovatio (kW) y uno de las problemáticas es que la energía eléctrica en la comunidad es muy inestable.

A continuación se muestra en el grafico 19 el comportamiento de la línea de conducción:

Gráfico 19 Elevación de línea de conducción segundo caso



Fuente: Elaboración propia

### 4.3. AFORO

La fuente que se utilizará para el diseño del acueducto es una fuente superficial que se ubica en las coordenadas: X: 533619, Y: 1469232 y Z: 645 msnm y es una quebrada ubicada en un sitio conocido como “El Terrero”.

Para determinar el caudal que pasa por esta fuente, se utilizó el método de Sección-Velocidad con la técnica del flotador no sumergido.

En un espacio de corriente rápida se improvisó una sección de 0.6 m de largo y 0.1 m de profundidad. Se midió una longitud de 10 metros de largo y en la cabecera se depositó material flotante y con cronómetro se midió el tiempo entre el depósito del material y cuando cruzó un lugar marcado previamente.

Área de la sección transversal =0.06 m<sup>2</sup>

Esta operación se repitió por 10 veces con éxito, las veces que la operación falló por viento o porque el flotador se detuvo en un remanso no se tomó en consideración. A continuación, se muestran los casos de éxito en la tabla 20:

*Tabla 21 Tiempos de duración del flotador*

<b>N° de repetición</b>	<b>Tiempo (s)</b>
1	25.20
2	24.60
3	26.00
4	22.30
5	26.40
6	25.80
7	21.10
8	20.20
9	20.50
10	23.60

<b>Promedio (s)</b>	<b>23.57</b>
---------------------	--------------

*Fuente: Elaboración propia*

Distancia = 10 m

Para el cálculo de la velocidad se divide la distancia entre el tiempo promedio que tardó el flotador, para este caso 10 m entre 23.57 s.

$$V = 0.424268 \text{ m/s}$$

Esta velocidad deberá ser afectada por un factor de reducción debido a que la velocidad en la sección transversal no es constante en toda su área y debido a que se utilizó un flotador superficial. Este factor se estima que debe reducir la velocidad a un 85% del promedio, es decir:

$$V = 0.424268 \text{ m/s} \times 0.85$$

$$V = 0.3606 \text{ m/s}$$

Para la fórmula de la continuidad.

$$Q = V \cdot A$$

Donde;

V = Velocidad (m/s)

A = Área de la sección transversal (m<sup>2</sup>)

$$Q = 0.3606 \text{ m/s} \times 0.06 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.021636 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 21.636 \text{ l/s}$$

#### **4.4. ESTUDIO FISICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO**

Para el presente estudio se realizaron tomas de muestras de agua de la fuente quebrada El Terrero ubicada en las coordenadas x = 613431.31 m; y = 1503432.08 m, con una elevación de 919.66 msnm. Las muestras fueron realizadas en el período de estiaje y en período lluvioso, luego enviadas al laboratorio PIENSA de la Universidad Nacional de Ingeniería el 29/03/2020; emitiendo el certificado de análisis el 19/04/2022 previos resultados para el período de estiaje. Para el periodo



lluvioso se realizaron las tomas el 01/07/2022; emitiendo el certificado de análisis el 15/07/22. Los resultados se presentan en anexo tabla número 38, 39, 40,41 y 42.

Como se observa en los resultados descritos en la tabla anterior todos los valores fueron comparados con la norma CAPRE y los mismos se encuentran en los valores aceptados según la mencionada (CAPRE, 1993)

Se concluye que el agua es apta para el consumo humano y de acuerdo a la norma nacional deberá ser tratada únicamente con cloro con una dosis de 1 kg/día por 8.2 l/s (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 35). En las tablas antes mencionadas pueden verse los informes completos de las pruebas de calidad del agua realizadas por PIENSA (Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente).

## **4.5. DISEÑO**

### **4.5.1. Periodo de diseño**

El periodo de diseño será de 20 años, comprendidos entre 2022 y 2042, el proyecto será diseñado con una capacidad de la fuente de abastecimiento que permite atender la demanda de la población.

### **4.5.2. Población de diseño**

Para el cálculo de la población de diseño se adoptó una tasa de crecimiento poblacional de 2.5% debido a que la tasa de crecimiento de la comunidad es menor, tomando como partida los 299 habitantes que corresponde a la población inicial de diseño y que proyectada para el año 2042 dio como resultado una población final de 490 habitantes. A continuación, se presenta la tabla 21, donde se puede observar la proyección de la población para el periodo diseño.

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

$$P_n = 299 (1 + 0.025)^{20}$$

$$P_n = 490 \text{ hab}$$

Tabla 22 Proyección de la población

Años	Proyección de población	Tasa: 2.5%
2022	299	
2023	306	
2024	314	
2025	322	
2026	330	
2027	338	
2028	347	
2029	355	
2030	364	
2031	373	
2032	383	
2033	392	
2034	402	
2035	412	
2036	422	
2037	433	
2038	444	
2039	455	
2040	466	
2041	478	
2042	490	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.3. Dotación de agua

Se asignó un caudal de 80 lppd como se indica para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, esto según la normativa (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 10)

Basado en el caudal asignado se realizaron los cálculos que a continuación se presentan.

#### 4.5.4. Consumo diario

Basado en la dotación se calculó el consumo diario con la ecuación 2, encontrándose un resultado de 0.454 l/s. a continuación se presentan los cálculos (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 11)

El consumo doméstico (CD) se calculó con la ecuación 2.

$$CD = \frac{P_f (\text{dotación})}{86400}$$
$$CD = \frac{490 \text{ hab } (80 \text{ lppd})}{86400}$$
$$CD = 0.454 \text{ l/s}$$

Dónde:

Dotación: 80 lppd

#### 4.5.5. Factores de demanda

Con relación a los factores de la demanda, sólo se tomó en cuenta el consumo institucional o público, se excluyó los consumos comercial e industrial debido a que en la comunidad no existen los mencionados tipos de consumos. Para el cálculo se usó la ecuación 3 (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 12), dando como resultado 0.032 l/s, a continuación se da a conocer el resultado.

$$C_{int} = \frac{7}{100} CD$$

$$C_{int} = \frac{7}{100} \times 0.454$$

$$C_{int} = 0.032 \text{ l/s}$$

#### 4.5.6. Consumo promedio diario

El consumo promedio diario se calculó mediante la ecuación número 4, obteniéndose como resultado 0.486 l/s, a continuación, se presenta el resultado.

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

$$CPD = 0.454 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 0.032 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$CPD = 0.486 \text{ l/s}$$

#### 4.5.7. Pérdidas en el sistema o fugas

Las fugas o pérdidas en el sistema se calcularon aplicando la ecuación 5, obteniéndose un resultado de 0.097 l/s (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 12)

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

$$P = 0.486 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \frac{15}{100}$$

$$P = 0.0729 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

#### 4.5.8. Variaciones de consumo

Se aplicaron las siguientes expresiones presentes en la norma para calcular las variaciones de consumo (INAA, 1999a, pág. 15).

#### 4.5.9. Consumo máximo diario

El caudal de diseño de la línea de conducción para el último día del periodo de diseño del proyecto es el consumo máximo diario (CMD) y se calculó con la ecuación 6, obteniéndose un resultado de 0.826 l/s a continuación se presentan los resultados.

$$\begin{aligned} CMD &= 1.5 (CPD) + f \\ CMD &= 1.5 (0.486 \text{ l/s}) + 0.097 \text{ l/s} \\ CMD &= 0.826 \text{ l/s} \end{aligned}$$

El caudal de diseño de la red de distribución para el último día del periodo de diseño es el consumo máximo horario (CMH), y se calculó con la ecuación 7, obteniéndose un valor de 1.312 l/s y se presentan a continuación los resultados.

$$\begin{aligned} CMH &= 2.5 (CPD) + f \\ CMH &= 2.5 (0.486 \text{ l/s}) + 0.097 \text{ l/s} \\ CMH &= 1.312 \text{ l/s} \end{aligned}$$

#### 4.5.10. Diseño hidráulico

#### 4.5.11. Dimensionamiento de la columna de bombeo

El diámetro de la columna de bombeo del cárcamo de bombeo acoplado a la bomba, se basó en el caudal del consumo máximo diario (CMD) el cual tuvo un valor de 0.826 l/s, por lo que la norma recomienda un diámetro nominal de 3" o 75 mm. Basado en el diámetro anterior se buscó una tubería comercial de HG clase 40 con diámetro interno de 77.92 mm.

La columna de bombeo en el cárcamo tendrá una longitud de 1.50 m. (ver plano 13)

$$L = NDA + \text{sumergencia}$$

$$L = 1 \text{ m} + 0.50 \text{ m}$$

$$L = 1.50 \text{ m}$$

También se calculó la velocidad de flujo en la columna de bombeo y se hizo con la ecuación 9, donde se obtuvo una velocidad de 0.1732 m/s, se presenta a continuación.

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

$$v = \frac{0.0008 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{0.07792 \text{ m}^2}{4}}$$

$$v = 0.1732 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de carga en la columna de bombeo se calcularon mediante la ecuación 10 de Hazen-Williams, obteniéndose un resultado de 0.001m

$$h_f = \frac{10.675 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = \frac{10.675 (0.0008 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(130)^{1.85} (0.07792 \text{ m})^{4.87}} \times 1.50 \text{ m}$$

$$h_f = 0.0009 \cong 0.001 \text{ m}$$

### **Criterio de diseño**

$$Cr = L \times \frac{5}{100}$$

$$Cr = 0.075 \text{ m}$$

Debido a que la pérdida de fricción en la columna de bombeo es menor que el criterio de diseño se concluye que el diseño es adecuado.

### **4.5.12. Dimensionamiento de la sarta**

Para el diseño del diámetro de la sarta se utilizó el consumo máximo diario y su valor correspondiente para el diámetro descrito en la tabla (INAA, 1999a, pág. 24).

Tabla 23 Diámetros de la sarta

Diámetro de sargas		Rangos de caudales
Pulgadas	(mm)	L
2	50	80
3	75	80-200
4	100	200-400
6	150	400-900
8	200	900-1200
10	250	1200-1600

Elaboración: propia

Se adoptó una longitud de 6 m basado en el plano típico para sarta recomendado por el FISE plano N° 13.

La velocidad de flujo en la sarta se calculó en la ecuación 9, dando como resultado una velocidad de 0.37 m/s, a continuación, se muestra el resultado.

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

$$v = \frac{0.0008 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{0.05218 \text{ m}^2}{4}}$$

$$v = 0.37 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de carga por fricción con la ecuación 10 de Hazen-Williams, dando como resultado 0.026 m, a continuación, se muestra el resultado.

Columna de bombeo en el cárcamo.

$$h_f = \frac{10.675Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = \frac{10.675(0.0008 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(130)^{1.85} (0.07792 \text{ m})^{4.87}} \times 1.50 \text{ m}$$

$$h_f = 0.0009 \text{ m}$$

Las pérdidas de carga locales causadas por los accesorios en la sarta descritos en la tabla 24, se calcularon con la ecuación 11, dando como resultado 0.36 m, se muestra el resultado.

Tabla 24 Accesorios de la sarta

LOCALES	CANTIDAD	K	Kt
Tee línea HG 2"	1	0,3	0,3
Tee salida lateral HG 2"	1	1,8	1,8
Codo 45	2	0,4	0,8
Válvula Compuerta	1	0,2	0,2
Válvula no retorno	1	2,5	2,5
Válvula de alivio	0	2,5	0
Unión Dresser	1	0,3	0,3
Medidor	1	12,89	12,89
Codo 90	0	0,9	0
Unión concéntrica	1	0,3	0,3
$\Sigma k$			<b>19,09</b>

Fuente: Elaboración propia

$$h_{l=k} \cdot \left(\frac{v^2}{2g}\right)$$

$$h_{l=19.09} \times \left(\frac{0.37 \text{ m/s}^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}\right)$$

$$h_{l=0.36 \text{ m}}$$

Los accesorios de la sarta se presentan en el plano 13



#### 4.5.13. Línea de conducción

- **Diámetro**

Para el cálculo preliminar del diámetro económico de la línea de conducción se usó la ecuación 12.

$$\begin{aligned} D &= K Q^n \\ D &= 0.9 \times 0.0008 \text{ m}^3/\text{s}^{0.45} \\ D &= 0.036 \text{ m} \end{aligned}$$

Con  $K = 0.9$  y  $n = 0.45$ .

En base al diámetro teórico estimado, se seleccionó un diámetro comercial en tubería PVC de 2" SDR 26, SDR 17, SDR 13.5, y, según las necesidades de presión, tubería de hierro galvanizado de 2" clase 40.

- **Longitud**

La longitud total y los tramos de la línea de conducción, se obtuvo de los planos topográficos dando una distancia total de 3,012.86 m

- **Velocidad de flujo**

Tramo 1 la velocidad fue de 0.38 m/s, en el tramo 2 fue de 0.40 m/s, en el tramo 3 fue de 0.37 m/s, en el tramo 4 fue de 0.34 m/s, a continuación, se presentan los resultados.

La velocidad de flujo en la tubería de conducción se calculó con la ecuación 9, a continuación, se muestran los resultados:

##### Tramo 1

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{\pi \frac{d^2}{4}} \\ v &= \frac{0.0008 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{0.05248 \text{ m}^2}{4}} \\ v &= 0.369 \text{ m/s} \end{aligned}$$

### Tramo 2

$$v = \frac{Q}{\pi \frac{d^2}{4}}$$
$$v = \frac{0.0008 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{0.05138 \text{ m}^2}{4}}$$
$$v = 0.385 \text{ m/s}$$

### Tramo 3

$$v = \frac{Q}{\pi \frac{d^2}{4}}$$
$$v = \frac{0.0008 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{0.05319 \text{ m}^2}{4}}$$
$$v = 0.36 \text{ m}$$

### Tramo 4

$$v = \frac{Q}{\pi \frac{d^2}{4}}$$
$$v = \frac{0.0008 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \frac{0.05570 \text{ m}^2}{4}}$$
$$v = 0.328 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de cargas por fricción se calcularon con la ecuación 10, los resultados por tramos se muestran a continuación:

### Tramo 1

$$h_f = \frac{10.675Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = \frac{10.675(0.0008 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{130^{1.85} \times 0.05248 \text{ m}^{4.87}} \times 1339.60 \text{ m}$$

$$h_f = 5.60 \text{ m}$$

## Tramo 2

$$h_f = \frac{10.675Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = \frac{10.675(0.0008 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{130^{1.85} \times 0.05138 \text{ m}^{4.87}} \times 247.52 \text{ m}$$

$$h_f = 1.17 \text{ m}$$

## Tramo 3

$$h_f = \frac{10.675Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = \frac{10.675(0.0008 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{130^{1.85} \times 0.05319 \text{ m}^{4.87}} \times 619.05 \text{ m}$$

$$h_f = 2.42 \text{ m}$$

## Tramo 4

$$h_f = \frac{10.675Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = \frac{10.675(0.0008 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(130)^{1.85} (0.05570 \text{ m})^{4.87}} \times 841.081 \text{ m}$$

$$h_f = 2.63 \text{ m}$$

## Pérdida en la sarta

$$h_f = \frac{10.675Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \times L$$

$$h_f = \frac{10.675(0.0008 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85}}{(130)^{1.85} (0.05218 \text{ m})^{4.87}} \times 6 \text{ m}$$

$$h_f = 0.025 \text{ m}$$

La carga dinámica total se calculó mediante la ecuación 13, que se describe a continuación:

$$CDT = H + h_f + h_l$$

$$H = 1 \text{ m} + (899,705 \text{ m} - 632,830 \text{ m}) + 2.50 \text{ m}$$

$$H = 270.38 \text{ m}$$

$$CDT = 270.38 \text{ m} + 11.021 \text{ m} + 0.15 \text{ m}$$

$$CDT = 281.55 \text{ m}$$

Dónde:

H: Altura estática, es nivel de dinámico (NDA) más la diferencia de cotas del cárcamo de bombeo y del tanque, más la altura de descarga del tanque, m.

$h_f$ : Pérdidas por fricción en la columna de bombeo, en la sarta y línea de conducción, m.

$h_l$ : Pérdidas locales en la sarta, m

#### 4.5.14. Golpe de ariete

- El primer tramo de HG

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

$$K = \frac{10^{10}}{2 \times 10^{10}}$$

$$K = 0.50$$

Dónde:

K: Coeficiente función del módulo de elasticidad ( $\varepsilon$ ) del material

$\varepsilon$ : Módulo de elasticidad del material, Kg/m<sup>2</sup>

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48 + K \frac{D}{e}}}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48 + 0.50 \frac{52.48m}{2 \times 10^{10}}}}$$

$$a = 1328.8 \text{ m/s}$$

Dónde:

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

K: Coeficiente función del módulo de elasticidad ( $\mathcal{E}$ ) del material

$\varepsilon$ : Módulo de elasticidad del material, Kg/m<sup>2</sup>

D: Diámetro de la tubería, m

e: Espesor de la tubería, m

- **Segundo tramo tubería de PVC SDR13.5**

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

$$K = 33.33$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48 + K \frac{D}{e}}}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48 + 33.33 \frac{60.32m}{3 \times 10^8}}}$$

$$a = 459.2 \text{ m/s}$$

- **Tercer tramo tubería PVC SDR17**

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

$$K = 33.33$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48 + K \frac{D}{e}}}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48 + 33.33 \frac{60.32m}{3 \times 10^8}}}$$

$$a = 411.2 \text{ m/s}$$

- **Cuarto tramo tubería SDR 26**

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

$$K = 33.33$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48 + K \frac{D}{e}}}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48 + 33.33 \frac{55.70m}{3 \times 10^8}}}$$

$$a = 332.7 \text{ m/s}$$

- **Calculo de la celeridad media ponderada**

$$\sum \frac{L_i}{a_i} = \frac{L_1}{a_1} + \frac{L_2}{a_2} + \frac{L_3}{a_3} + \frac{L_4}{a_4}$$

Donde:

L1, L2, L3, L4, son las longitudes de los tramos de tubería con diferentes resistencias a la presión.

A1, A2, A3, A4, son las celeridades de cada tramo.

La celeridad ponderada, se calcula con la ecuación

$$\frac{L}{a} = \frac{1339.60}{1328.8} + \frac{247.52}{459.2} + \frac{619.05}{412} + \frac{845.08}{332.7}$$

$$\frac{L}{a} = 5.589s$$

$$a = \frac{L}{\sum \frac{L_i}{a_i}}$$
$$a = \frac{2991m}{5.589s}$$
$$a = 535.15m/s$$

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

$$t = \frac{2 \times L}{a}$$
$$t = \frac{2 \times 2991m}{535.15m/s}$$
$$t = 11.17 s$$

Donde;

t: Tiempo del ciclo de la onda de presión, s

L: Longitud de la tubería, m

a: celeridad, m/s

- **Velocidad media ponderada de la tubería**

$$\sum \frac{L_i}{v_i} = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} + \frac{L_3}{v_3} + \frac{L_4}{v_4}$$
$$\sum \frac{L_i}{v_i} = \frac{1339.60m}{0.38m/s} + \frac{247.52m}{0.40m/s} + \frac{619.05m}{0.37m/s} + \frac{845.08m}{0.34m/s}$$
$$\sum \frac{L_i}{v_i} = 8302.7s$$

$$v = \frac{2991m}{8302.7s}$$
$$v = 0.3602m/s$$

Para el cálculo del tiempo de parada o tiempo de cierre de la válvula de no retorno, se utiliza la ecuación 44 de Mendiluce. Debido a que la longitud es mayor que 1500 según la tabla 25 se adopta el valor de  $k = 1$ .

Tabla 25 Valores para K según la longitud del tramo

L (m)	K
< 500	2
≈ 500	1,75
500 < L < 1500	1,5
≈ 1500	1,25
> 1500	1

Fuente: Elaboración propia

Debido a que la gradiente hidráulica como se observa a continuación fue menor de 20%,

$C=1$

$$C = \frac{H_m}{L} \times 100$$

$$C = \frac{281.54m}{2991m} \times 100$$

$$C = 9.41\%$$

Tabla 26 Valores de la gradiente hidráulica

i	C
< 20%	1
≈ 25%	0,8
≈ 30%	0,6
≈ 40%	0,4
> 50%	0

Fuente: Elaboración propia



$$T = C + \frac{k \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

$$T = 1 + \frac{1 \times 2991\text{m} \times 0.3602\text{m/s}}{9.81\text{m/s} \times 281.54}$$

$$T = 1.39 \text{ s}$$

Donde T: Tiempo de parada, s

C: Coeficiente

K: Coeficiente

L: Longitud de la tubería, m

V: Velocidad de flujo de la tubería, m/s

G: Aceleración de la gravedad, m/s

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

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

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

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

Como el tiempo de parada es menor que el tiempo del ciclo de la onda, se considera un tipo de cierre rápido.

- **Cálculo de la longitud crítica**

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

$$L_c = \frac{535.15\text{m/s} \times 1.41\text{s}}{2}$$

$$L_c = 377.28 \text{ m}$$

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

$$\Delta H = \frac{535.15\text{m/s} \times 0.3602\text{m/s}}{9.81\text{m/s}}$$

$$\Delta H = 19.65m$$

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

$$H_t = H_g + \Delta H$$

$$H_t = 269.38m + 18.56m$$

$$H_t = 287.94m$$

$$H_t = 287.94m \times 1.42 = 408.87PSI$$

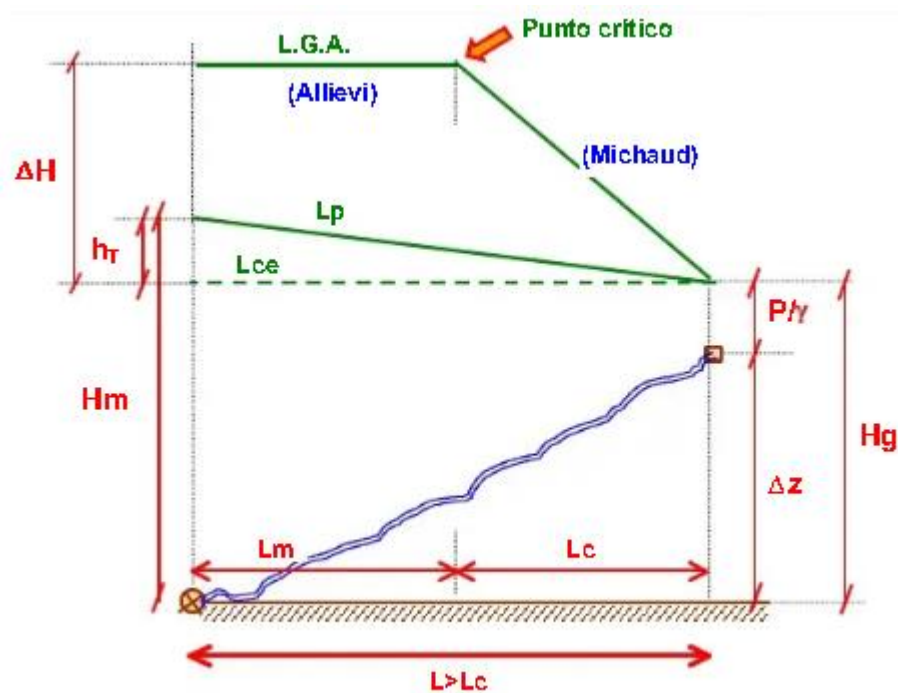
- **Longitud donde se da la máxima presión**

$$L_m = L - L_c$$

$$L_m = 2991m - 349.68m$$

$$L_m = 2641.32m$$

Ilustración 10 Presiones por golpe de ariete y línea piezométrica



Fuente: Elaboración propia

Los valores de K se presentan a continuación:

Tabla 27 Valores para K

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

Fuente: Elaboración propio

#### 4.5.15. Selección de la bomba

Basado en caudal del consumo máximo diario (CMD) y carga dinámica total se determinó la potencia teórica de la bomba, la cual se calculó con la ecuación 21.

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

$$P = \frac{9777 \times 0.0008 \text{ m}^3 \times 270.38 \text{ m}}{0.7 (746)}$$

$$P = 4.09 \text{ hp}$$

Dónde:

P: Potencia de la bomba, Hp

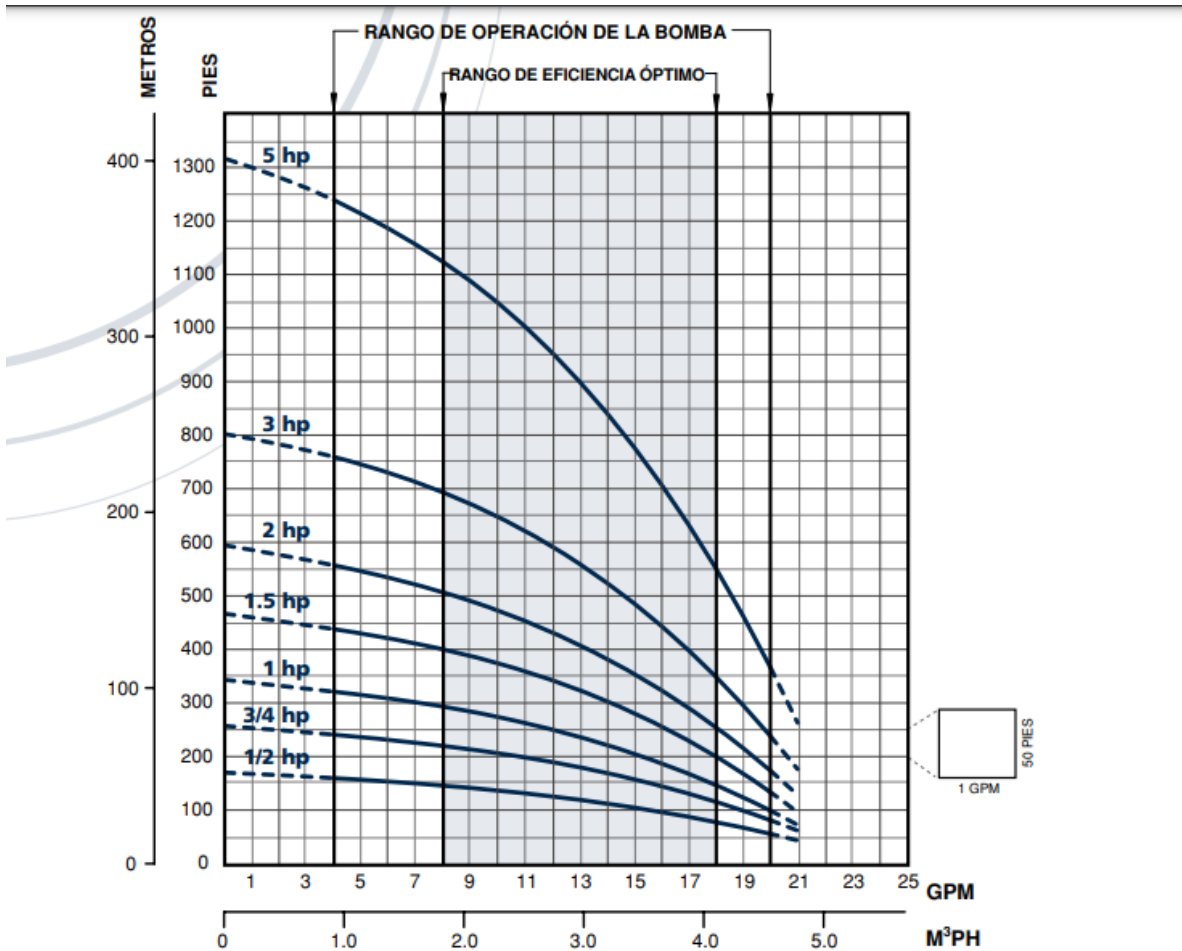
$\gamma$ = Peso específico del agua, Kg/m<sup>3</sup>

Q: Caudal, m<sup>3</sup>/s

H: Carga dinámica total, m

Ef: Eficiencia de la bomba, 70%

Ilustración 11 Curva característica de punto de operación de la bomba



Teniendo como referencia la potencia teórica y conociendo el caudal del consumo máximo diario (CMD) y carga dinámica total (CDT), se utilizó el ábaco de las bombas Franklin Electric, a partir del cual se seleccionó una bomba de 5 Hp con punto de operación que corresponde a una altura de 281.09 y caudal de 15 GPM, de igual forma se seleccionó otra bomba de reserva en caso de emergencia según la nueva (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 21).

También se diseñó la caseta de bombeo con todos sus componentes basados en su plano típico del FISE anexo VIII, plano 14.

#### 4.5.16. Tanque de almacenamiento

Por tanto, la capacidad del tanque de almacenamiento de acuerdo con la norma (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense, 2019, pág. 33) corresponde al 25% de volumen compensador mas las pérdidas y el 15% de volumen de reserva.

Debido al tamaño de la población no se considera el caudal el volumen contra incendios. Teniendo en cuenta los porcentajes del volumen compensador y volumen de reserva se llega al 40% del consumo promedio diario (CPD) más las pérdidas para la capacidad del tanque, por tanto considerando 16 horas de bombeo se calculo el volumen con la ecuación 22 que a continuación se presenta:

$$\text{Volumen compensador} = \text{CPD} \times 16 \text{ hrs.} \times 3600\text{s} \times 25\%$$

$$\text{Volumen compensador} = 0.486 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times 16 \text{ hrs.} \times 3600\text{s} \times 25\%$$

$$\text{Volumen compensador} = 6998.4 \frac{\text{l}}{\text{s}} \approx 6.99 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de reserva} = \text{CPD} \times 16 \text{ hrs.} \times 3600\text{s} \times 15\%$$

$$\text{Volumen de reserva} = 0.486 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times 16 \text{ hrs.} \times 3600\text{s} \times 15\%$$

$$\text{Volumen de reserva} = 4199.04 \frac{\text{l}}{\text{s}} \approx 4.19 \text{ m}^3$$

Dónde:

V: Volumen de almacenamiento,  $\text{m}^3$ .

CPD: Caudal, l/s

Hra bombeo: 16 horas de bombeo

Se adoptará un tanque de polietileno de alta densidad con un volumen de  $10 \text{ m}^3$ , debido a que el próximo tamaño de tanque comercial es de  $15 \text{ m}^3$  con un diámetro de 2.20 m, altura de 3.10 m como se observa en plano anexo 16.

#### 4.5.17. Ubicación del tanque

El tanque de almacenamiento se ubicó en una zona próxima al poblado en la coordenada X=532322.138 m, Y= 1469318.849 m, con una elevación de 902.10 msnm y se tomó en cuenta la topografía del terreno de tal manera que las presiones de servicios sean aceptables en los puntos de distribución como lo recomienda (INAA, 1999, pág. 38).

#### 4.5.18. Desinfección

La calidad del agua después de ser analizada en el laboratorio PIENSA, resultó con todos los parámetros normales de acuerdo a la norma CAPRE descrita en el anexo tabla 61, cuyos resultados de metales pesados, fisicoquímicos y bacteriológicos se presentan en el anexo tabla 39, 40, 41. Por tanto, dada las características de la fuente antes mencionada se procedió únicamente a realizar la desinfección como lo establece la norma (INAA, 1999a, págs. 96-99)

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

La capacidad requerida de la estación de cloración:

Según la norma pág. 96, se aplica

$$Ca = \frac{1Kg/dia}{8.2 L/s}$$

Por tanto la capacidad unitaria por norma será:

$$Ca = \frac{1 Kg/dia}{8.20 l/s} = 0.1215 \frac{Kg/día}{l/s}$$

Encontrándose así mismo que la capacidad para la estación de bombeo del acueducto fue de 0.059 kg/día , como se muestra en el calculo con la ecuación 23 a continuación .

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

$$Ca = \frac{27.99 \text{ m}^3/\text{d} \times 2.1 \text{ mg/l}}{1000}$$

$$Ca = 0.059 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}}$$

#### 4.5.19. Aplicación del cloro

Utilizando cloro comercial de 120 g/l , y considerando la capacidad de cloro de 0.059 kg/dia será necesario utilizar 0.49 lts comercial a como se observa a continuación .

$$V_{\text{cloro comercial}} = \frac{Ca}{\text{Concentración de cloro comercial}}$$

$$V_{\text{cloro comercial}} = \frac{0.059 \frac{\text{Kg}}{\text{dia}} \times 1000}{120 \text{ gr/l}}$$

$$V_{\text{cloro comercial}} = 0.49 \frac{\text{l}}{\text{dia}}$$

Teniendo consideración que la norma recomienda diluir el cloro comercial en el rango de 1 % al 3 %, se adoptara un valor de 1.5% para diluir el cloro , por lo que se requerira un volumen de agua limpia de 3.92 litros aproximadamente 4 litros de agua limpia , por tanto se tendrá un volumen de solución total de 4.41 litros de cloro diluido al 1.5 %, que se aplicara en las 16 horas de bombeo a una taza de 0.27 l/h, con el cual se regulara la bomba inyectora del cloro .

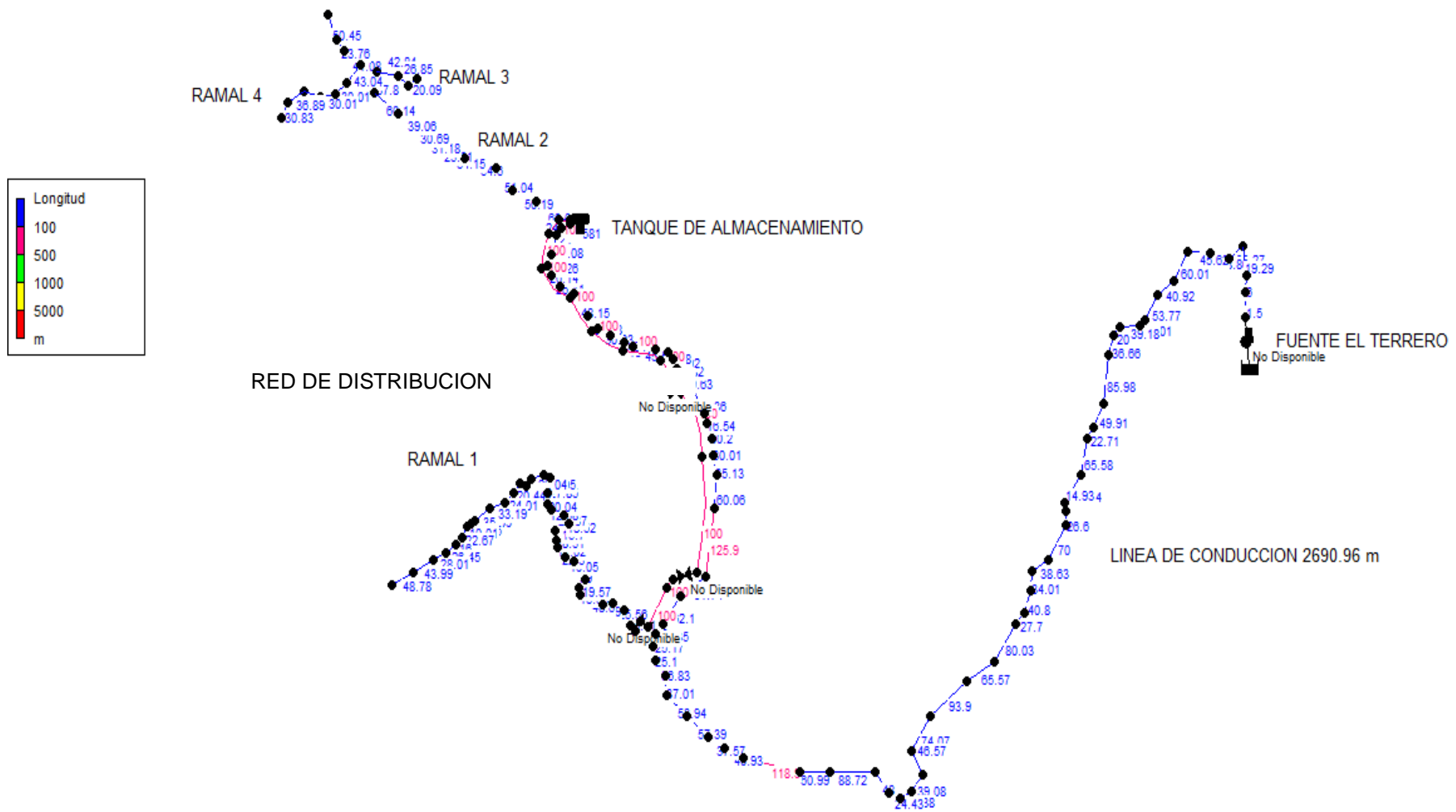
#### 4.5.20. Simulación del MABE

La simulación del MABE se hizo con el software Epanet, se realizó la simulación de la línea de conducción y la red de distribución, tanto para el consumo máximo

horario como para sin consumo. A continuación, en la ilustración 12 se presenta la topología del acueducto.



Ilustración 12 Sistema fuente, tanque, red



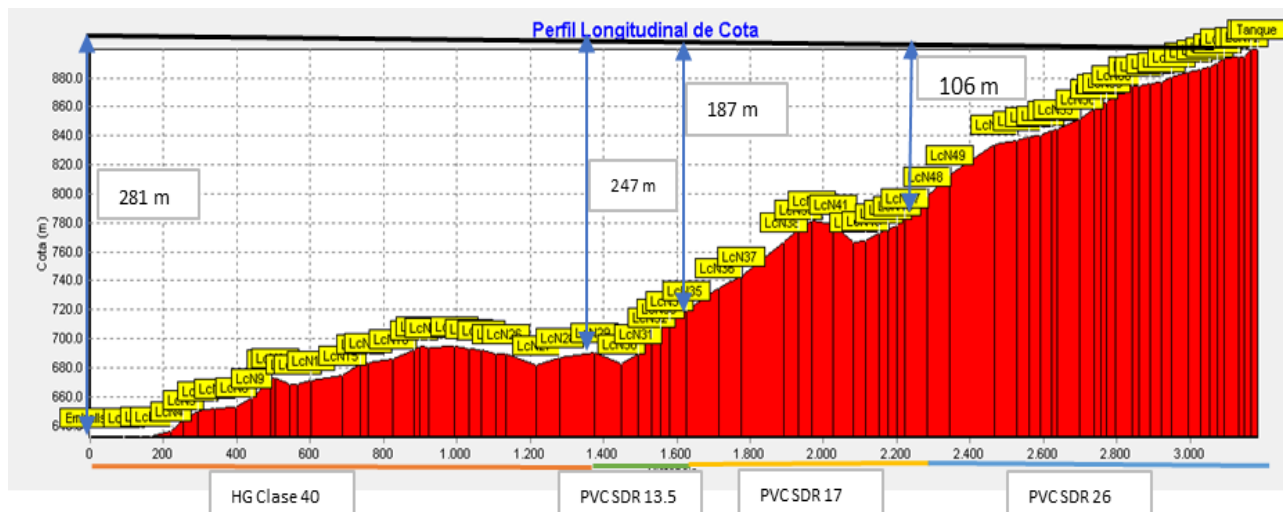
Fuente: Epanet 2.0

Como se observa en la ilustración 13, el tipo de red corresponde a una red abierta, debido a las características de la distribución espacial de la comunidad. En el anexo VIII. Plano N° 6, 7, 8, 9, 10 se muestra la tubería utilizada para cada tramo de red y detalles de las válvulas. A continuación, se describen las características de la línea de conducción y red de distribución de la comunidad El Roble.

- **Simulación de la línea de conducción**

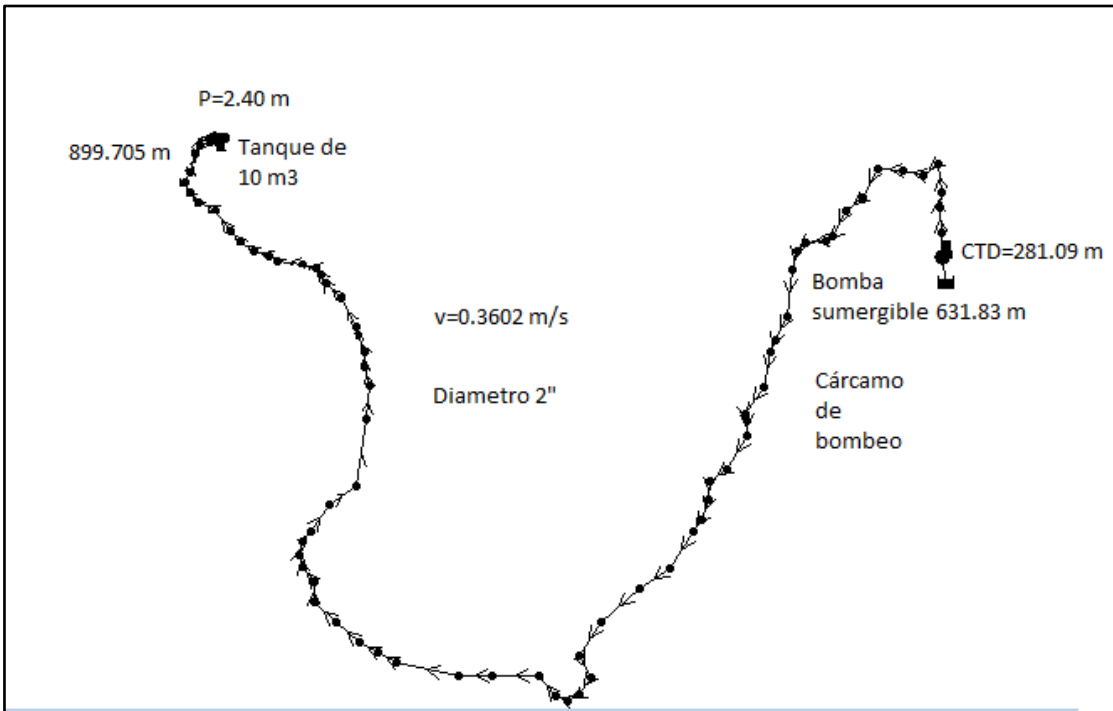
La línea de conducción tiene una longitud de 2,960.99 m dividida en 4 tipos de: tubería de 2" HG clase 40 1,339.6 m tubería PVC 2" SDR 13.5 ,247.52 m de tubería de 2" SDR17 619.05m y PVC SDR 26 845.081m en la ilustración 13 observamos la manera en que se realizó la selección de cada una de las SDR.

*Ilustración 13 Selección de SDR para línea de conducción*



La velocidad media de flujo de la tubería fue de 0.36 m/s valor inferior a lo recomendado por la norma, por lo que en el diseño se incluirán, válvulas de limpieza. La línea de conducción será alimentada por una bomba de 5 HP con un aporte de caudal de 5 Gal (0.83 l/s) y una carga dinámica de 281.09. En la ilustración 14 se presentan las características de la línea de conducción.

Ilustración 14 Línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

La velocidad de flujo en la línea de conducción fue de: 17 m/s en la columna de bombeo, y 0.38 m/s en la línea de impulsión, por la cual circula un caudal de 0.83 l/s que corresponde al consumo máximo diario, las mayores pérdidas de carga se dieron en la sarta , con un valor de 27.95 m/km , debido a la presencia de múltiples accesorios , la menor pérdida de carga se dio en la columna de bombeo, con un valor de 0.5 m/km , debido a que es la tubería de mayor diámetro, en el resto de tubería de la línea de impulsión, la pérdida de carga fue de 4.34 m/km como se observa en la tabla 28.

Tabla 28 Velocidades en la línea de conducción

ID	Longitud d m	Diámetro mm	Rugosidad d	Caudal lps	Velocidad d m/s	Pérdida Unit. m/km
LCP1	1.5	77.92	150	0.83	0.17	0.5
LCP2	6	52.48	130	0.83	0.38	27.95
LCP3	19.29	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP4	36.27	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP5	38.86	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP6	45.62	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP7	60.01	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP8	40.92	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP9	53.77	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP10	14.01	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP11	39.18	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP12	20	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP13	36.66	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP14	85.98	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP15	49.91	52.48	130	0.83	0.38	4.34
LCP16	22.71	52.48	130	0.83	0.38	4.34

Tabla 28: Velocidades en la línea de conducción

<b>LCP17</b>	65.58	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP18</b>	58.94	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP19</b>	14.93	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP20</b>	26.6	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP21</b>	70	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP22</b>	38.63	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP23</b>	34.01	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP24</b>	40.8	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP25</b>	27.7	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP26</b>	80.03	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP27</b>	65.57	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP28</b>	93.9	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP29</b>	74.07	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP30</b>	46.57	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP31</b>	39.08	52.48	130	0.83	0.38	4.34
<b>LCP32</b>	25.38	51.38	150	0.83	0.4	3.69
<b>LCP33</b>	24.43	51.38	150	0.83	0.4	3.69
<b>LCP34</b>	48	51.38	150	0.83	0.4	3.69

Tabla 28: Velocidades en la línea de conducción

<b>LCP35</b>	88.72	51.38	150	0.83	0.4	3.69
<b>LCP36</b>	60.99	51.38	150	0.83	0.4	3.69
<b>LCP37</b>	118.9	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP38</b>	40.93	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP39</b>	37.57	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP40</b>	57.39	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP41</b>	53.94	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP42</b>	37.01	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP43</b>	36.83	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP44</b>	25.1	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP45</b>	25.17	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP46</b>	23.35	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP47</b>	62.1	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP48</b>	61.74	53.19	150	0.83	0.37	3.12
<b>LCP49</b>	125.9	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP50</b>	60.06	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP51</b>	35.13	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP52</b>	30.01	55.7	150	0.83	0.34	2.49

Tabla 28: Velocidades en la línea de conducción

<b>LCP53</b>	30.2	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP54</b>	16.54	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP55</b>	60.36	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP56</b>	39.63	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP57</b>	18.82	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP58</b>	16.02	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP59</b>	26.08	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP60</b>	45.58	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP61</b>	18	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP62</b>	30.04	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP63</b>	30.03	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP64</b>	28.18	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP65</b>	48.15	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP66</b>	30.81	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP67</b>	26.11	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP68</b>	20.14	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP69</b>	20.26	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP70</b>	39.08	55.7	150	0.83	0.34	2.49

Tabla 28: Velocidades en la línea de conducción

<b>LCP71</b>	21	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP72</b>	24.581	55.7	150	0.83	0.34	2.49
<b>LCP73</b>	5	55.7	150	0.83	0.34	2.49

La presión máxima que se observa en la tabla 29, corresponde a la carga total por la bomba, las presiones disminuyen gradualmente en la medida que el terreno se eleva hasta llegar al tanque.

Debido a la alta presión generada por la bomba, en la línea de conducción se requirió de 4 tipos de tuberías, para soportar las presiones.

Tabla 29 Presiones en la línea de conducción

<b>ID</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda Base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>mba</b>				-281.09
<b>LcN1</b>	631.83	0	912.92	281.09
<b>LcN2</b>	632.83	0	912.92	280.09
<b>LcN3</b>	632.83	0	912.76	279.93
<b>LcN4</b>	636.62	0	912.67	276.05
<b>LcN5</b>	644.05	0	912.51	268.46
<b>LcN6</b>	650.36	0	912.35	261.99
<b>LcN7</b>	651.95	0	912.15	260.20
<b>LcN8</b>	652.47	0	911.89	259.42
<b>LcN9</b>	658.84	0	911.71	252.87
<b>LcN10</b>	672.22	0	911.48	239.26
<b>LcN11</b>	672.57	0	911.41	238.84
<b>LcN12</b>	668.81	0	911.24	242.43



Tabla 29: Presiones en la línea de conducción

LcN13	668.94	0	911.16	242.22
LcN14	670.98	0	911.00	240.02
LcN15	674.63	0	910.62	235.99
LcN16	682.78	0	910.41	227.63
LcN17	683.72	0	910.31	226.59
LcN18	686.42	0	910.02	223.60
LcN19	692.51	0	909.77	217.26
LcN20	694.49	0	909.70	215.21
LcN21	694.24	0	909.59	215.35
LcN22	694.45	0	909.28	214.83
LcN23	692.92	0	909.12	216.20
LcN24	692.12	0	908.97	216.85
LcN25	689.34	0	908.79	219.45
LcN26	689.78	0	908.67	218.89
LcN27	681.85	0	908.32	226.47
LcN28	686.74	0	908.04	221.30
LcN29	690.36	0	907.63	217.27
LcN30	682.78	0	907.31	224.53
LcN31	690.03	0	907.11	217.08
LcN32	700.96	0	906.94	205.98
LcN33	707.4	0	906.84	199.44
LcN34	712.58	0	906.75	194.17
LcN35	719.47	0	906.58	187.11
LcN36	734.79	0	906.25	171.46
LcN37	743.27	0	906.02	162.75
LcN38	766.26	0	905.65	139.39
LcN39	775.55	0	905.52	129.97
LcN40	781.11	0	905.41	124.30
LcN41	778.61	0	905.23	126.62
LcN42	766.67	0	905.06	138.39

Tabla 29: Presiones en la línea de conducción

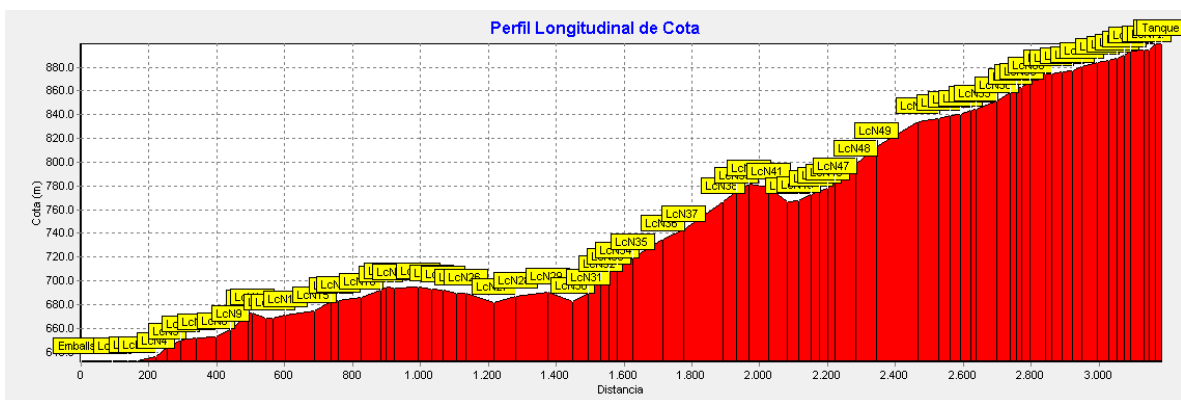
<b>LcN43</b>	767.39	0	904.94	137.55
<b>LcN44</b>	773.008	0	904.83	131.82
<b>LcN45</b>	775.285	0	904.75	129.47
<b>LcN46</b>	778.118	0	904.67	126.55
<b>LcN47</b>	782.88	0	904.60	121.72
<b>LcN48</b>	798.218	0	904.41	106.19
<b>LcN49</b>	812.784	0	904.21	91.43
<b>LcN50</b>	833.644	0	903.90	70.26
<b>LcN51</b>	836.54	0	903.75	67.21
<b>LcN52</b>	839.497	0	903.66	64.17
<b>LcN53</b>	840.358	0	903.59	63.23
<b>LcN54</b>	843.812	0	903.51	59.70
<b>LcN55</b>	844.968	0	903.47	58.50
<b>LcN56</b>	851.483	0	903.32	51.84
<b>LcN57</b>	858.56	0	903.22	44.66
<b>LcN58</b>	862.026	0	903.17	41.15
<b>LcN61</b>	874.232	0	902.96	28.72
<b>LcN62</b>	874.486	0	902.91	28.43
<b>LcN63</b>	876.043	0	902.84	26.79
<b>LcN64</b>	877.282	0	902.76	25.48
<b>LcN65</b>	880.465	0	902.69	22.23
<b>LcN66</b>	884.259	0	902.57	18.31
<b>LcN67</b>	885.322	0	902.49	17.17
<b>LcN68</b>	887.676	0	902.43	14.75
<b>LcN69</b>	890.083	0	902.38	12.30
<b>LcN61</b>	874.232	0	902.96	28.72
<b>LcN62</b>	874.486	0	902.91	28.43
<b>LcN70</b>	893.316	0	902.33	9.01
<b>LcN71</b>	894.607	0	902.23	7.62
<b>LcN72</b>	894.249	0	902.18	7.93

Tabla 29: Presiones en la línea de conducción

<b>LcN73(tanque)</b>	899.705	0	902.12	2.41
----------------------	---------	---	--------	------

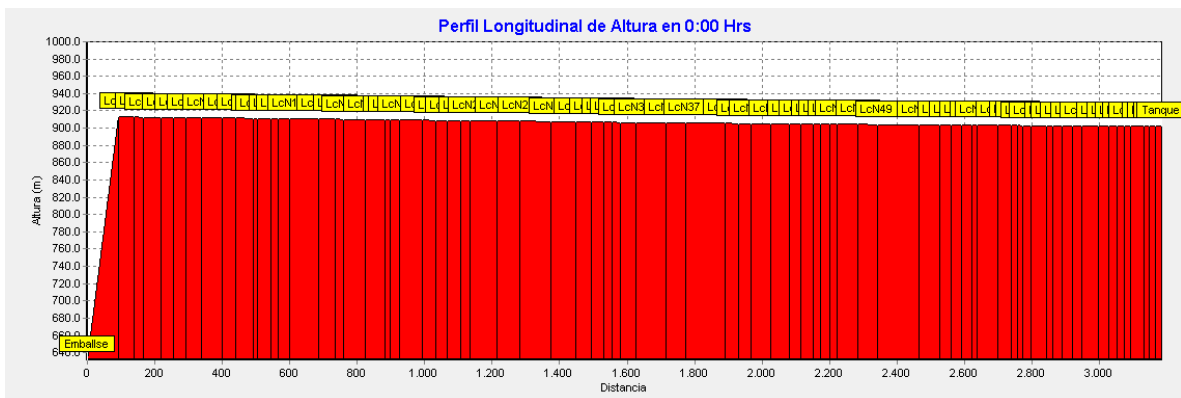
A continuación, se presenta en la ilustración 15 las características del relieve del terreno natural donde se observan algunas cimas y columpios, la cota en la zona más baja fue de 631.83 m, y la cota en la zona más alta fue de 899.705 m, donde está ubicado el tanque de almacenamiento.

Ilustración 15 Perfil natural



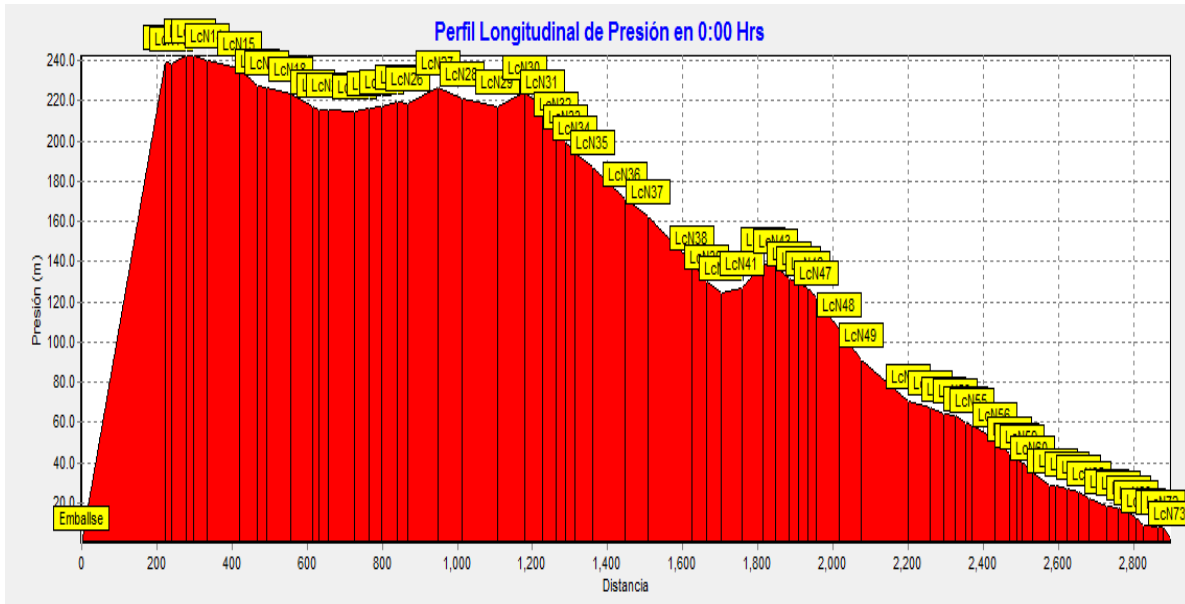
En la ilustración 16 se presenta la línea piezométrica, cuya gradiente de energía corresponde a la pérdida de carga por metro en la tubería de conducción. La poca pendiente de la gradiente de energía de la línea de conducción se debe a las pocas pérdidas de cargas debido a la baja velocidad que se presenta en la tubería de impulsión.

Ilustración 16 Altura piezométrica



En la ilustración 17 se presenta la distribución de presiones siendo la más alta la que corresponde con 289.06 m, y la mínima en el tanque de almacenamiento con 2.4 m.

Ilustración 17 Perfil de presiones



- **Simulación de la red**

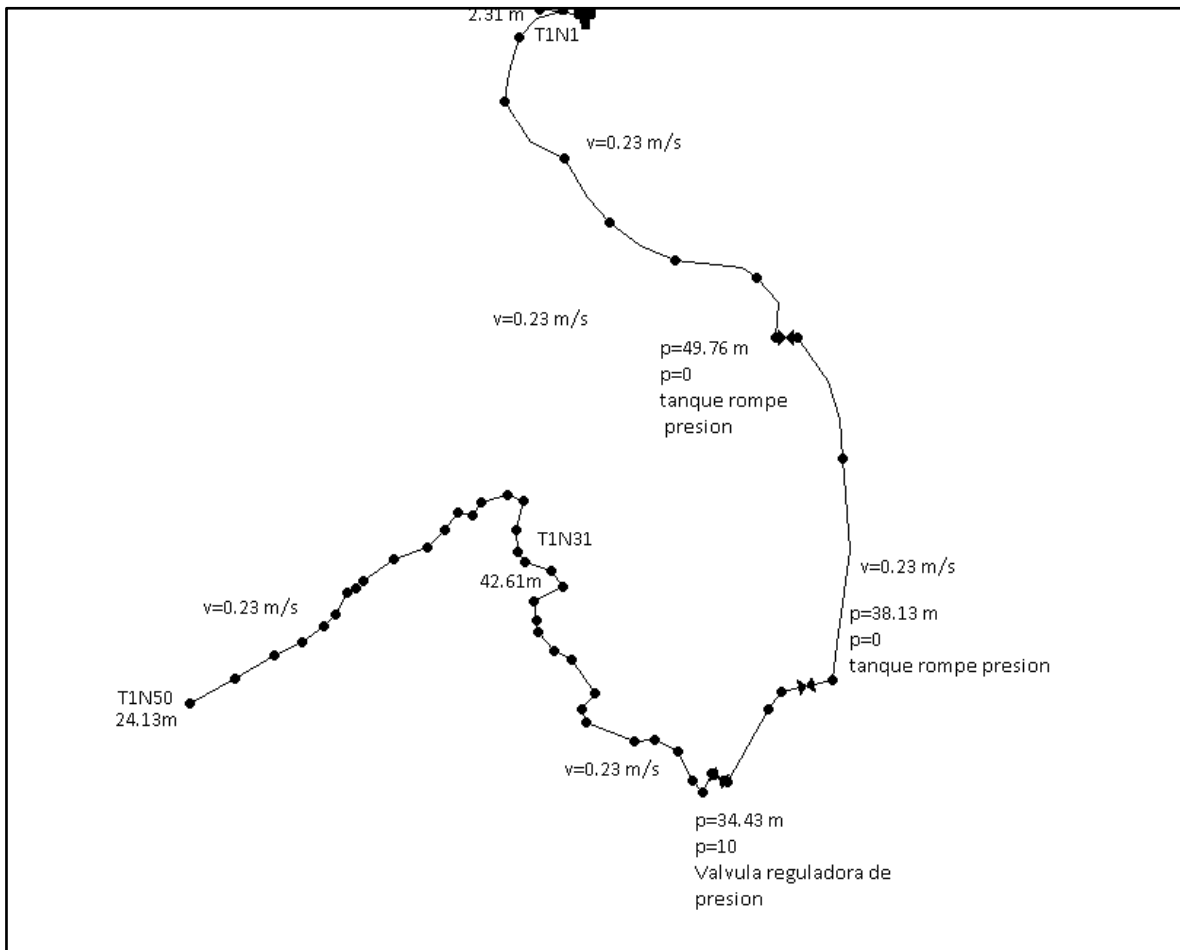
La simulación de la red para el consumo máximo horario (CMH) en la red de distribución se basó en la tabla 30 que describe los nodos de demanda para cada tramo de la red, los cuales en su totalidad suman 1.31 l/s.

Tabla 30 Nodos concentrados por tramos de red

Viviendas por tramos		Caudal l/s
Tramo 1 (32-44)	13	0,36
Tramo 2 (1-20), (56-58)	23	0,64
Tramo 3 (24,27,28,29)	4	0,11
Tramo 4(21,22,23,25,26,30,31)	7	0,20
Sumatoria	47	1,31

La ilustración 18 muestra el tramo 1 de la red de distribución, con una longitud de 1828 m, diseñada con tubería de 1 ½" PVC ASTM 22.41 para abastecer a 13 viviendas, con un caudal de 0.36 l/s.

Ilustración 18 Tramo 1



Fuente: Elaboración propia

### Tramo 1

La velocidad de flujo en el tramo 1 tuvo un mínimo de 0.23 m/s en casi toda la línea, y un máximo al inicio de la misma de 0.84 m/s, debido a las bajas velocidades inferiores a la de la norma, se instalarán válvulas de limpieza a lo largo del tramo. El diámetro de la tubería fue de 1 ½" PVC SDR 26 norma ASTM 2241, por la cual circula un caudal máximo de 1.32 l/s, y un mínimo de 0.36 l/s, en la cual se

abastecerá a 9 viviendas. La pérdida de carga fue de 17.31 m/km, cuando se dieron las mayores velocidades y se redujo a 1.58 m/km, como se observa en la tabla 31.

Tabla 31 Velocidades en el tramo 1

ID	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal lps	Velocidad m/s	Perd. Unit. m/km
T1P1	5	44.6	150	1.31	0.84	17.31
T1P2	50.58	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P3	59.34	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P4	77.6	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P5	76.33	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P6	78.07	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P7	87.68	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P8	58.45	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P9	137.11	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P10	221.09	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P11	61.74	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P12	85.45	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P13	30.85	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P14	14.52	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P15	30.31	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P16	25.56	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P17	19	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P18	48.6	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P19	13.38	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P20	19.57	44.6	150	0.36	0.23	1.59
T1P21	39	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P22	19.05	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P23	22.3	44.6	150	0.36	0.23	1.58
T1P24	12.02	44.6	150	0.36	0.23	1.58

Tabla 31: Velocidades en el tramo 1

<b>T1P25</b>	18.51	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P26</b>	15.7	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P27</b>	18.52	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P28</b>	26.37	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P29</b>	12.58	44.6	150	0.36	0.23	1.59
<b>T1P30</b>	20.04	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P31</b>	27.85	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P32</b>	16.05	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P33</b>	26.04	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P34</b>	14.8	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P35</b>	14.49	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P36</b>	20.44	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P37</b>	24.01	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P38</b>	33.19	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P39</b>	35.99	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P40</b>	14.45	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P41</b>	10.01	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P42</b>	22.67	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P43</b>	16	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P44</b>	26.45	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P45</b>	28.01	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P46</b>	43.99	44.6	150	0.36	0.23	1.58
<b>T1P47</b>	48.78	44.6	150	0.36	0.23	1.58

La presión máxima se dio en el nodo TN1N8 su valor es de 49.43 m, y la mínima fueron de 0 en las pilas rompe presión (T1N9), como se observa en la tabla 32, todas las presiones cumplen con lo establecido en la norma, ya que todas fueron menores de 50 m, también se presentan en la ilustración 18, 19 y 20.

Tabla 32 Presiones tramo 1

<b>Nodos</b>	<b>ID</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda Base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
<b>TN1N(tanque)</b>	899.705	0	902.02	2.31	2.31
<b>T1N2</b>	894.607	0	901.86	7.25	7.25
<b>T1N3</b>	890.083	0	901.70	11.62	11.62
<b>T1N4</b>	884.259	0	901.54	17.28	17.28
<b>T1N5</b>	877.282	0	901.39	24.10	24.10
<b>T1N6</b>	874.486	0	901.23	26.74	26.74
<b>T1N7</b>	862.897	0	901.07	38.17	38.17
<b>T1N8</b>	851.483	0	900.91	49.43	49.43
<b>T1N9</b>	851.483	0	851.48	0.00	0.00
<b>T1N10</b>	839.497	0	851.32	11.83	11.83
<b>T1N11</b>	812.784	0	851.17	38.38	38.38
<b>T1N12</b>	812.784	0	812.78	0.00	0.00
<b>T1N13</b>	798.218	0	812.63	14.41	14.41
<b>T1N14</b>	778.118	0	812.47	34.35	34.35
<b>T1N15</b>	778.118	0	788.12	10.00	10.00
<b>T1N16</b>	772.788	0	788.07	15.28	15.28
<b>T1N17</b>	773.477	0	788.05	14.57	14.57
<b>T1N18</b>	774.087	0	788.00	13.91	13.91
<b>T1N19</b>	772.349	0	787.96	15.61	15.61
<b>T1N20</b>	771.983	0	787.93	15.94	15.94
<b>T1N21</b>	764.933	0	787.85	22.92	22.92
<b>T1N22</b>	761.708	0	787.83	26.12	26.12
<b>T1N23</b>	758.49	0	787.80	29.31	29.31
<b>T1N24</b>	758.809	0	787.74	28.93	28.93
<b>T1N25</b>	757.59	0	787.71	30.12	30.12
<b>T1N26</b>	753.943	0	787.67	33.73	33.73
<b>T1N27</b>	753.36	0	787.65	34.29	34.29



Tabla 32: Presiones tramo 1

<b>T1N28</b>	752.82	0	787.62	34.80	34.80
<b>T1N29</b>	750.283	0	787.60	37.32	37.32
<b>T1N30</b>	746.9	0	787.57	40.67	40.67
<b>T1N31</b>	744.918	0	787.53	42.61	42.61
<b>T1N32</b>	750.008	0	787.51	37.50	37.50
<b>T1N33</b>	751.265	0	787.48	36.21	36.21
<b>T1N34</b>	753.03	0	787.43	34.40	34.40
<b>T1N35</b>	751.81	0	787.41	35.60	35.60
<b>T1N36</b>	753.182	0	787.37	34.18	34.18
<b>T1N37</b>	756.135	0	787.34	31.21	31.21
<b>T1N38</b>	759.853	0	787.32	27.47	27.47
<b>T1N39</b>	764.093	0	787.29	23.19	23.19
<b>T1N40</b>	763.826	0	787.25	23.42	23.42
<b>T1N41</b>	760.247	0	787.20	26.95	26.95
<b>T1N42</b>	754.344	0	787.14	32.80	32.80
<b>T1N43</b>	765.227	0	787.12	21.89	21.89
<b>T1N44</b>	764.594	0	787.10	22.51	22.51
<b>T1N45</b>	769.612	0	787.06	17.45	17.45
<b>T1N46</b>	769.167	0	787.04	17.87	17.87
<b>T1N47</b>	767.483	0	787.00	19.51	19.51
<b>T1N48</b>	767.324	0	786.95	19.63	19.63
<b>T1N49</b>	767.091	0	786.88	19.79	19.79
<b>T1N50</b>	762.672	0.36	786.81	24.13	24.13

Ilustración 19 Perfil natural tramo 1

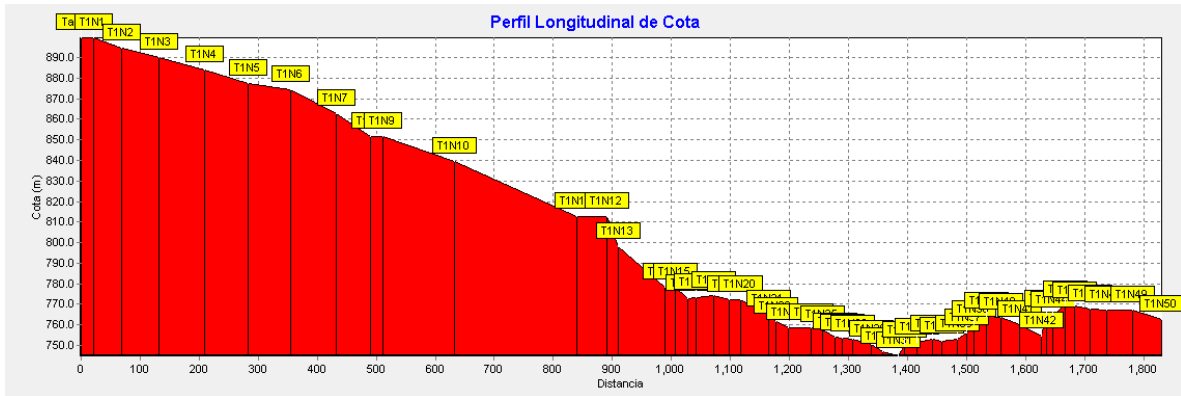


Ilustración 20 Altura piezométrica tramo 1

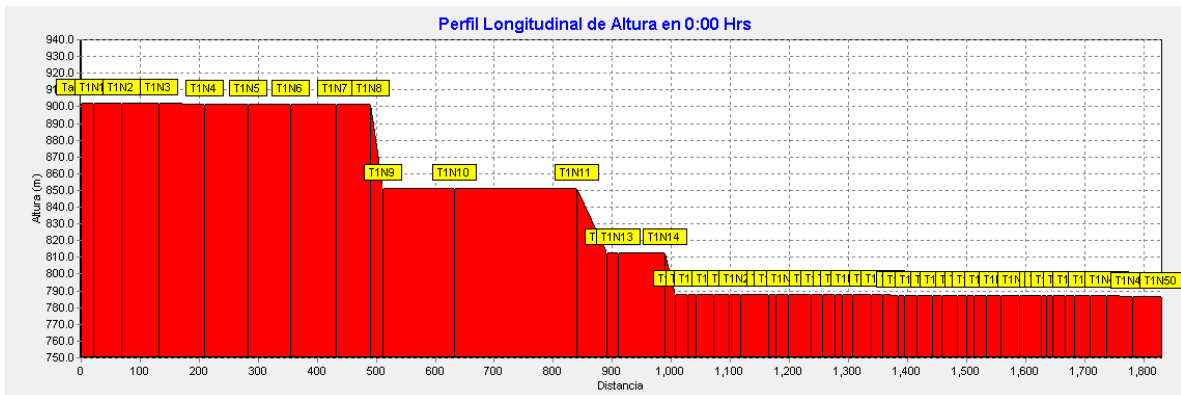
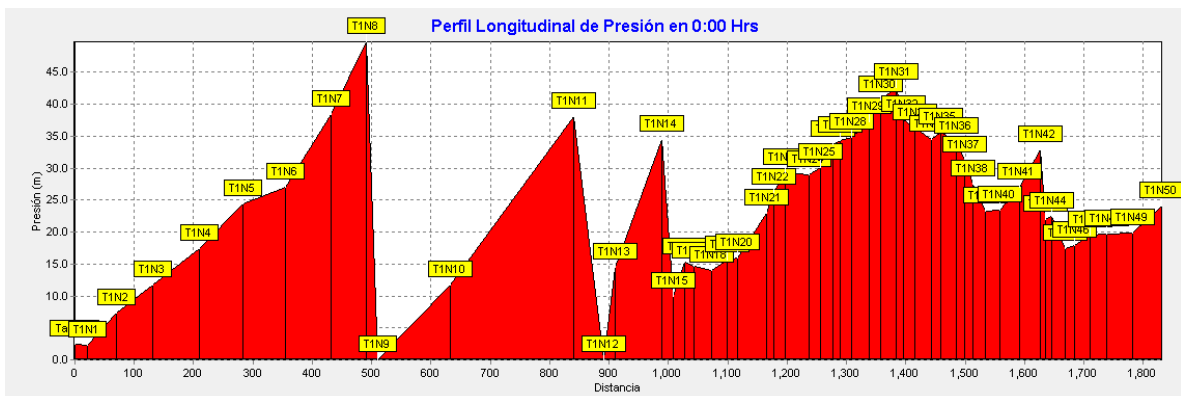
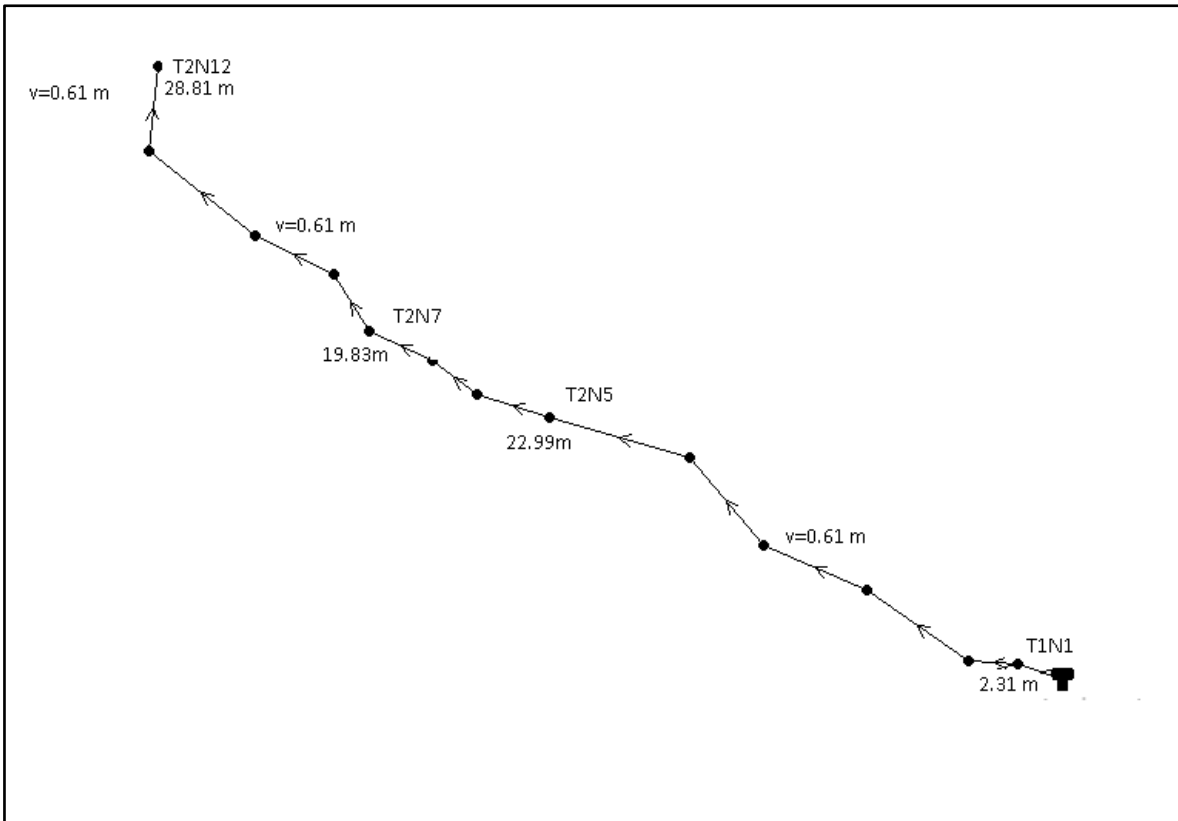


Ilustración 21 presiones en el tramo 1



La ilustración 22 muestra el tramo 2 de la red de distribución, con una longitud de 659 m, diseñada con tubería de 1 ½” PVC ASTM 22.41 para abastecer a 23 viviendas, con un caudal de 0.64 l/s.

Ilustración 22 Tramo 2



Fuente: Elaboración propia

La velocidad de flujo en el tramo 2 presentó un mínimo de 0.13 m/s en casi toda la línea, y un máximo al inicio de la misma de 0.61 m/s, esta última cumple con la norma, no obstante, debido a que se presentan velocidades inferiores a la norma se instalaran válvulas de limpieza a lo largo del tramo. El diámetro de la tubería fue de 1 ½” SDR 26 norma ASTM 2241, por la cual circula un caudal máximo de 0.95 l/s, y un mínimo de 0.20 l/s, por lo tanto, este mismo abastecerá a 13 viviendas. La pérdida de carga fue de 9.55 m/km en el nodo T2P1, cuando se dieron las mayores velocidades y se redujo a 0.53 m/km, como se observa en la tabla 33.

Tabla 33 Tabla de velocidades en tramo 2

ID	No	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal lps	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
T2P1	1	24.581	44.6	150	0.95	0.61	9.55
T2P2	2	60.02	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P3	3	50.19	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P4	4	51.04	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P5	5	64.6	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P6	6	34.15	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P7	7	25.01	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P8	8	31.18	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P9	9	30.69	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P10	10	39.06	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P11	11	60.14	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P12	12	37.8	44.6	150	0.95	0.61	9.54
T2P13	13	35	44.6	150	0.31	0.20	1.20
T2P14	14	41.08	44.6	150	0.20	0.13	0.53
T2P15	15	23.76	44.6	150	0.20	0.13	0.53
T2P16	16	50.45	44.6	150	0.20	0.13	0.53

La presión máxima se dio en el nodo T2N11 el valor es de 28.49 m, y la mínima fueron de 7.53 m en el nodo que se observa en la tabla 34, todas las presiones cumplen con lo establecido en la norma, ya que todas fueron menores de 50 m. en la ilustración 23,24 y 25 se presenta respectivamente, las cotas, la altura piezométrica y presiones a lo largo del tramo.

Tabla 34 Tabla de presiones del tramo 2

<b>Nodos</b>	<b>ID</b>	<b>Cota m</b>	<b>Demanda Base LPS</b>	<b>Altura m</b>	<b>Presión m</b>
T2N10	873.081	0	898.10	25.02	25.02
T2N11	869.032	0	897.53	28.49	28.49
T2N12	868.356	0	897.17	28.81	28.81
T2N13	868.005	0	897.12	29.12	29.12
T2N14	870.541	0	897.10	26.56	26.56
T2N15	874.052	0	897.09	23.04	23.04
T2N16	886.078	0.2	897.06	10.98	10.98
T2N1	894.249	0	901.78	7.53	7.53
T2N2	883.221	0	901.21	17.99	17.99
T2N3	878.811	0	900.73	21.92	21.92
T2N4	876.996	0	900.24	23.25	23.25
T2N5	876.638	0	899.63	22.99	22.99
T2N6	879.865	0	899.30	19.44	19.44
T2N7	879.232	0	899.06	19.83	19.83
T2N8	874.429	0	898.77	24.34	24.34
T2N9	870.968	0	898.47	27.51	27.51

Ilustración 23 Perfil de terreno natural tramo 2

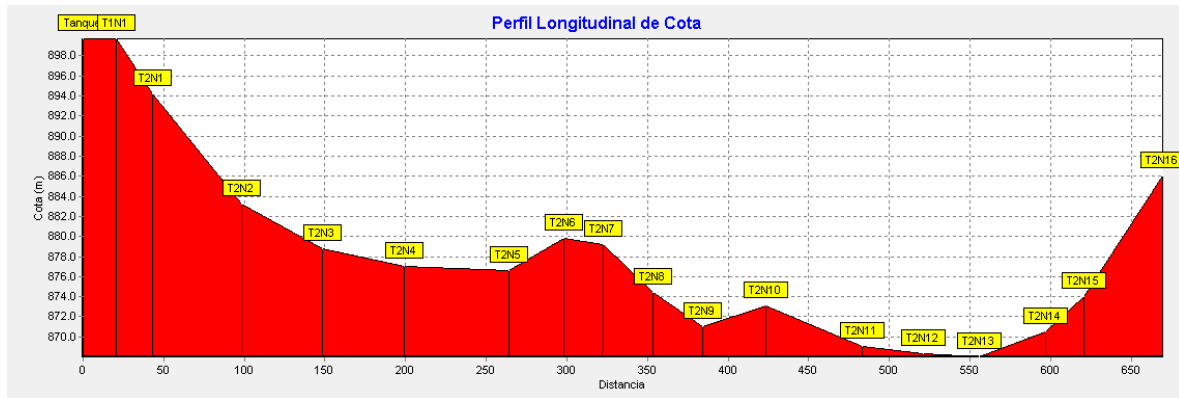


Ilustración 24 Altura piezométrica tramo 2

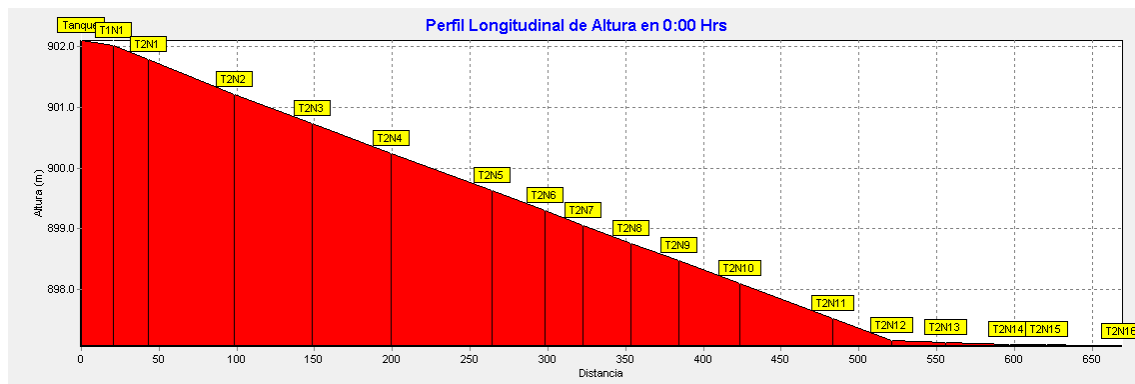
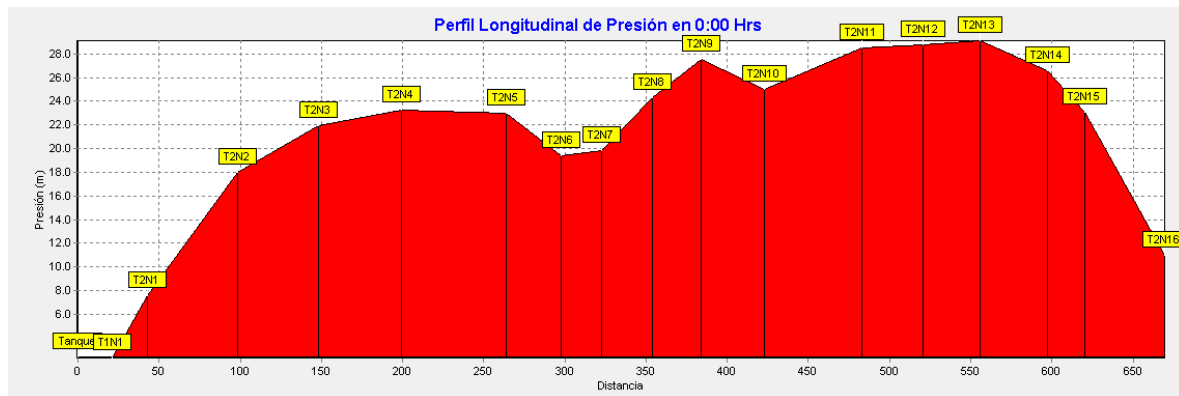
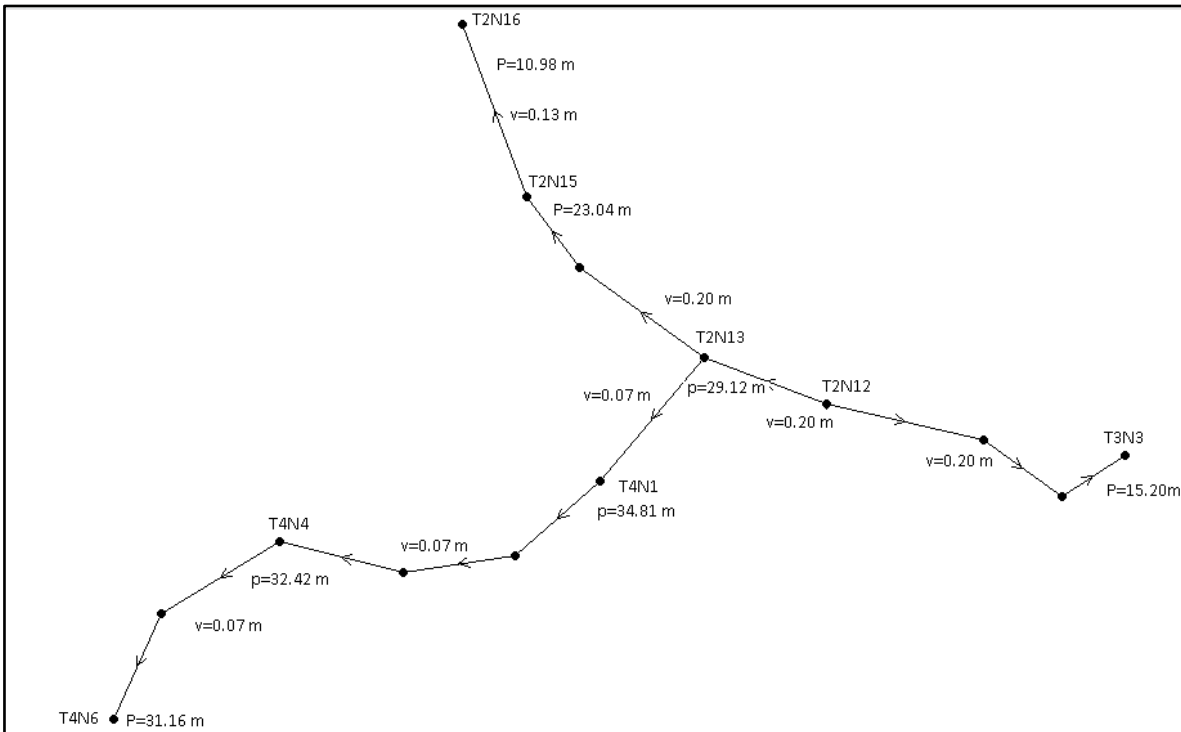


Ilustración 25 Presiones en el tramo 2



La ilustración 26 muestra el tramo 3 y 4 de la red de distribución, con una longitud de 564.56 m, diseñada con tubería de 1 ½" PVC ASTM 22.41, para abastecer a 11 viviendas, con un caudal de 0.31 l/s.

Ilustración 26 Tramo 3 y 4



Fuente: Elaboración propia

La velocidad de flujo en el tramo 3 y 4 presentó un mínimo de 0.07 m/s en casi toda la línea, y un máximo al inicio de la misma de 0.41 m/s, esta última cumple con la norma, no obstante, debido a que se presentan velocidades inferiores a la norma, se instalarán válvulas de limpieza a lo largo del tramo.

El diámetro de la tubería fue de 1 ½" SDR 26 norma ASTM 2241, por la cual circula un caudal máximo de 0.64 l/s, y un mínimo de 0.11 l/s, para abastecer a 11 viviendas. La pérdida de carga permaneció en un rango de 4.59 m/km en el nodo T3P1 al T3P3, cuando se dieron las menores velocidades y se redujo la pérdida de carga a 0.17 m/km, como se observa en la tabla 35.

Tabla 35 Velocidades en el tramo 3 y 4

ID	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal Ips	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
T3P1	42.84	44.6	150	0.64	0.41	4.59
T3P2	26.85	44.6	150	0.64	0.41	4.59
T3P3	20.09	44.6	150	0.64	0.41	4.59
T4P1	43.04	44.6	150	0.11	0.07	0.18
T4P2	30.01	44.6	150	0.11	0.07	0.18
T4P3	30.01	44.6	150	0.11	0.07	0.18
T4P4	34	44.6	150	0.11	0.07	0.18
T4P5	36.89	44.6	150	0.11	0.07	0.18
T4P6	30.83	44.6	150	0.11	0.07	0.17

La presión máxima se dio en el nodo T4N4 con un valor de 32.42 m, y la mínima fueron de 15.20 m, en el Nodo T3N3. Por la cual todas las presiones cumplen con la norma. En la ilustración 27,28 y 29 se presentan el perfil natural del terreno, la altura piezométrica, y las presiones en el tramo.

Tabla 36 Presiones en el tramo 3 y 4

Nodos	Cota m	Demanda base L/S	Altura m	Presión
T3N1	872.943	0	896.97	24.03
T3N2	879.622	0	896.85	17.22
T3N3	881.553	0.64	896.75	15.20
T4N1	866.308	0	897.12	30.81
T4N2	865.476	0	897.11	31.63
T4N3	865.108	0	897.11	32.00
T4N4	864.676	0	897.10	32.42
T4N5	867.224	0	897.09	29.87
T4N6	865.926	0.11	897.09	31.16



Ilustración 27 Perfil de terreno natural tramo 3 y 4

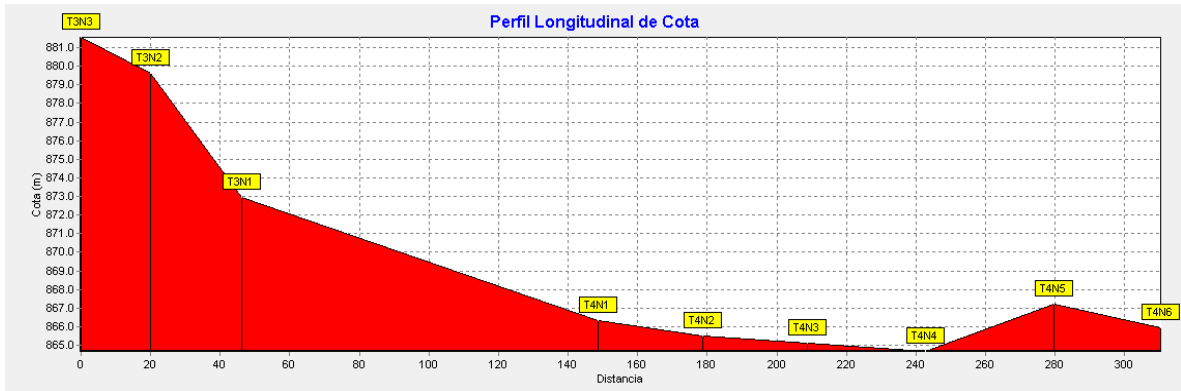


Ilustración 28 Altura piezométrica tramo 3 y 4

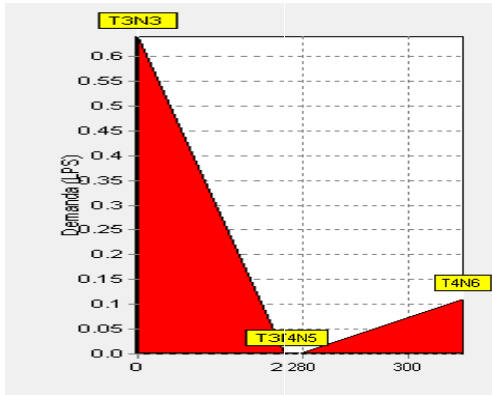
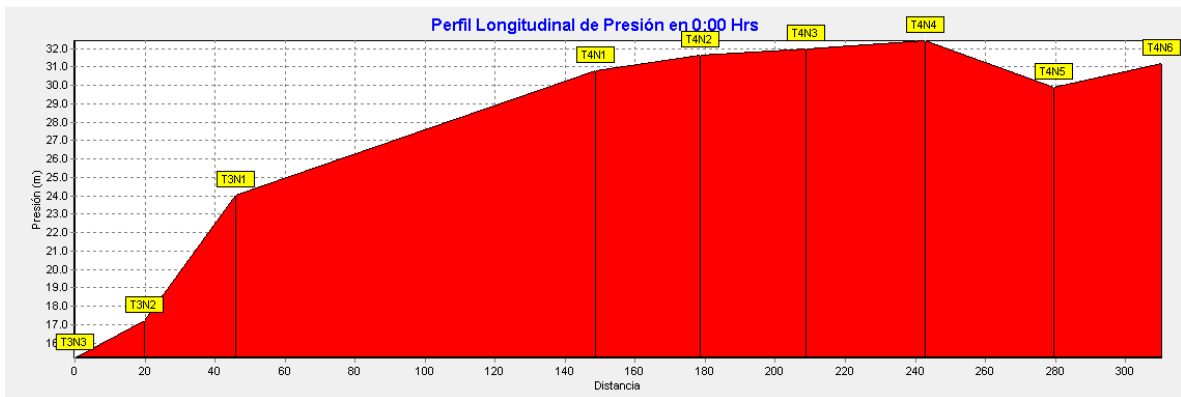


Ilustración 29 Presiones en el tramo 3 y 4



- **Simulación del cloro residual**

Se realizó la simulación de cloro aplicándolo en la sarta mediante bomba de inyección de cloro, a una dosis de 2.1 mg/l, durante 16 horas de bombeo. En las siguientes 8 horas los caudales de demanda y cloro fueron suplidas por el volumen almacenado en el tanque.

Observado la ilustración 30, se nota que el cloro residual a las 7 horas alcanza el tanque de almacenamiento, el valor cloro residual continua su incremento por la red debido al bombeo continuo y a las 16 horas como se observa en la ilustración 31, logrando un valor de cloro residual 0.24 mg/l en el punto mas alejado de la red. Después de las 16 hora el bombeo se detiene, y abastecimiento se da con el tanque de almacenamiento y el cloro residual a las 24 alcanza 0.33 mg/l como puede verse en la ilustración 32.

A partir de las 16 horas el cloro residual alcanza los valores recomendados por la norma, el cual continua incrementados hasta 38 mr/l a las 22 horas para luego descender a 33 mg/l a las 24 horas.

Ilustración 31 Distribución de cloro residual a las 7 horas

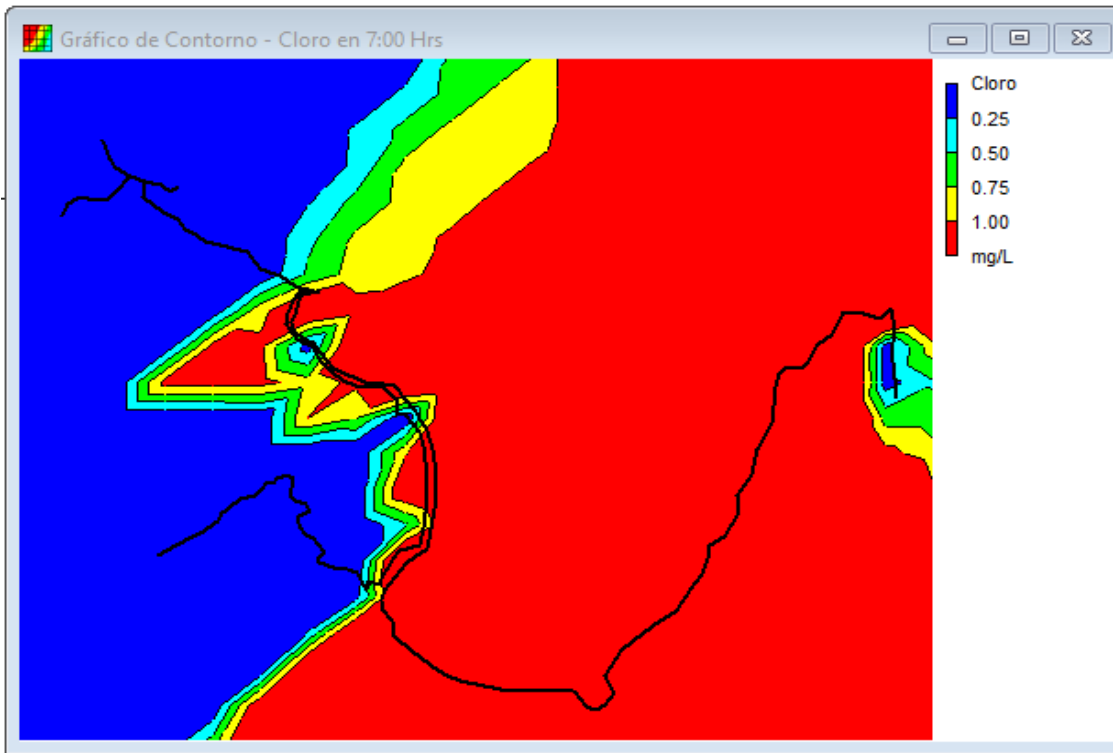


Ilustración 30 Cloro residual a las 16 horas

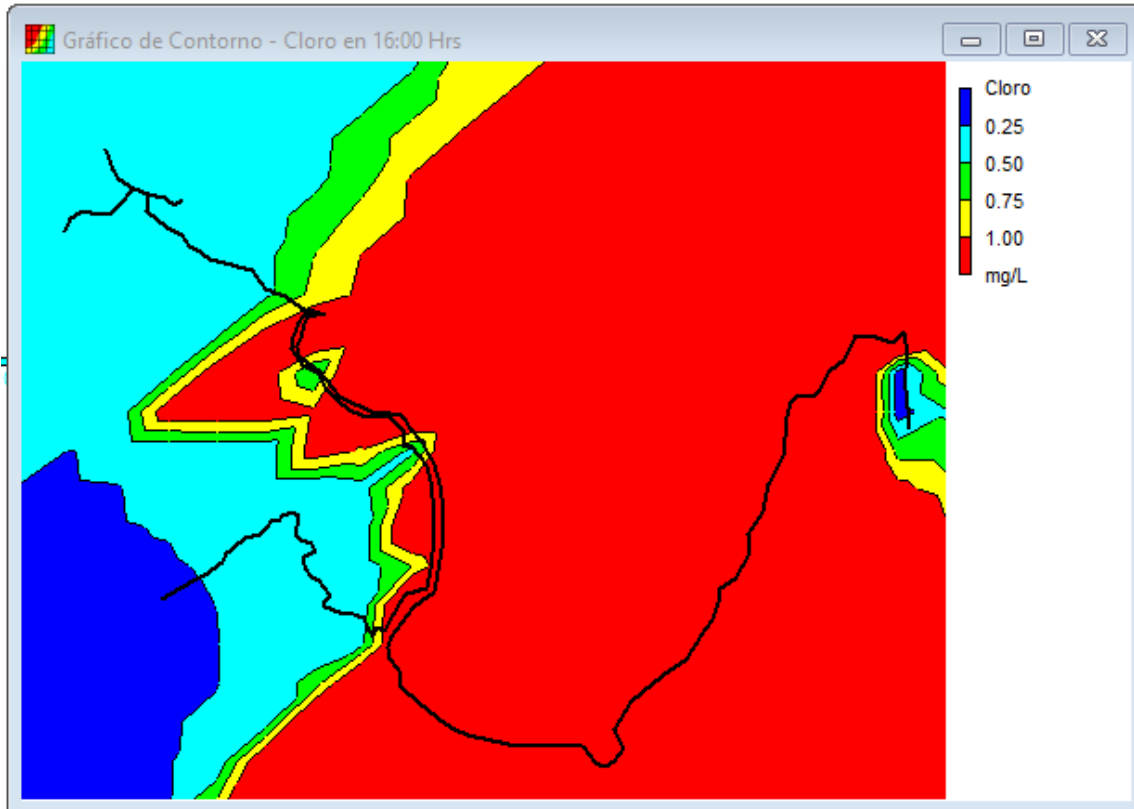
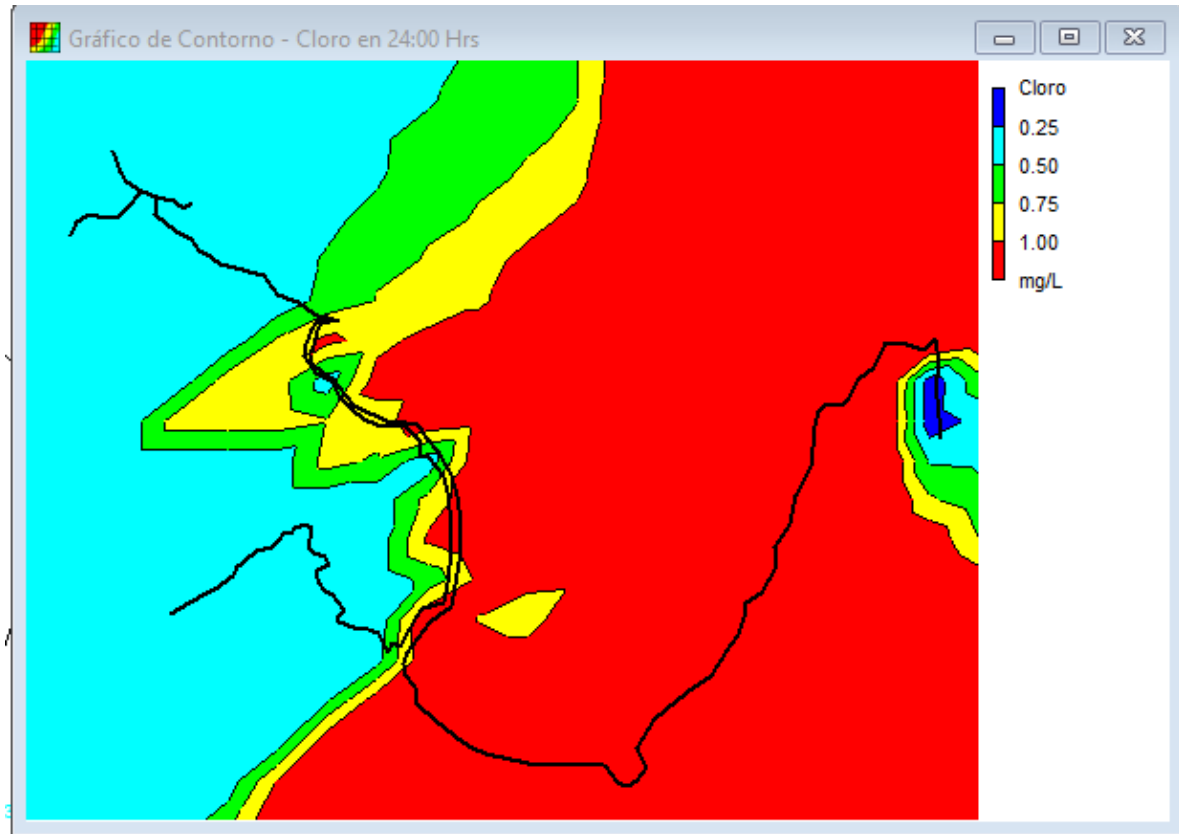


Ilustración 32 Cloro residual a las 24 horas



#### 4.6. PRESUPUESTO

El diseño del sistema de agua potable por bombeo eléctrico de la comunidad El Roble, que incluye obra de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento, red de distribución y conexiones domiciliarias, tiene un costo total estimado de C\$ 7,901,519.03, el cual se realizó basado en el costo unitario del catálogo del nuevo FISE.

A continuación en la tabla 37 se muestra el presupuesto por etapas, así mismo el presupuesto a nivel de actividades se presenta en el anexo VII

*Tabla 37 Tabla de resumen del presupuesto por etapa*

<b>LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA</b>	<b>C\$ 127,414.03</b>
<b>A. COSTO TOTAL DIRECTO</b>	<b>C\$ 5,857,558.38</b>
<b>B. COSTOS INDIRECTOS (1.5% SOBRE A)</b>	<b>C\$87,863.38</b>
<b>C. ADMINISTRACIÓN (2% SOBRE A+B)</b>	<b>C\$118,908.44</b>
<b>D. UTILIDADES (10% SOBRE A+B+C)</b>	<b>C\$606,433.02</b>
<b>E. IMPUESTOS MUNICIPALES (3% SOBRE A+B+C+D)</b>	<b>C\$200,122.90</b>
<b>F. SUBTOTAL</b>	<b>C\$ 6,870,886.11</b>
<b>G. IVA (15% SOBRE F)</b>	<b>C\$1,030,632.92</b>
<b>PRECIO TOTAL DEL PROYECTO (F + G) EN CÓRDOBAS</b>	<b>C\$ 7,901,519.03</b>
<b>PRECIO TOTAL DEL PROYECTO (F + G) EN DOLARES (T.C= 35.99)</b>	<b>\$ 219,547.63</b>



# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**“Si el hombre no aprende a tratar los océanos y la lluvia forestal con respeto,  
se extinguirá”**

**(Peter Benchlev)**

## Conclusiones

1. El 92% de las familias tiene un ingreso menor al salario mínimo, por lo que su capacidad de pago es limitada.
2. Se encontró que el relieve del terreno donde se construirá el acueducto es montañoso, presentando diferencias de nivel de 267.875 m entre el cárcamo de bombeo y el tanque lo que representa una alta carga hidrostática que debe ser tomada en cuenta en el diseño a fin de mantener las presiones en los valores óptimos. Las viviendas se encuentran muy dispersas, concentrándose al final de cada ramal.
3. El aforo dio como resultado un caudal que supera cinco veces la demanda máxima diaria al final del periodo de diseño de este estudio, por lo que es viable utilizar la fuente para el acueducto proyectado. El estudio físico-químico y bacteriológico de la fuente cumple con la norma CAPRE y las normas de ANA en lo que a calidad de agua se refiere.
4. Debido a la diferencia de cotas a vencer (267.875 m), el diseño hidráulico funcionará con mucha energía con una bomba cuya potencia es de 5 HP para transportar un caudal de 0.83 l/s con una carga dinámica de 281.09 m, por lo que se utilizaron tuberías de gran resistencia HG clase 40, PVC SDR 13.5, PVC SDR 17 y PVC SDR 26, lo cual se debe a que el relieve donde se construirá el acueducto es montañoso. Debido a la dispersión y poca población los diámetros de la tubería en general fueron pequeños entre 2 para línea de conducción y 1 ½" pulgada para los ramales de la red. En la red de distribución se presentaron velocidades inferiores (0.07 m/s mínima, 0.61 m/s máxima) a lo recomendado por la norma por lo que se instalara válvulas de limpieza.
5. Los planos constructivos, fueron la base para el cálculo de las cantidades de obra y el correspondiente presupuesto es de C\$ 7,901,519.03 ó \$ 219,547.63

## Recomendaciones

- 1) Debido a la dispersión de las viviendas se recomienda una inspección permanente de la red de distribución para detectar posibles fugas.
- 2) Se recomienda que las actividades agropecuarias a las que se dedica gran parte de la comunidad se realicen a una distancia prudencial para evitar su contaminación química o biológica.
- 3) Brindar un mantenimiento mensual a toda la red de distribución.
- 4) Asegurar los insumos necesarios para el mantenimiento preventivo y correctivo del proyecto, para garantizar un stock de repuestos que no sean posibles fabricar o comprar localmente.



# BIBLIOGRAFÍA

- Bravo, Garcia, Fernandez, & Ruiz. (2013). *Bravo, Garcia, Fernandez, & Ruiz*.
- CAPRE. (1993). *Normas de calidad del agua para consumo humano*. San Jose Costa Rica: Comite Coordinador Regional de Instituciones de agua potable y saneamiento de C.A, Panama y Republica Dominicana.
- Cenepred. (2016). *Cenepred*. LIMA.
- Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. (2010). *El golpe de ariete*. Ciudad Real España: Universidad Castilla de la Mancha.
- FISE. (2021). *Nuevo FISE*. Obtenido de <https://siasar.fise.gob.ni/>
- IMTA. (1992). *Manual de Aforos*. México: SARH - Comision Nacional del Agua.
- INAA. (1999a). *Normas Rurales*. Managua: Saneamiento Básico Rural.
- INAA. (1999b). *Normas tecnicas para el diseño de abastecimiento y potabilizacion del agua*. Managua: INAA.
- INAA. (2006). *Guiàs tècnicas para el diseño de alcantarillados sanitarios y sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Managua: INAA.
- INIFOM. (s.f.). *Manual de Presupuesto de Obras Municipales*.
- Lopez, Roldan, P, Facheli. (2015). *Metodologia de la investigacion Social Cuantitativa*. Barcelona, España.
- UNICEF. (18 de Junio de 2019). *Unicef.org*. (G. Nueva York, Editor, & Nueva York, Ginebra) Obtenido de Unicef.org: <https://www.unicef.org/es>.

# **ANEXOS**



8. ¿Cuántas personas trabajan en su familia?

1 a 2 ( ) 3 a mas ( )

9. ¿Con que grado de estudio cuenta usted?

Primaria ( ) Secundaria ( ) Técnico ( ) Universidad ( )

Sin estudio ( )

10. ¿Aparte de la agricultura a que otra actividad se dedica?

Ganadería ( ) Construcción ( ) Otros ( )

11. ¿Qué tipo de enfermedades padece frecuentemente?

Respiratorias ( ) Estomacales ( ) Otros ( )

12. ¿Cuál es el monto de ingresos mensuales?

0 C\$ a 2000 ( ) 2000C\$ a 4000 ( ) 5000C\$ a 8000 ( )

8000 C\$ a mas ( )

#### INFORMACION SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

13. ¿Cuántos días a la semana dispone de agua potable?

1 a 2 ( ) 3 a 4 ( ) 5 a mas ( )

14. ¿Cuántas horas por día dispone de agua?

Horario desde la ( ) hasta la ( )

15. La cantidad de agua que recibe es:

Suficiente ( ) insuficiente ( )

16. ¿Almacena usted el agua para el consumo de su familia?

Si ( ) No ( )

17. ¿Qué tipo de depósito utiliza para almacenar agua?  
Balde ( ) Bidones ( ) Tinaja ( ) Tanque ( ) otros ( )

18. La calidad del agua es:  
Buena ( ) Mala ( ) Regular ( )

19. ¿Qué tipo de fuente se abastece?  
Rio ( ) Lago ( ) Manantial ( ) Lluvia ( )

20. ¿Cuál es la distancia de la vivienda hasta la fuente de abastecimiento?  
Metros: \_\_\_\_\_ Tiempo en que se demora en ir y venir:

*Anexo II: Población y fuente de la comunidad el Roble*

*Ilustración 33 Población y fuente El Roble*



*Población abasteciéndose de agua contaminada.*



*Anexo III: Levantamiento topográfico*

Tabla 38 Elevaciones y coordenadas del levantamiento topográfico

<b>TABLA DE DERROTOS</b>			
<b>PI</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>
<b>PI-1</b>	531938.9	1469592.42	868.356
<b>PI-2</b>	531906.14	1469604.73	868.005
<b>PI-3</b>	531872.89	1469628.72	870.541
<b>PI-4</b>	531858.88	1469647.59	874.052
<b>PI-5</b>	531850.19	1469655.87	877.103
<b>PI-6</b>	531841.98	1469693.58	886.078
<b>PI-7</b>	531822.6	1469706.88	890.055
<b>PI-8</b>	531811.48	1469737.42	893.619
<b>PI-9</b>	531797.36	1469761.71	897.114
<b>PI-10</b>	531793.33	1469773.33	899.127
<b>PI-11</b>	531777.58	1469786.14	901.442
<b>PI-12</b>	531761.58	1469807.14	903.636
<b>PI-13</b>	531759.11	1469819.91	904.927
<b>PI-14</b>	531763.77	1469841.61	903.173
<b>PI-15</b>	531760.77	1469860.82	907.767

<b>PI-16</b>	531788.6	1469891.38	913.532
<b>PI-17</b>	531794.96	1469903.85	915.919
<b>PI-18</b>	531797.14	1469929.76	919.364
<b>PI-19</b>	531804.96	1469943.83	922.266
<b>PI-20</b>	531799.82	1469961.08	923.442
<b>PI-21</b>	531803.6	1469991.35	928.178
<b>PI-22</b>	531810.83	1470009.78	932.492
<b>PI-23</b>	531818.73	1470027.28	937.953
<b>PI-24</b>	531825.3	1470057.06	944.482
<b>PI-25</b>	531826.92	1470078.6	949.696
<b>PI-26</b>	531829.68	1470088.42	950.779
<b>PI-27</b>	531825.68	1470110.05	955.874
<b>PI-28</b>	531826.36	1470130.04	959.949
<b>PI-29</b>	531825.88	1470137.33	960.031
<b>PI-30</b>	531817.39	1470160.84	965.976
<b>PI-31</b>	531816.62	1470166.29	969.635

<b>PI-32</b>	531818.5	1470179.15	973.595
<b>TABLA DE DERROTEROS</b>			
<b>PI</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>
<b>PI-2</b>	531906.14	1469604.73	868.005
<b>PI-33</b>	531878.43	1469571.84	866.308
<b>PI-34</b>	531855.93	1469552	865.476
<b>PI-35</b>	531826.24	1469547.67	865.108
<b>PI-36</b>	531793.24	1469555.83	864.676
<b>PI-37</b>	531761.76	1469536.76	867.224
<b>PI-38</b>	531749.22	1469508.63	865.926
<b>TABLA DE DERROTEROS</b>			
<b>PI</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>
<b>PI-1</b>	531938.9	1469592.42	868.356
<b>PI-39</b>	531980.43	1469582.94	872.943
<b>PI-40</b>	532001.55	1469567.77	879.622
<b>PI-41</b>	532018.33	1469578.65	881.553
<b>TABLA DE DERROTEROS</b>			
<b>PI</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>
<b>PI-1</b>	531938.9	1469592.42	868.356
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>



<b>PI-42</b>	531934.69	1469554.86	869.032
<b>PI-43</b>	531981.58	1469517.42	873.081
<b>PI-44</b>	532016.65	1469500.36	870.968
<b>PI-45</b>	532032.68	1469474.42	874.429
<b>PI-46</b>	532060.61	1469461.43	879.232
<b>PI-47</b>	532080.76	1469446.63	879.865
<b>PI-48</b>	532113.08	1469436.08	876.638
<b>PI-49</b>	532175.19	1469418.32	876.996
<b>PI-50</b>	532208.26	1469379.49	878.811
<b>PI-51</b>	532254.22	1469359.81	883.221
<b>PI-52</b>	532298.29	1469320.58	894.249
<b>PI-53</b>	532295.61	1469299.75	894.607
<b>PI-54</b>	532277.41	1469265.19	893.316
<b>PI-55</b>	532276.82	1469245.2	890.083
<b>PI-56</b>	532284.29	1469226.65	887.676
<b>PI-57</b>	532301.82	1469207.44	885.322
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>

<b>PI-58</b>	532329.77	1469194.51	884.259
<b>PI-59</b>	532358.42	1469156	880.465
<b>PI-60</b>	532375.93	1469134.15	877.282
<b>PI-61</b>	532402.25	1469119.74	876.043
<b>PI-62</b>	532430.35	1469109.24	874.486
<b>PI-63</b>	532446.06	1469100.45	874.232
<b>PI-64</b>	532490.95	1469095.2	868.331
<b>PI-65</b>	532515.94	1469090.09	862.897
<b>PI-66</b>	532526.24	1469077.85	862.026
<b>PI-67</b>	532533.24	1469060.73	858.560
<b>PI-68</b>	532561.35	1469033.7	851.483
<b>PI-69</b>	532588.62	1468980.25	844.968
<b>PI-70</b>	532593.6	1468964.52	843.812
<b>PI-71</b>	532603.79	1468936.3	840.358
<b>PI-72</b>	532606.43	1468906.42	839.497
<b>PI-73</b>	532613.11	1468872.06	836.540
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>

<b>PI-74</b>	532609.77	1468812.16	833.644
<b>PI-75</b>	532600.06	1468712.63	817.331
<b>PI-76</b>	532590.62	1468689.48	812.784
<b>PI-77</b>	532541.75	1468654.67	798.218
<b>PI-78</b>	532507.71	1468605.26	782.188
<b>PI-79</b>	532492.76	1468587.79	778.118
<b>PI-80</b>	532486.27	1468563.64	775.285
<b>PI-81</b>	532487.47	1468538.67	773.008
<b>PI-82</b>	532511.92	1468511.71	767.390
<b>PI-83</b>	532514.48	1468474.8	766.674
<b>PI-84</b>	532428.1	1468446.8	768.159
<b>PI-85</b>	532409.1	1468429.05	770.763
<b>TABLA DE DERROTEROS</b>			
<b>PI</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>
<b>PI-81</b>	532487.47	1468538.67	773.008
<b>PI-86</b>	532476.12	1468557.52	773.104
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>

<b>PI-87</b>	532478.17	1468574.29	771.039
<b>PI-88</b>	532452.34	1468591.06	772.788
<b>PI-89</b>	532443.15	1468602.28	773.477
<b>PI-90</b>	532429.63	1468629.4	774.087
<b>PI-91</b>	532406.87	1468640.89	772.349
<b>PI-92</b>	532387.99	1468638.79	771.983
<b>PI-93</b>	532373.7	1468641.78	770.729
<b>PI-94</b>	532343.37	1468656.71	764.933
<b>PI-95</b>	532339.53	1468669.12	761.708
<b>PI-96</b>	532351.85	1468683.98	758.490
<b>PI-97</b>	532329.1	1468715.65	758.809
<b>PI-98</b>	532312.36	1468724.65	757.590
<b>PI-99</b>	532298.16	1468741.45	753.943
<b>PI-100</b>	532295.76	1468753.21	753.360
<b>PI-101</b>	532293.19	1468771.53	752.820
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>

<b>PI-102</b>	532297.42	1468786.44	750.283
<b>PI-103</b>	532309.85	1468799.74	746.900
<b>PI-104</b>	532285.09	1468808.59	744.918
<b>PI-105</b>	532278.56	1468818.06	750.008
<b>PI-106</b>	532277.63	1468838.04	751.265
<b>PI-107</b>	532283.53	1468865.2	753.030
<b>PI-108</b>	532268.87	1468871.61	751.810
<b>PI-109</b>	532244.06	1468863.83	753.182
<b>PI-110</b>	532235.35	1468852.23	756.135
<b>PI-111</b>	532221.67	1468855.22	759.853
<b>PI-112</b>	532210.42	1468838.69	764.093
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>

<b>PI-113</b>	532192.93	1468822.25	763.826
<b>PI-114</b>	532161.87	1468811.11	760.247
<b>PI-115</b>	532133.32	1468790.01	754.344
<b>PI-116</b>	532126.06	1468783.88	765.227
<b>PI-117</b>	532117.67	1468778.45	764.594
<b>PI-118</b>	532107.6	1468758.77	769.612
<b>PI-119</b>	532096.21	1468747.54	769.167
<b>PI-120</b>	532074.89	1468731.97	767.483
<b>PI-121</b>	532049.79	1468719.55	767.324
<b>PI-122</b>	532011.68	1468697.57	767.091
<b>PI-123</b>	531994.94	1468685.73	766.037
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>

<b>PI-124</b>	531969.12	1468674.14	762.672
<b>TABLA DE DERROTOS</b>			
<b>PI</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>
<b>PI-52</b>	532298.29	1469320.58	894.25
<b>PI-125</b>	532319.26	1469310.71	898.26
<b>PI-126</b>	532311.75	1469317.06	898.65
<b>TABLA DE DERROTOS</b>			
<b>PI</b>	<b>COORDENADAS</b>		
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>
<b>PI-83</b>	532514.48	1468474.80	766.67
<b>PI-130</b>	532553.60	1468439.63	778.61
<b>PI-131</b>	532596.66	1468401.77	781.11
<b>PI-132</b>	532629.08	1468383.61	775.55
<b>PI-133</b>	532665.19	1468366.72	766.26
<b>PI-134</b>	532778.84	1468340.22	743.27
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>

<b>PI-135</b>	532839.23	1468340.86	734.79
<b>PI-136</b>	532926.61	1468339.64	719.47
<b>PI-137</b>	532956.46	1468302.69	712.58
<b>PI-138</b>	532978.80	1468294.28	707.40
<b>PI-139</b>	533000.75	1468305.27	700.96
<b>PI-140</b>	533021.30	1468336.66	690.03
<b>PI-141</b>	533000.16	1468377.52	682.78
<b>PI-142</b>	533038.15	1468440.65	690.36
<b>PI-143</b>	533082.22	1468459.66	686.73
<b>PI-144</b>	533109.55	1468501.53	686.74
<b>PI-145</b>	533164.30	1468537.27	681.85
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>



<b>PI-146</b>	533207.35	1468604.27	689.78
<b>PI-147</b>	533225.01	1468625.61	689.34
<b>PI-148</b>	533236.22	1468664.74	692.12
<b>PI-149</b>	533239.60	1468698.57	692.92
<b>PI-150</b>	533271.54	1468720.25	694.45
<b>PI-151</b>	533306.57	1468780.85	694.24
<b>PI-152</b>	533306.63	1468807.45	694.49
<b>PI-153</b>	533305.02	1468822.16	692.51
<b>PI-154</b>	533337.47	1468870.98	686.42
<b>PI-155</b>	533349.65	1468935.36	683.72
<b>PI-156</b>	533360.26	1468955.42	682.78
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>

<b>PI-157</b>	533382.35	1468999.43	674.63
<b>PI-158</b>	533390.83	1469084.91	670.98
<b>PI-159</b>	533400.48	1469120.22	668.94
<b>PI-160</b>	533414.20	1469134.77	668.81
<b>PI-161</b>	533453.02	1469138.50	672.57
<b>PI-162</b>	533464.31	1469146.79	672.22
<b>PI-163</b>	533489.51	1469192.36	658.84
<b>PI-164</b>	533521.30	1469217.32	652.47
<b>PI-165</b>	533548.81	1469270.65	651.95
<b>PI-166</b>	533594.25	1469266.87	650.36
<b>PI-167</b>	533631.37	1469257.26	644.05
	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z (m)</b>

Anexo III: Levantamiento topográfico

<b>PI-168</b>	533658.92	1469279.65	636.62
<b>PI-169</b>	533658.55	1469254.65	632.83
<b>PI-170</b>	533669.77	1469257.70	631.53
<b>PI-171</b>	533664.70	1469307.44	634.93

Anexo IV: Topografía

Ilustración 34 Levantamiento topográfico





Anexo V. Aforo

Ilustración 35 Aforo de la fuente El Terrero





Tabla 39 Resultado de metales pesados de la muestra de agua de la fuente El Terrero (período de estiaje)



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS DE MICROPOLUENTES**

MP-2203-0055.01  
 LA-PT-06/RT01

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Domingo Rodriguez		Del Restaurante Columbia 50 vr al norte. Somoto, Madriz		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Domingo Rodriguez		Testista	<a href="mailto:domingerodr123@gmail.com">domingerodr123@gmail.com</a>	5743-7026
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	29/03/2022; 5:58 am		Ingreso de muestra	29/03/2022
Fuente	Quebrada El Terrero		Inicio de análisis	06/04/2022
Tipo de muestra(preservación)/ (Estado envase)	Agua Superficial/ Térmica/ Aceptable		Finalización de análisis	06/04/2022
Ubicación de la fuente	Comunidad El Roble, San José de Cusmapa		Emisión del informe de resultados	07/04/2022
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	5131
Recolectada por	Domingo Rodriguez, Olvin Calderón, Francisco López		Código de muestra	LA-2203-0322
Supervisor en campo	Domingo Rodriguez, Olvin Calderón, Francisco López		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE <sup>1</sup>
G.H	Arsénico	mg/L	0.004	0.01

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respective.  
 Abreviaturas y símbolos: NR= No Reporta  
**Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 25 RD-2017  
 EPA = Environmental Protection Agency, Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE, G.H= Generador de hidruros, utilizando Arsenator

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

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

Ing. María Lida Gómez  
 Coordinadora de Lab. Ambi. PIENSA-UNI

Tabla 40 Resultado de estudio fisicoquímico de la muestra de agua de la fuente El Terrero



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICOS DE AGUAS NATURALES

PQAN-2393-9066.01  
 LA-PIENSA

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELÉFONO
Domingo Rodríguez		Del Restaurante Comunità 90 vs al roto. Somoto - Managua		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CÉLLULAR
Domingo Rodríguez		Yessica	<a href="mailto:domingorod123@uni.edu.ni">domingorod123@uni.edu.ni</a>	5745-7328
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	29/03/2022 5:56 a.m	Ingreso de muestra	29/03/2022	Rango o valor analítico permisible o recomendado
Fuente	Quebrada El Terrero	Inicio de análisis	30/03/2022	
Tipo de muestra/presección/ método envase	Agua Superficial/Térmica/Aceptable	Finalización de análisis	01/04/2022	
Ubicación de la fuente	Comunidad El Rodeo, San José de Cusmapa	Emisión del informe de resultados	01/04/2022	
Coordenadas	NR	Nº. Cédula de custodia	5131	
Recolectada por	Domingo Rodríguez - Divin Calderín, Francisco López	Código de muestra	LA-2020-9062	
Supervisor en cargo	Domingo Rodríguez, Divin Calderín, Francisco López	Muestra No.	Uno (1)	
MEYDOD SM o EPA/MSH	ENSAJO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE <sup>1</sup>
3110	Aspecto	Abs	Amarillo sin materia en suspensión	NE
4500-B	Potencial de hidrogeno	pH	8.90	8.5 - 9.5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	295.00	400**
2130-B	Turbiedad	UNT	0.133	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	8.90	15
2100-B	Acididad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	120.40	NE
2700-B	Calcio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	+0.40	NE
2100-B	Bicarbonato	mg/L CaCO <sub>3</sub>	120.60	NE
4500-D	Nitrato	mg/L	3.37	50
4500-B	Nitrato	mg/L	+0.063	5.1
4500-D	Cloruro	mg/L	13.80	250
3500-B	Hierro Total	mg/L	+0.008	0.3
4500-C	Sulfato	mg/L	<1.80	250
2540-C	Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	192.60	400**
2540-C	Dureza Calcio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	74.40	NE
3500-B	Calcio	mg/L	28.82	150**
3500-B	Magnesio	mg/L	8.96	30
8143	Manganeso	mg/L	+0.008	0.3
3500-X	Sodio	mg/L	14.86	200
3000-C	Fosforo	mg/L	3.11	15
4500-C	Fierro	mg/L	0.283	0.7

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y Norma respectiva. Abreviatura y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificado en la Norma, NR= No Reporta, Adm= Admisión, Res= Residuo, Norma por Decreto emplesales: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 21-82 (2017), M= Microbiología, EPA = Environmental Protection Agency, Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano, Norma Regional CAPRE, \*\*Valor recomendado

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

Declaración que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confiabilidad e integridad del informe. Los resultados emitidos se relacionan únicamente con los datos de ensayo.

*[Firma]*  
 Ing. María Leticia Gómez  
 Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI

**COORDINACIÓN TÉCNICA**  
 PIENSA-UNI

220659

Tabla 41 Resultado de estudio microbiológico de la muestra de agua de la fuente El Terrero



**Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Universidad Nacional de Ingeniería  
 Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS**

MB-2203-0076.01  
 LA-PT-08.1704

NOMBRE DEL CLIENTE		DIRECCIÓN DEL CLIENTE		TELÉFONO
Domingo Rodríguez		Del Restaurante Columbia 50vrs al Norte, Somoto, Madriz		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Domingo Rodríguez		Tesista	<a href="mailto:domingorodri123@gmail.com">domingorodri123@gmail.com</a>	5743-7026
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA	
Fecha y Hora de recolección	29/03/2022 ,05:58 am		Ingreso de muestra	29/03/2022
Fuente	Quebrada El Terrero		Inicio de análisis	29/03/2022
Tipo de muestra/preservación/ Estado envase	Agua Superficial/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	30/03/2022
Ubicación de la fuente	Comunidad El Roble, San José de Cusmapá		Emisión del informe de resultados	07/04/2022
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	5131
Recolectada por	Domingo Rodríguez-Olvin Calderón Francisco López		Código de muestra	LA-2203-0322
Supervisor en campo	Domingo Rodríguez-Olvin Calderón, Francisco López		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE <sup>1</sup>
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	1.1*10 <sup>2</sup>	Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	79.0	Negativo

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

Abreviaturas y símbolos: NR= No Reporta

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

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

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

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

  
 Ing. María Lidia Gómez  
 Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI





Tabla 42 Resultado de estudio físico químico de la muestra de agua de la fuente El Terrero (período lluvioso)



## Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Universidad Nacional de Ingeniería  
Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYO FISICO QUIMICOS DE AGUAS NATURALES**

**FQAN-2207-0148.01**  
LA-PT-08.0731

<b>NOMBRE DEL CLIENTE</b>		<b>DIRECCION DEL CLIENTE</b>		<b>TELEFONO</b>
Olvin Antonio Calderón		San José de Cusmapa		NR
<b>ATENCIÓN</b>		<b>CARGO</b>	<b>EMAIL</b>	
Olvin Antonio Calderón		Tesisista	olvin0298@gmail.com	
<b>CELULAR</b>		5734-8448		

DATOS DE LA MUESTRA		CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA		Rango o valor máximo permisible o recomendado	
Fecha y Hora de recolección	01/07/2022; 5:07 a.m.	Fecha de	Ingreso de muestras		01/07/2022
Fuente	Quebrada El Terrero		Inicio de análisis		04/07/2022
Tipo de muestra/preservación/Estado envase	Agua Superficial/Tármica/Aceptable		Finalización de análisis		05/07/2022
Ubicación de la fuente	Comunidad El Roble, San José de Cusmapa		Emisión del informe de resultados		05/07/2022
Coordenadas	NR	No. Cadena de custodia	5288		
Recolectada por	Olvin Calderón, Domingo Rodríguez	Código de muestra	LA-2207-0731		
Supervisor en campo	Olvin Calderón, Domingo Rodríguez	Muestra No.	Uno (01)		

METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE <sup>1</sup>
2110	Apariencia	Adim	Amarillenta	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.92	6.5 - 8.5**
2130-B	Turbiedad	UNT	0.205	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	11.00	15

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en (ll) columna y líneas respectivas. Abreviaturas y símbolos: <= menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Adim= Adimensional. Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano, Norma Regional CAPRE, \*\*Valor recomendado

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

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



Ing. María Lidia Gómez  
Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI





Tabla 43 Resultado de estudio bacteriológico de la muestra de agua de la fuente El Terrero




### Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
Universidad Nacional de Ingeniería  
Managua, Nicaragua

**INFORME DE ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS**

**MB-2207-0157.01**  
LA-PT-03.RT04

<b>NOMBRE DEL CLIENTE</b>		<b>DIRECCIÓN DEL CLIENTE</b>		<b>TELÉFONO</b>
Olvin Antonio Calderón		San José de Cusmapa		NR
<b>ATENCIÓN</b>		<b>CARGO</b>	<b>EMAIL</b>	<b>CELULAR</b>
Olvin Antonio Calderón		Teista	<a href="mailto:olvin0288@gmail.com">olvin0288@gmail.com</a>	5734-8448
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			<b>CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA</b>	
Fecha y Hora de recolección	01/07/2022: 05:07 am		Ingreso de muestra	01/07/2022
Fuente	Quebrada El Terrero		Inicio de análisis	01/07/2022
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Superficial/Térmica/Aceptable		Finalización de análisis	05/07/2022
Ubicación de la fuente	Comunidad El Roble, San José de Cusmapa		Emisión del informe de resultados	12/07/2022
Coordenadas	NR		No. Cadena de custodia	6288
Recolectada por	Olvin Calderón, Domingo Rodríguez		Código de muestra	LA-2207-0731
Supervisor en campo	Olvin Calderón, Domingo Rodríguez		Muestra No.	Uno (01)
<b>METODO SM // EPA</b>	<b>ENSAYO REALIZADO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>Norma CAPRE<sup>1</sup></b>
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	3.3*10 <sup>3</sup>	Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	1.3*10 <sup>3</sup>	Negativo

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
 Abreviaturas y símbolos: NR= No Reporta  
 Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater<sup>2</sup> 23 RD 2017  
 EPA = Environmental Protection Agency, <sup>1</sup>Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano. Norma Regional CAPRE.

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

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



Coordinadora de Lab. Amb. PIENSA-UNI



Anexo VII: Presupuesto

Tabla 44 Presupuesto

<b>Eta</b>	<b>Descripción</b>	<b>U.</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio</b>	<b>Costo</b>
<b>pa</b>		<b>M</b>	<b>idad</b>	<b>FISE</b>	<b>Total</b>
<b>31</b>	<b>PRELIMINARES</b>				<b>C\$</b>
<b>0</b>					<b>210,349.</b>
					<b>73</b>
	<b>LIMPIEZA INICIAL</b>	<b>m</b>	<b>6,58</b>	<b>C\$</b>	<b>C\$</b>
		<b>²</b>	<b>2.03</b>	<b>17.92</b>	<b>117,950.</b>
					<b>00</b>
	LIMPIEZA MANUAL INICIAL	m	6,58	C\$	C\$
		²	2.03	17.92	117,950.
					00
	<b>TRAZO Y NIVELACIÓN</b>	<b>m</b>	<b>5,93</b>	<b>C\$</b>	<b>C\$</b>
			<b>8.66</b>	<b>12.89</b>	<b>76,559.4</b>
					<b>4</b>
	TRAZO DE EJE DE TUBERIA DE AGUA POTABLE	m	5,93	C\$	C\$
			8.66	12.89	76,559.4
					4
	<b>ROTULO</b>	<b>c/</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$</b>	<b>C\$</b>
		<b>u</b>		<b>15,840.</b>	<b>15,840.3</b>
				<b>30</b>	<b>0</b>
	ROTULO FISE DE 1.22 X 2.44M (Est. Metal y Forro de Zinc Liso)	c/	1.00	C\$	C\$
		u		15,840.	15,840.3
				30	0
<b>32</b>	<b>LÍNEA DE IMPULSIÓN</b>				<b>C\$</b>
<b>0</b>					<b>2,262,22</b>
					<b>2.81</b>
	<b>EXCAVACIÓN PARA TUBERÍA</b>	<b>m</b>	<b>2,19</b>	<b>C\$</b>	<b>C\$</b>
		<b>³</b>	<b>6.90</b>	<b>286.72</b>	<b>629,895.</b>
					<b>17</b>
	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO MATERIAL MIXTO (ARCILLAS, LIMOS Y BOLONES)	m	2,19	C\$	C\$
		³	6.90	286.72	629,895.
					17
	<b>RELLENO Y COMPACTACIÓN</b>	<b>m</b>	<b>2,19</b>	<b>C\$</b>	<b>C\$</b>
		<b>³</b>	<b>0.72</b>	<b>84.90</b>	<b>185,986.</b>
					<b>94</b>
	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m	2,19	C\$	C\$
		³	0.72	84.90	185,986.
					94
	<b>TUBERIA DE 2" DE DIÁMETRO</b>	<b>m</b>	<b>3,05</b>	<b>C\$</b>	<b>C\$</b>
			<b>1.25</b>	<b>299.98</b>	<b>915,303.</b>
					<b>18</b>

TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" clase 40(NO INCL. EXCAVACION)	m	1,33 9.60	C\$ 572.27	C\$ 766,611. 42
TUBERIA DE PVC Diám.=2" (SDR-13.5) (NO INCL. EXCAVACION)	m	247. 52		
TUBERIA DE PVC Diám.=2" (SDR-17) (NO INCL. EXCAVACION)	m	619. 05	C\$ 118.81	C\$ 73,551.8 1
TUBERIA DE PVC Diám.=2" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACION)	m	845. 08	C\$ 88.91	C\$ 75,139.9 5
<b>PRUEBAS HIDROSTÁTICAS</b>	<b>c/ u</b>	<b>10.0 0</b>	<b>C\$ 2,072.5 6</b>	<b>C\$ 20,725.6 3</b>
PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUB. Diám.=HASTA 4", L= HASTA 300 m PARA PROY. A.P.	c/ u	10.0 0	C\$ 2,072.5 6	C\$ 20,725.6 3
<b>VÁLVULAS Y ACCESORIOS</b>	<b>c/ u</b>	<b>5.00</b>	<b>C\$ 6,312.2 1</b>	<b>C\$ 31,561.0 4</b>
VALVULA DE AIRE DE HIERRO FUNDIDO Diám.=3/4" (ROSCA MACHO)	c/ u	1.00	C\$ 1,840.0 4	C\$ 1,840.04
VALVULA DE LIMPIEZA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=1½"	c/ u	2.00	C\$ 1,854.2 5	C\$ 3,708.49
VALVULA DE PASE DE GAVETA DE BRONCE Diám.=2" (INCL.1.00m TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Y 4 BLOQUES DE REACCION) PARA LIMPIEZA	c/ u	2.00	C\$ 5,159.8 9	C\$ 10,319.7 8
CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 45°	c/ u	12.0 0	C\$ 291.23	C\$ 3,494.75
CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 90°	c/ u	2.00	C\$ 280.02	C\$ 560.04
CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 22.5° ó 2" x 157.5°	c/ u	11.0 0	C\$ 300.00	C\$ 3,300.00
CODO LISO DE PVC Diám.=2", 45° (S40)	c/ u	5.00	C\$ 69.86	C\$ 349.30
CODO LISO DE PVC Diám.=2", 90° (S40)	c/ u	3.00	C\$ 73.61	C\$ 220.83
BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/ u	33.0 0	C\$ 106.11	C\$ 3,501.72
CAJA PARA PROTECCION DE VALVULA HECHA DE TUBO DE CONCRETO =8"	c/ u	5.00	C\$ 567.62	C\$ 2,838.12
BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO DE 3000 PSI REF. PARA VALVULAS (NO INCL. EXCAVACION, NI ACARREO)	c/ u	3.00	C\$ 120.02	C\$ 360.05

	UNION DRESSER DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2"	c/ u	1.00	C\$ 1,067.94	C\$ 1,067.94
	<b>ACARREO DE TIERRA</b>				<b>C\$ 478,750. 86</b>
	EXPLOTACION A CORTE (MANUAL) EN BANCO DE PRESTAMO	m 3	1,42 3.97	C\$ 120.92	C\$ 172,191. 85
	ACARREO DE MATERIAL SELECTO A(con camión volquete) DE MATERIAL SELECTO A 5KM	m 3	1,09 5.36	C\$ 142.04	C\$ 155,581. 01
	BOTAR (MANUAL)MATERIAL SOBRENTE DE EXCAVACION	m 3	1,42 7.99	C\$ 105.73	C\$ 150,978. 00
<b>33 0</b>	<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN</b>		<b>2,88 7.41</b>	<b>C\$ 513.93</b>	<b>C\$ 1,483,93 6.00</b>
	<b>EXCAVACIÓN PARA TUBERÍA</b>	m 3	<b>2,07 8.94</b>	<b>C\$ 286.72</b>	<b>C\$ 596,072. 51</b>
	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO MATERIAL MIXTO (ARCILLAS, LIMOS Y BOLONES)	m 3	2,07 8.94	C\$ 286.72	C\$ 596,072. 51
	<b>RELLENO Y COMPACTACIÓN</b>	m 3	<b>2,07 5.64</b>	<b>C\$ 84.90</b>	<b>C\$ 176,217. 61</b>
	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m 3	2,07 5.64	C\$ 84.90	C\$ 176,217. 61
	<b>TUBERÍA DE 1½" DE DIÁMETRO</b>	m	<b>2,88 7.41</b>	<b>C\$ 63.43</b>	<b>C\$ 183,160. 61</b>
	TUBERIA DE PVC Diám.=1½" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACION)	m	2,88 7.41	C\$ 63.43	C\$ 183,160. 61
	<b>PRUEBAS HIDROSTÁTICAS</b>	c/ u	<b>10.0 0</b>	<b>C\$ 2,072.5 6</b>	<b>C\$ 20,725.6 3</b>
	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUB. Diám.=HASTA 4", L= HASTA 300 m PARA PROY. A.P.	c/ u	10.0 0	C\$ 2,072.5 6	C\$ 20,725.6 3

<b>VÁLVULAS Y ACCESORIOS</b>	c/ u	4.00	C\$ 13,583. 14	C\$ 54,332.5 8
VALVULA DE COMPUERTA DE Diám.=1½"	c/ u	2.00	C\$ 1,363.8 7	C\$ 2,727.73
VALVULA DE LIMPIEZA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=1½"	c/ u	2.00	C\$ 1,854.2 5	C\$ 3,708.49
CODO LISO DE PVC Diám.=1½", 90° (S40)	c/ u	7.00	C\$ 60.31	C\$ 422.16
CODO RADIO LARGO (ó CURVA) DE PVC Diám.= 1½"	c/ u	16.0 0	C\$ 54.85	C\$ 877.62
TEE LISA DE PVC Diám.= 1½" (S40)	c/ u	2.00	C\$ 129.73	C\$ 259.47
TAPON HEMBRA LISO DE PVC Diám.=1½"	c/ u	3.00	C\$ 21.37	C\$ 64.10
CODO LISO DE PVC Diám.=2", 45° (S40)	c/ u	1.00	C\$ 69.86	C\$ 69.86
CODO LISO DE PVC Diám.=1 1/2", 45°(S40)	c/ u	1.00	C\$ 73.61	C\$ 73.61
REDUCTOR LISO DE PVC DE 2" x 1½" (S40)	c/ u	2.00	C\$ 39.54	C\$ 79.08
PROTECTOR DE TUBO DE CONCRETO Diám.=6" PARA VALVULA DE PASE	c/ u	4.00	C\$ 256.64	C\$ 1,026.54
CAJA PARA PROTECCION DE VALVULA HECHA DE TUBO DE CONCRETO =8"	c/ u	4.00	C\$ 567.62	C\$ 2,270.49
VALVULA REGULADORA DE PRESION DE HIERRO FUNDIDO Diám.= 1 1/2"	c/ u	1.00	C\$ 27,006. 51	C\$ 27,006.5 1
CAJA DE CONCRETO DE 3000 PSI + PARED DE LADRILLO CUARTERON DE ANCHO= 0.90 LARGO=1.30 ALTO=1.90 CON REPELLO CORRIENTE( INCLUYE TAPA DE CONCRETO)	c/ u	1.00	C\$ 11,871. 24	C\$ 11,871.2 4
BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/ u	32.0 0	C\$ 106.11	C\$ 3,395.61
BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO DE 3000 PSI REF. PARA VALVULAS (NO INCL. EXCAVACION, NI ACARREO)	c/ u	4.00	C\$ 120.02	C\$ 480.06
<b>ACARREO DE TIERRA</b>				<b>C\$ 453,427. 08</b>
EXPLOTACION A CORTE (MANUAL) EN BANCO DE PRESTAMO	m 3	1,34 9.17	C\$ 120.92	C\$ 163,147. 13

	ACARREO DE MATERIAL SELECTO A(con camión volquete) DE MATERIAL SELECTO A 5KM	m 3	1,03 7.82	C\$ 142.04	C\$ 147,408. 81
	BOTAR (MANUAL)MATERIAL SOBRANTE DE EXCAVACION	m 3	1,35 1.31	C\$ 105.73	C\$ 142,871. 13
<b>340</b>	<b>FUENTE Y OBRAS DE TOMA</b>				<b>C\$ 146,899. 93</b>
	<b>DIQUES</b>	<b>m 3</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 41,337. 29</b>	<b>C\$ 41,337.2 9</b>
	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO MATERIAL MIXTO (ARCILLAS, LIMOS Y BOLONES)	m 3	11.0 0	C\$ 286.72	C\$ 3,152.49
	FORMALETA PARA MUROS	m 2	23.2 5	C\$ 197.86	C\$ 4,600.69
	CONCRETO CICLOPEO (CONSIDERANDO COMPRA DE PIEDRA BOLON) y CONCRETO (SOLAMENTE HECHURA)	m 3	10.3 1	C\$ 1,968.9 9	C\$ 20,294.4 3
	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=3" (NO INCL.EXCAVACION)	m	0.72	C\$ 1,800.6 1	C\$ 1,296.44
	VALVULA DE LIMPIEZA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=3"	c/ u	1.00	C\$ 5,076.6 9	C\$ 5,076.69
	MEZCLA MANUAL DE SUELO CEMENTO PROPORCION 1:10	m 3	6.75	C\$ 1,024.4 7	C\$ 6,916.57
	<b>DESARENADORES</b>	<b>c/ u</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 105,562 .63</b>	<b>C\$ 105,562. 63</b>
	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO MATERIAL MIXTO (ARCILLAS, LIMOS Y BOLONES)	m 3	55.8 6	C\$ 286.72	C\$ 16,016.1 8
	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m 3	0.36	C\$ 84.90	C\$ 30.67
	MEZCLA MANUAL DE SUELO CEMENTO PROPORCION 1:10	m 3	2.61	C\$ 1,024.4 7	C\$ 2,673.87
	FORMALETA PARA MUROS	m 2	6.30	C\$ 197.86	C\$ 1,246.50

	CONCRETO DE 3,000 PSI (MEZCLADO A MANO) (NO INCL. FUNDIDA)	m 3	2.87	C\$ 3,458.9 1	C\$ 9,920.16
	FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEMENTO	m 3	2.87	C\$ 290.30	C\$ 832.59
	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. <= AL No. 4	lb s	560. 68	C\$ 23.80	C\$ 13,342.6 2
	ALISTAR ARMAR Y COLOCAR HIERRO MENOR O IGUAL AL NUMERO 4	lb s	560. 68	C\$ 2.33	C\$ 1,307.61
	ADEME CON MADERA DE PINO EN ZANJA (PROF. MAYOR A 2.00 m)	m	46.0 0	C\$ 641.00	C\$ 29,486.0 2
	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=3" (NO INCL.EXCAVACION)	m	0.95	C\$ 1,800.6 1	C\$ 1,710.58
	VALVULA DE LIMPIEZA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=3"	c/ u	1.00	C\$ 5,076.6 9	C\$ 5,076.69
	REPELLO Y FINO CORRIENTE	m 2	22.1 5	C\$ 194.25	C\$ 4,302.68
	TUBERIA DE PVC Diám.=4" (SDR-17) CON 3 HILADAS DE PERFORACIONES DE Diám.=½"(12.71 mm) @0.10 m	m	0.30	C\$ 464.11	C\$ 139.23
	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=4" (NO INCL.EXCAVACION)	m	46.0 0	C\$ 165.60	C\$ 7,617.73
	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 90°	c/ u	1.00	C\$ 280.02	C\$ 280.02
	VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=4" CON FLANGE DE PVC (2 C/U) + PERNOS + TUERCAS	c/ u	1.00	C\$ 10,444. 23	C\$ 10,444.2 3
	CAJA PARA PROTECCION DE VALVULA HECHA DE TUBO DE CONCRETO =8"	c/ u	2.00	C\$ 567.62	C\$ 1,135.25
<b>34</b>	<b>ESTACIÓN DE BOMBEO - AGUA POTABLE</b>				<b>C\$</b>
<b>5</b>					<b>713,254.</b>
	<b>CASETA DE CONTROL</b>	<b>m</b> <b>2</b>	<b>7.84</b>	<b>C\$</b> <b>9,910.8</b> <b>3</b>	<b>C\$</b> <b>77,700.9</b> <b>4</b>
	NIVELETA SENCILLA L=1.10 m	c/ u	4.00	C\$ 64.18	C\$ 256.71
	NIVELETA DOBLE DE 1.50m x 1.50m	c/ u	4.00	C\$ 115.72	C\$ 462.89
	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO MATERIAL MIXTO (ARCILLAS, LIMOS Y BOLONES)	m 3	1.57	C\$ 286.72	C\$ 449.58

RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m 3	0.42	C\$ 84.90	C\$ 35.66
CONCRETO DE 3,000 PSI (MEZCLADO A MANO) (NO INCL. FUNDIDA)	m 3	2.22	C\$ 3,458.91	C\$ 7,667.75
FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEMENTO	m 3	2.22	C\$ 290.30	C\$ 643.55
HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. <= AL No. 4	lb s	833. 84	C\$ 23.80	C\$ 19,843.18
ALISTAR ARMAR Y COLOCAR HIERRO MENOR O IGUAL AL NUMERO 4	lb s	833. 84	C\$ 2.33	C\$ 1,944.68
PARED DE BLOQUE DE MORTERO DE 6" x 8" x 16" SIN SISAR	m 2	21.1 5	C\$ 460.22	C\$ 9,731.48
PARED DE BLOQUE DECORATIVO DE MORTERO DE 0.10mx0.40mx0.40m	m 2	3.17	C\$ 386.43	C\$ 1,225.95
LOSA DE CONCRETO DE 3000 PSI Esp.=0.075m, SIN REF. (NO INCL. EXCAVACION, NI ACABADOS)	m 2	0.60	C\$ 385.19	C\$ 230.80
REPELLO Y FINO CORRIENTE	m 2	64.5 3	C\$ 194.25	C\$ 12,534.45
CUBIERTA DE TECHO DE LAMINA ONDULADA DE ZINC CAL.26 SOBRE ESTRUCTURA DE MADERA	m 2	16.5 4	C\$ 237.44	C\$ 3,927.83
CUARTON DE MADERA ROJA DE 2"x2" (INCL. PRESERVANTE)	m	21.6 0	C\$ 143.80	C\$ 3,106.14
CUARTON MUERTO CORRIDO DE MADERA ROJA DE 2"x4" C/TACOS SOPORTE (SIN ACABADOS)(NO INCL. PRESERVANTE)	m	17.2 0	C\$ 288.06	C\$ 4,954.58
PUERTA DE MADERA (ROJA) SOLIDA DE 0.80mx2.10m CON MARCO DE MADERA+BISAGRAS+CERRADURA DE PE(NO INCL.P	c/ u	1.00	C\$ 7,302.39	C\$ 7,302.39
FASCIA DE MADERA ROJA DE Esp.=3/4", Alto=6" CON ESQUELETO DE MADERA ROJA	m	16.4 0	C\$ 206.30	C\$ 3,383.34
<b>POZO HÚMEDO DE SUCCIÓN</b>	<b>c/ u</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 146,096.52</b>	<b>C\$ 146,096.52</b>
EXCAVACION MANUAL EN T.N	m 3	31.6 7	C\$ 131.64	C\$ 4,168.79
RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m 3	3.16	C\$ 84.90	C\$ 268.24
MEZCLA MANUAL DE SUELO-CEMENTO PROPORCION 1:8 (C:S) (1 DE CEMENTO Y 8 DE SUELO)	m 3	2.26	C\$ 1,112.50	C\$ 2,516.48



HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 60) Diám. <= AL No. 4	lb s	2,77 4.94	C\$ 25.15	C\$ 69,788.72
ALISTAR ARMAR Y COLOCAR HIERRO MENOR O IGUAL AL NUMERO 4	lb s	2,77 4.94	C\$ 2.33	C\$ 6,471.72
FORMALETA PARA MUROS	m 2	28.5 9	C\$ 197.86	C\$ 5,656.75
CONCRETO DE 3,500 PSI (MEZCLADO A MANO) (NO INCL. FUNDIDA)	m 3	11.9 3	C\$ 3,712.69	C\$ 44,299.83
FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEMENTO	m 3	11.9 3	C\$ 290.30	C\$ 3,463.91
REPELLO Y FINO CORRIENTE	m 2	47.0 0	C\$ 194.25	C\$ 9,129.84
TAPA DE CONCRETO DE 3000 PSI, REF. #2@0.10m en A/D, DE 0.60mx0.60m, Esp.=0.05m (NO INCL. ACABADOS)	c/ u	1.00	C\$ 332.25	C\$ 332.25
<b>EQUIPOS, TUBERIA Y ACCESORIOS</b>	<b>Gl b</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 309,879.04</b>	<b>C\$ 309,879.04</b>
BOMBA C/MOTOR SUMERGIBLE DE 5 HP, Q=15 GPM, CTD=281 m, 1/60/230 v	c/ u	2.00	C\$ 53,366.00	C\$ 106,732.00
TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO DIAM=8"	m	0.65	C\$ 3,458.95	C\$ 2,248.32
PERNO DE ACERO 3/4" L=5" GRADO 8 CON TUERCAS Y ARANDELA	c/ u	4.00	C\$ 100.53	C\$ 402.12
BRIDA DE HIERRO FUNDIDO DIAM=8"	c/ u	1.00	C\$ 2,104.16	C\$ 2,104.16
SARTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2"(INCL.1 VALVULA DE ALIVIO DE Ho.Fo.Diám.=2"+2 VALVULAS DE COMPUERTA DE Ho.Fo.+MEDIDOR MAESTRO Ho.Diám=2")P/EQUIPO BOMB	c/ u	1.00	C\$ 70,689.58	C\$ 70,689.58
VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" CON BRIDAS DE HIERRO FUNDIDO DE 2" (2 C/U)	c/ u	2.00	C\$ 7,048.44	C\$ 14,096.89
MANOMETRO HIDRÁULICO (Carcasa de ACERO INOXIDABLE) Presion de trabajo=De 0 a 100 PSI,Diám.=2",lectura en doble escala	c/ u	1.00	C\$ 1,078.59	C\$ 1,078.59
VALVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diám.=3/4"+ABRAZADERA DE ROSCA RECTA DE HIERRO FUNDIDO+ UN	c/ u	1.00	C\$ 12,624.00	C\$ 12,624.00
UNION DRESSER DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2"	c/ u	2.00	C\$ 1,067.94	C\$ 2,135.88

	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 45°	c/ u	4.00	C\$ 3,145.0 2	C\$ 12,580.0 8
	VALVULA DE CHECK DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" EXTREMOS BRIDADOS	c/ u	1.00	C\$ 6,407.4 6	C\$ 6,407.46
	CRUZ DE HIERRO GALVANIZADO DE 2"	c/ u	1.00	C\$ 465.69	C\$ 465.69
	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 90°	c/ u	2.00	C\$ 280.02	C\$ 560.04
	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" PARA COLUMNA DE DESCARGA	m	1.50	C\$ 678.40	C\$ 1,017.60
	LOSA DE CONCRETO DE 2500 PSI Esp.=0.07m, SIN REF. CON FINO CORRIENTE (INCL. EXCAVACION)	m ²	2.50	C\$ 539.52	C\$ 1,348.80
	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO DE 3000 PSI REF. DE 0.50 m C/ANCLAJE DE VARILLAS DE HIERRO	c/ u	4.00	C\$ 650.42	C\$ 2,601.70
	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" (NO INCL. EXCAVACION) (INCL. BLOQUE DEREACCION)	m	48.0 0	C\$ 503.62	C\$ 24,173.7 8
	BOMBA DOSIFICADORA 2LPH@15Bar, TUBING REFORZADO 3/8", RECIPIENTE PLÁSTICO PARA MEZCLA - 250 LITROS.	c/ u	1.00	C\$ 48,612. 38	C\$ 48,612.3 8
	<b>INSTALACION ELÉCTRICA</b>	m	<b>20.0 0</b>	<b>C\$ 9,102.9 8</b>	<b>C\$ 182,059. 67</b>
	AISLADOR DE TORNILLO DE PORCELANA	c/ u	1.00	C\$ 106.25	C\$ 106.25
	AISLADOR DIELECTRICO PARA CONTACTOS DE ARRANCADORES (Presentación en spray) Contenido=400 ml	c/ u	1.00	C\$ 780.57	C\$ 780.57
	ALAMBRE ELECTRICO DE COBRE THHN #4 AWG	m	10.0 0	C\$ 103.79	C\$ 1,037.90
	ALAMBRE ELECTRICO DE COBRE THHN CABLEADO #12 AWG	m	100. 00	C\$ 23.03	C\$ 2,303.16
	APAGADOR DOBLE DE 15 AMP/120V CON PLACA DE BAQUELITA	c/ u	1.00	C\$ 181.75	C\$ 181.75
	ARRANCADOR MAGNÉTICO (A TENSION COMPLETA) P/MOTOR DE 5 HP, Q=55 GPM, CTD=240'	c/ u	1.00	C\$ 45,386. 84	C\$ 45,386.8 4
	BOMBILLO FLUORESCENTE DE 13 WATTS + CEPO DE PORCELANA REDONDO (NO INCL.CAJA DE REGISTRO)	c/ u	3.00	C\$ 371.93	C\$ 1,115.78
	BREAKER DE 1X20 AMPERIOS	c/ u	4.00	C\$ 315.95	C\$ 1,263.78
	BREAKER DE 2X20 AMPERIOS	c/ u	1.00	C\$ 624.15	C\$ 624.15

BREAKER DE 2X30 AMPERIOS	c/ u	1.00	C\$ 672.53	C\$ 672.53
BREAKER DE 2X60 AMPERIOS	c/ u	1.00	C\$ 662.99	C\$ 662.99
BREAKER DE 2X80 AMPERIOS	c/ u	1.00	C\$ 1,666.13	C\$ 1,666.13
CABLE ELECTRICO DE COBRE TSJ 2x12	m	6.00	C\$ 66.68	C\$ 400.08
CABLE ELECTRICO SUMERGIBLE #10X3	m	20.00	C\$ 211.47	C\$ 4,229.30
CABLE TRIPLEX ACSR #1/0	m	80.85	C\$ 130.98	C\$ 10,589.89
CABLE TRIPLEX ACSR #2	m	10.00	C\$ 102.73	C\$ 1,027.34
CAJA DE REGISTRO DE EMT DE 2" x 4"	c/ u	3.00	C\$ 74.31	C\$ 222.93
CAJA DE REGISTRO DE EMT DE 4" x 4"	c/ u	6.00	C\$ 121.14	C\$ 726.86
CAJA DE REGISTRO DE EMT DE 6" x 6" CON TAPA DE EMT DE 6"x6" PARA INTEMPERIE	c/ u	1.00	C\$ 501.13	C\$ 501.13
CANALIZACION CON TUBO CONDUIT DE PVC Diám.=1/2" (INCL. BRIDAS)	m	30.00	C\$ 50.46	C\$ 1,513.85
CANALIZACION CON TUBO CONDUIT DE PVC Diám.=1" (INCL. BRIDAS)	m	11.00	C\$ 65.01	C\$ 715.11
CANALIZACION CON TUBO IMC Diám. = 3/4" (INCL. BRIDAS)	m	11.00	C\$ 199.87	C\$ 2,198.54
CINTA DE ADVERTENCIA DE PELIGRO	m	50.00	C\$ 3.25	C\$ 162.30
CODO RADIO LARGO (ó CURVA) DE PVC Diám.= 1/2"	c/ u	7.00	C\$ 36.08	C\$ 252.59
CONECTOR CONDUIT DE PVC Diám.=1/2"	c/ u	6.00	C\$ 33.75	C\$ 202.49
CONECTOR CONDUIT DE PVC Diám.=1"	c/ u	1.00	C\$ 69.75	C\$ 69.75
CONECTOR DE COMPRESIÓN PARA CABLE 1/0 - 1/0 AWG, CAJA #4	c/ u	3.00	C\$ 55.54	C\$ 166.62
ENERGIZAR ACOMETIDA ELECTRICA E SINTALAR CABLE DE ALUMINIO ACSR EN Long. DE 0-4m ENTRE BANCO DE MEDICIÓN Y MUFA	c/ u	1.00	C\$ 653.88	C\$ 653.88
ESTRUCTURA ELECTRICA BT-103/C: RED EN CABLE LINEA EN ANGULO DE 61° A 90°	c/ u	1.00	C\$ 3,725.78	C\$ 3,725.78

	ESTRUCTURA ELECTRICA BT-104/C: RED EN CABLE, FIN DE LINEA	c/ u	2.00	C\$ 2,296.8 3	C\$ 4,593.66
	ESTRUCTURA ELECTRICA PR-101: INSTALACION DE CONDUCTOR Y ELECTRODO PUESTA A TIERRA	c/ u	2.00	C\$ 3,367.7 5	C\$ 6,735.50
	ESTRUCTURA ELECTRICA VM2-1: POLO A TIERRA CON VARILLA	c/ u	1.00	C\$ 3,569.1 8	C\$ 3,569.18
	GUARDANIVEL DE 230 VOLTIOS CON CONTROL DE 2 ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE (INCL. CAJA PARA GUARDANI	c/ u	1.00	C\$ 7,050.2 3	C\$ 7,050.23
	HACER BALANCE DE CARGA EN PANELES	c/ u	1.00	C\$ 1,586.5 6	C\$ 1,586.56
	LAMPARA (ó LUMINARIA) TIPO COBRA DE VAPOR DE SODIO DE 250 WATTS/208V TIPO SYLVAN MOD.2250 C/FOT Y BR	c/ u	1.00	C\$ 4,308.3 3	C\$ 4,308.33
	PANEL DE CONTROL DE BOMBA PARA MOTOR DE ARRANQUE DE 5 HP, 1/60/230 v	c/ u	1.00	C\$ 9,328.9 0	C\$ 9,328.90
	PANEL MONOFASICO 12 ESPACIOS, 120/240 VOLTIOS, BARRA DE 125 AMPERIOS	c/ u	1.00	C\$ 3,180.6 2	C\$ 3,180.62
	POSTE TRONCOCONICO DE CONCRETO PRETENSADO, Alto=30' (9.15 m) (NO INCL.ESTRUCTURA ELECTRICA)	c/ u	1.00	C\$ 12,074. 42	C\$ 12,074.4 2
	SUPRESOR DE SOBREVOLTAJE DE 80 KA 120/240V MONOFÁSICO PARA REGULAR ENERGÍA	c/ u	1.00	C\$ 37,676. 82	C\$ 37,676.8 2
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO DE 15 AMP/120 V CON PLACA DE BAQUELITA	c/ u	2.00	C\$ 92.40	C\$ 184.80
	TOMACORRIENTE SENCILLO DE 15 AMP/120 V CON PLACA DE BAQUELITA	c/ u	1.00	C\$ 93.72	C\$ 93.72
	TUBO DE EMT Diám.=1½" L= 5.00 m CON CALAVERA DE EMT Diám. = 1½"	c/ u	1.00	C\$ 659.01	C\$ 659.01
	UNION CONDUIT DE PVC Diám. = ½"	c/ u	6.00	C\$ 34.75	C\$ 208.49
	VIGILANCIA (TURNO DE 12 HORAS)	M es	1.00	C\$ 7,649.1 6	C\$ 7,649.16
	<b>CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES</b>	c/ u	<b>1.00</b>	<b>C\$ 50,884. 46</b>	<b>C\$ 50,884.4 6</b>

	CERCO (A) DE ALAMBRE DE PUAS CAL. 13, 7 HILADAS C/POSTE DE CONCRETO PRETENSADO A CADA 2.50 m	m	145. 43	C\$ 323.31	C\$ 47,018.5 5
	PORTON DE ALAMBRE DE PUAS L=4.25, H= 1.40 m y POSTE DE MADERA PINO Diám. = 0.12 m, H = 2.00 m	c/ u	2.00	C\$ 1,932.9 6	C\$ 3,865.91
<b>33 5</b>	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>				<b>C\$ 275,305. 26</b>
	<b>CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES</b>	<b>m</b> <b>2</b>	<b>226.</b> <b>22</b>	<b>C\$</b> <b>94.52</b>	<b>C\$</b> <b>21,383.1 1</b>
	CERCO (A) DE ALAMBRE DE PUAS CAL. 13, 7 HILADAS C/POSTE DE CONCRETO PRETENSADO A CADA 2.50 m	m	60.1 6	C\$ 323.31	C\$ 19,450.1 6
	PORTON DE ALAMBRE DE PUAS L=4.25, H= 1.40 m y POSTE DE MADERA PINO Diám. = 0.12 m, H = 2.00 m	c/ u	1.00	C\$ 1,932.9 6	C\$ 1,932.96
	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>m</b> <b>3</b>	<b>10.0</b> <b>0</b>	<b>C\$</b> <b>25,392.</b> <b>22</b>	<b>C\$</b> <b>253,922.</b> <b>15</b>
	TRAZO Y NIVELACION (INCL. ESTACAS DE MADERA) (NO INCL. EQUIPO DE	m	39.6 2	C\$ 11.51	C\$ 456.89
	NIVELETA SENCILLA L=1.10 m	c/ u	4.00	C\$ 64.18	C\$ 256.71
	NIVELETA DOBLE DE 1.50m x 1.50m	c/ u	4.00	C\$ 115.72	C\$ 462.89
	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	m	16.8 3	C\$ 94.62	C\$ 1,590.86
	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m	8.80 3	C\$ 84.90	C\$ 746.93
	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 60) Diám. <= AL No. 4	lb s	1,63 1.77	C\$ 25.15	C\$ 41,038.2 9
	ALISTAR ARMAR Y COLOCAR HIERRO MAYOR AL NUMERO 4	lb s	1,63 1.77	C\$ 4.93	C\$ 8,047.71
	CONCRETO DE 3,500 PSI (MEZCLADO A MANO) (NO INCL. FUNDIDA)	m	14.5 3	C\$ 3,712.6 9	C\$ 53,884.6 0
	FUNDIR CONCRETO EN LOSA INFERIOR	m	14.5 3	C\$ 290.30	C\$ 4,213.36
	TANQUE DE PLASTICO CAP. 10000 L (NLO INCLUYE ACCESORIOS)	m	10.0 3	C\$ 3,781.4 1	C\$ 37,814.1 3

	VALVULA DE BOYA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" (NO INCL. EXCAVACION)	c/ u	1.00	C\$ 35,853. 57	C\$ 35,853.5 7
	VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" CON BRIDAS DE HIERRO FUNDIDO DE 2" (2 C/U)	c/ u	3.00	C\$ 7,048.4 4	C\$ 21,145.3 3
	VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=3" CON FLANGE DE PVC (2 C/U) + PERNOS +TUERCAS	c/ u	1.00	C\$ 8,711.0 9	C\$ 8,711.09
	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" (NO INCL. EXCAVACION)	m	19.7 1	C\$ 572.27	C\$ 11,279.4 2
	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=3" (NO INCL. EXCAVACION)	m	4.99	C\$ 1,800.6 1	C\$ 8,985.04
	TEE DE HIERRO GALVANIZADO DE 2"	c/ u	2.00	C\$ 262.11	C\$ 524.23
	UNION DRESSER DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2"	c/ u	1.00	C\$ 1,067.9 4	C\$ 1,067.94
	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/ u	3.00	C\$ 106.11	C\$ 318.34
	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO DE 3000 PSI REF. PARA VALVULAS (NO INCL. EXCAVACION, NI ACARREO)	c/ u	4.00	C\$ 120.02	C\$ 480.06
	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 45°	c/ u	3.00	C\$ 291.23	C\$ 873.69
	CODO LISO DE PVC Diám.=2", 45° (S40)	c/ u	1.00	C\$ 69.86	C\$ 69.86
	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 90°	c/ u	2.00	C\$ 280.02	C\$ 560.04
	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 3" X 45°	c/ u	2.00	C\$ 280.02	C\$ 560.04
	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 3" X 90°	c/ u	1.00	C\$ 686.29	C\$ 686.29
	CANAL DE DRENAJE PLUVIAL REC DE CONCRETO DE 2500 PSI	m	14.0 0	C\$ 1,005.9 6	C\$ 14,083.4 1
	POZO DE ABSORCION SIN REVESTIR DE 050 MX 0.50M PROF 0.50 ( CON RELLENO DE PIEDRA BOLON) - DISIPADOR DE ENERGIA	c/ u	1.00	C\$ 211.44	C\$ 211.44
<b>350</b>	<b>CONEXIONES</b>				<b>C\$ 115,620. 02</b>
	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>	c/ u	<b>47.0 0</b>	<b>C\$ 700.51</b>	<b>C\$ 32,923.7 5</b>

	CONEXION DOMICILIAR CON SILLETA DE PVC DE 1½"x½" PARA AGUA POTABLE (NO INCL. MEDIDOR) (INCL. EXCAVACION)	c/ u	47.0 0	C\$ 700.51	C\$ 32,923.75
	<b>MEDIDORES DE AGUA POTABLE</b>	<b>c/ u</b>	<b>47.0 0</b>	<b>C\$ 1,759.50</b>	<b>C\$ 82,696.27</b>
	MEDIDOR DE BRONCE PARA AGUA POTABLE Diám.=½" (Tipo volumétrico, Clase C, CON 2 ADAPTADORES DE PVC Diám.=½") (NO INCL. CAJA) PARA USO DOMICILIAR	c/ u	47.0 0	C\$ 1,205.06	C\$ 56,637.59
	CAJA PREFABRICADA DE CONCRETO PARA MEDIDOR DE AGUA POTABLE PARA USO DOMICILIAR	c/ u	47.0 0	C\$ 554.44	C\$ 26,058.69
<b>360</b>	<b>PLANTA DE PURIFICACIÓN</b>				<b>C\$ 469,189.96</b>
	<b>OBRAS VARIAS (CASETA DE PROTECCIÓN DEL F.P.R.)</b>	<b>Gl b</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$ 166,928.56</b>	<b>C\$ 166,928.56</b>
	NIVELETA DOBLE DE 1.50m x 1.50m	c/ u	4.00	C\$ 115.72	C\$ 462.89
	TRAZO Y NIVELACION PARA BIOFILTRO ( INCLUYE ESTACAS DE MADERA)	m 2	7.84	C\$ 24.29	C\$ 190.46
	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	m 3	7.57	C\$ 94.62	C\$ 716.25
	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m 3	4.18	C\$ 84.90	C\$ 354.92
	RELLENO MANUAL DE MATERIAL SELECTO DEBAJO DE FUNDACIONES (INCL. COSTO DE MATERIAL)	m 3	2.30	C\$ 158.21	C\$ 364.52
	CONCRETO DE 3,000 PSI (MEZCLADO A MANO) (NO INCL. FUNDIDA)	m 3	8.97	C\$ 3,458.91	C\$ 31,033.37
	FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEMENTO	m 3	8.97	C\$ 290.30	C\$ 2,604.61
	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. <= AL No. 4	lb s	1,10 6.51	C\$ 23.80	C\$ 26,332.06
	HIERRO (EN VARILLAS) LISO DE CONSTRUCCION	lb s	105. 36	C\$ 27.10	C\$ 2,855.82
	ALISTAR ARMAR Y COLOCAR HIERRO MENOR O IGUAL AL NUMERO 4	lb s	1,21 1.87	C\$ 2.33	C\$ 2,826.33
	BORDILLO DE BLOQUE DE MORTERO DE 6" x 8" x 16" 1 HILADA, HUECOS RELLENOS	m	12.2 0	C\$ 1,368.50	C\$ 16,695.67

REPELLO Y FINO CORRIENTE	m ²	13.0 7	C\$ 194.25	C\$ 2,539.36
COLUMNA DE ACERO (A-36) DE CAJA DE 4"x4" FORMADA DE PERLINES DE 2"x4",Esp.=1/8"(INCL. PINTURA ANTICORROSIVA)	m	8.70	C\$ 2,981.37	C\$ 25,937.96
COLUMNA DE ACERO (A-36) DE 6"X6", Esp.=1/8",Alto=2.50 m (INCL. PINTURA ANTICORROSIVA)	c/ u	4.00	C\$ 3,909.73	C\$ 15,638.92
PERLIN DE ACERO (A-36) DE 2"x4", Espesor=1/16" (INCL. SOLDADURA Y PINTURA ANTICORROSIVA)	m	4.00	C\$ 190.28	C\$ 761.13
PERLIN DE ACERO ESTRUCTURAL (A-36) DE 1½" x 3",Esp.=1/16" (INCL. PINTURA ANTICORROSIVA)	m	16.60	C\$ 197.54	C\$ 3,279.23
CUBIERTA DE TECHO DE LAMINA ONDULADA DE ZINC CAL.28 SOBRE ESTRUCTURA METALICA	m ²	13.0 7	C\$ 206.73	C\$ 2,702.54
CERRAMIENTO DE MALLA CICLON CAL. #12 CON ESQUELETO DE TUBO RED. Ho. No. Diám.=1½"(NO INCL.PINT.ANTICORROSIVA)	m ²	19.0 0	C\$ 835.16	C\$ 15,868.03
PUERTA DE MARCO DE TUBO REDONDO DE Ho. Go. Diám.=1½" CON FORRO DE MALLA CICLON CAL.#12 SIN HERRAJES	m ²	7.59	C\$ 2,038.55	C\$ 15,472.57
LAMINA DE ACERO, Espesor = ¼" (NO INCL. PINTURA)	m ²	0.06	C\$ 4,670.65	C\$ 291.92
<b>PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	c/ u	<b>1.00</b>	<b>C\$ 302,261.40</b>	<b>C\$ 302,261.40</b>
SUM. E INST. DE SISTEMA DE FILTRO PRESURIZADO RURAL ( INCLUYE TRANSPORTE Y CAPACITACION DEL PERSONAL)	c/ u	1.00	C\$ 302,261.40	C\$ 302,261.40

<b>LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA</b>	<b>C\$ 127,414.03</b>
<b>A. COSTO TOTAL DIRECTO</b>	<b>C\$ 5,857,558.38</b>
<b>B. COSTOS INDIRECTOS (1.5% SOBRE A)</b>	<b>C\$87,863.38</b>
<b>C. ADMINISTRACIÓN (2% SOBRE A+B)</b>	<b>C\$118,908.44</b>
<b>D. UTILIDADES (10% SOBRE A+B+C)</b>	<b>C\$606,433.02</b>
<b>E. IMPUESTOS MUNICIPALES (3% SOBRE A+B+C+D)</b>	<b>C\$200,122.90</b>
<b>F. SUBTOTAL</b>	<b>C\$ 6,870,886.11</b>
<b>G. IVA (15% SOBRE F)</b>	<b>C\$1,030,632.92</b>
<b>PRECIO TOTAL DEL PROYECTO (F + G) EN CÓRDOBAS</b>	<b>C\$ 7,901,519.03</b>
<b>PRECIO TOTAL DEL PROYECTO (F + G) EN DOLARES (T.C= 35.99)</b>	<b>\$ 219,547.63</b>



# **Anexo VIII**

# **Planos**

# **Constructivos**