

Facultad de Tecnología de la Construcción

Diseño del Mini Acueducto por Gravedad (MAG) de la Comunidad la Tablazón, en el Municipio de Dipilto, Departamento de Nueva Segovia.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Jorge Jonathan
Lovo Rodríguez
Carnet: 2017-0469N

Br. Edwin Ariel
Tercero Maldonado
Carnet: 2016-0346N

Br. Jefferson Manuel
Arce Reyes
Carnet:2016-0344N

Tutor:

MSc. Ing. Ricardo
Javier Fajardo
González

13 de junio de 2023
Managua, Nicaragua

Agradecimiento

Primeramente, dar gracias a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra carrera, por 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. Ricardo Javier Fajardo Gonzales por haber aceptado ser parte de nuestra carrera universitaria y a vernos 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 Zúñiga 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 cómo lo fue la alcaldía de Dipilto y los pobladores de la comunidad La tablazón.

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 de la carrera, 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.

A mis compañeros y amigos que estuvieron presente, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a nuestro lado apoyándonos mutuamente y lograr este sueño se haga realidad.

En memoria de todos aquellos compañeros y profesores que hemos perdidos a lo largo de estos años, que con su convivencia aprendimos a desarrollarnos profesionalmente y que dejaron una gran huella en nosotros.

Resumen ejecutivo

Este trabajo describe el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable basada en la NTON 09 007-19 y la norma CAPRE para la comunidad La Tablazón, Municipio de Dipilto, Departamento de Nueva Segovia, el cual consiste en un mini acueducto por gravedad (MAG).

Para el diseño se realizó un estudio socioeconómico, encontrándose 253 habitantes, A si mismo se observó que el 54% de la población tiene ingresos iguales o menores que el salario mínimo, además los únicos servicios con los que cuentan es la energía eléctrica y agua sin potabilizar.

También se realizó el estudio topográfico observándose un relieve montañoso con elevaciones máximas de 1308.49 msnm y mínimas de 1073.27 msnm.

De igual manera se realizó el estudio de calidad del agua y aforo de la fuente, encontrándose una calidad que cumple con la norma CAPRE y un caudal de 3.21 l/s.

El diseño del mini acueducto por gravedad será para satisfacer una demanda de 0.678 l/s, cuenta con una captación de agua superficial, un tanque de almacenamiento de polietileno de 10 m³, una línea de conducción de 609.42 m de tubería PVC SDR 26 2" y una red abierta de 2,763.41 m con tubería PVC SDR 26 1 ½". Para reducir las altas presiones hidrostáticas se instalaron 7 válvulas reductoras de presión, también se instalarán válvulas de limpieza en los tramos con bajas velocidades de flujo y válvulas de aire localizadas en la cima para el buen funcionamiento de la red. A demás se instalarán 60 conexiones domiciliarias para las viviendas actuales.

El monto total para la ejecución del proyecto será de 4,004,597.70 córdobas, lo que equivale a 15,828.45 córdobas por habitantes.

Esta propuesta suministrara a la comunidad La Tablazón agua en cantidad y calidad, con lo que se reducirán los riesgos de enfermedades de origen hídrico.

Índice

I. GENERALIDADES	12
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
II. MARCO TEÓRICO	1
2.1. Estudio socioeconómico.....	5
2.2. Calidad de agua y aforo de la fuente.....	6
2.2.1. Calidad de agua	6
2.3. Levantamiento topográfico	8
2.4. Diseño de los componentes del MAG	10
Obra de captación.....	10
Línea de conducción	10
Golpe de ariete.....	10
Tanque de almacenamiento.....	11
Desinfección.....	11
Red de distribución	12
2.5. Análisis Hidráulico con EPANET	12
2.6. Presupuesto	13
III. DISEÑO METODOLÓGICO	6

3.1. Macro y Micro Localización	14
3.1.1. Macro Localización	14
3.1.2. Micro Localización	15
3.2. Análisis socioeconómico de datos de encuestas	16
3.3. Análisis de calidad de agua y Aforo de fuente	16
3.4. Levantamiento topográfico	17
3.5. Diseño del acueducto	18
3.5.1. Periodo de diseño	18
3.5.2. Tasa de crecimiento	18
3.5.3. Población de diseño	19
3.5.4. Caudal de diseño	19
3.6. Diseño de los componentes del MAG	22
3.6.1. Obra de captación	22
3.6.2. Diseño de la línea de conducción	22
3.6.3. Diámetro de la tubería	22
3.6.4. Velocidad de flujo	23
3.6.5. Pérdida de carga por fricción	23
3.6.6. Golpe de ariete	23
3.6.7. Diseño del tanque de almacenamiento.....	24
3.6.8. Desinfección	25
3.6.9. Válvulas y accesorios.....	26
3.6.10. Simulación hidráulica con el software EPANET 2.0	26
3.7. Estimación de costos y presupuesto	27
IV. RESULTADO DEL ESTUDIO	13

4.1.	Estudio Socioeconómico	28
4.1.1.	Aspectos demográficos	28
4.1.2.	Aspectos económicos	29
4.1.3.	Aspectos educativos	34
4.1.4.	Servicios básicos	35
4.1.5.	Calidad y abastecimiento de agua	37
4.1.6.	Saneamiento	41
4.2.	Calidad de agua y aforo de fuente	44
4.2.1.	Calidad del agua de la fuente	44
4.2.2.	Aforo de la fuente La Tablazón	57
4.3.	Estudio topográfico	58
4.4.	Diseño del acueducto	58
4.4.1.	Periodo de diseño	58
4.4.2.	Tasa de crecimiento	58
4.4.3.	Población de diseño	59
4.4.4.	Dotación y consumo	60
4.4.5.	Obra de captación	62
4.4.6.	Diseño de la línea de conducción	63
4.4.7.	Tanque de almacenamiento	68
4.4.8.	Desinfección	69
4.4.9.	Simulación hidráulica del acueducto	71
4.4.10.	Simulación de cloro	89
4.5.	Estimación de Costo y presupuesto	93
4.6.	Conclusiones	95

4.7. Recomendaciones.....	96
V. Bibliografía.....	97
Bibliografía	97
VI. ANEXOS.....	99

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Población por sexo	28
Gráfico 2: Porcentaje de ingresos mensuales	29
Gráfico 3: Porcentaje de Ocupaciones.....	30
Gráfico 4: Porcentaje de materiales de construcción en paredes	31
Gráfico 5 :Porcentaje de Techo.....	32
Gráfico 6 :Porcentaje tipo de piso	33
Gráfico 7: Porcentaje de nivel académico	34
Gráfico 8: Porcentaje de vivienda con el servicio de agua potable	35
Gráfico 9: Porcentaje de familia con servicio con energía eléctrica	36
Gráfico 10 :Porcentaje de familia con abastecimiento de agua.....	37
Gráfico 11: Porcentaje agua con mal sabor	38
Gráfico 12: Porcentaje de familia con agua mal olor	39
Gráfico 13 :Porcentaje de familia con agua mal olor	40
Gráfico 14: Porcentaje de saneamiento	41
Gráfico 15: Porcentaje de los tipos de saneamiento	42
Gráfico 16: Destino de las aguas servidas de la comunidad.....	43

Índice de tablas

Tabla 1: Porcentaje de población por sexo.	28
Tabla 2: Porcentaje de ingresos mensuales.....	29
Tabla 3: Porcentaje de Ocupaciones de jefes de hogar.	30
Tabla 4: Porcentaje paredes de la vivienda.....	31
Tabla 5: Porcentaje de techo de vivienda.	32
Tabla 6: Porcentaje de piso de la vivienda.....	33
Tabla 7: Nivel académico.	34
Tabla 8: Servicio de agua potable.	35
Tabla 9: Familias con el servicio de energía eléctrica.	36
Tabla 10: Familias con abastecimiento de agua.	37
Tabla 11: Vivienda con agua mal sabor.	38
Tabla 12: Vivienda con agua mal olor.	39
Tabla 13: Vivienda con agua mal color.	40
Tabla 14: Aspecto del saneamiento de la comunidad.	41
Tabla 15: Tipo de saneamiento.	42
Tabla 16 : Aguas servidas.....	43
Tabla 17: Lecho de Soporte	54
Tabla 18: Aforo de la fuente	57
Tabla 19 :Proyección de la población.....	59
Tabla 20: Longitud de la tubería.....	73
Tabla 21:Resumen de costo del proyecto la tablazón.....	93

Índice de Figura

Figura 1 Macro localización.....	14
Figura 2 micro localización.....	15
Figura 3.Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua (FIME)	45
Figura 4: Perfil Fuente Tanque.....	65
Figura 5:Topología de la red	72
Figura 6: Perfil longitudinal de la línea de conducción	74
Figura 7: Perfil longitudinal de línea piezométrica de la línea de conducción	74
Figura 8: Perfil longitudinal de presión de la línea de conducción.....	75
Figura 9 : Perfil longitudinal de perfil de terreno natural del tramo A.....	76
Figura 10: Perfil longitudinal de altura piezométrica del tramo A.....	76
Figura 11:perfil longitudinal de presión del tramo A	77
Figura 12: Perfil longitudinal de terreno natural del tramo B	78
Figura 13: Perfil longitudinal de altura piezométrica del tramo B.....	78
Figura 14: perfil longitudinal de presión del tramo B	79
Figura 15 : Perfil longitudinal de terreno natural C	80
Figura 16: Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil C.....	80
Figura 17: perfil longitudinal de presión de grupo C	81
Figura 18: Perfil longitudinal de terreno natural del perfil D.....	82
Figura 19:perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil D.....	82
Figura 20: perfil longitudinal de presión del grupo D	83
Figura 21: Perfil longitudinal de terreno natural del perfil E	84
Figura 22: Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil E.....	84

Figura 23: perfil longitudinal de presión del grupo E	85
Figura 24: Perfil longitudinal de terreno natural del perfil F	86
Figura 25: Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil F	86
Figura 26: Perfil longitudinal de presión del grupo F	87
Figura 27: Perfil longitudinal de terreno natural del tramo G	88
Figura 28: Perfil longitudinal de altura piezométrica de tramo G	88
Figura 29: Perfil longitudinal de presión del tramo G.....	89
Figura 30: Simulación cloro residual 6 horas.....	90
Figura 31: Simulación cloro residual 14 horas.....	91
Figura 32: Simulación cloro residual 24 horas.....	92
Figura 33 captación y calidad de agua.....	XXXIX
Figura 34 levantamiento topográfico de mag	XL

Anexos

Anexo 1: Encuesta socio económica.....	I
Anexo 2:Resultados de análisis físico-químico metales pesados y bacteriológico	VII
Anexo 3: Tubería en línea de conducción	VIII
Anexo 4 : Cota, altura y presión en la línea de conducción.....	X
Anexo 5:Tuberia en la red de distribución tramo A.....	XII
Anexo 6:Cota,altura y presión en la red de distribución tramo A.....	XIII
Anexo 7: Tubería en la red de distribución tramo B	XIV
Anexo 8:Cota,altura y presión en la red de distribución tramo B.....	XV
Anexo 9: Tubería en la red de distribución tramo C	XVI
Anexo 10: Cota, altura y presión en la red de distribución tramo C.....	XVII

Anexo 11: Tubería en la red de distribución tramo D	XVIII
Anexo 12: cota, altura y presión en la red de distribución tramo D	XIX
Anexo 13: Tubería en la red de distribución tramo E	XX
Anexo 14: cota, altura y presión en la red de distribución tramo E.....	XXI
Anexo 15 : Tubería en la red de distribución tramo F.....	XXI
Anexo 16 : Cota, altura y presión en la red de distribución tramo F	XXIII
Anexo 17 : Tubería en la red de distribución tramo G	XXIV
Anexo 18: Juego de planos	XXVI
Anexo 19: Presupuesto	XXVIII
Anexo 20: Visita a la captacion la tabalazon	XXXIX

I. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Dipilto es un municipio del departamento de Nueva Segovia ubicado al norte del país con los siguientes linderos: norte con la República de Honduras, sur con Ocotol y Macuelizo, este Mozonte, oeste con Macuelizo, con una extensión territorial de 208 km², con coordenadas Latitud: 13.7167 Longitud: -86.5.

Tiene un clima tropical de sabana. La temperatura media anual es de 31° y la precipitación media anual es 1190 mm, la humedad media es del 73% y el índice UV es de 7.

El municipio de Dipilto se caracteriza por tener fuentes de aguas superficiales y subterráneas muy importante para el desarrollo económico de los pobladores, ya que sus principales actividades son el cultivo de café y la ganadería, por lo que es necesario abastecer la red de agua potable sin tener desabastecimiento en el sistema ni interrupción del suministro, así también diseñar un buen sistema de agua potable.

La elaboración del diseño de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la Comunidad de La tablazón se basa bajo la necesidad de darle mayor cobertura a la población, ya que, la red existente se encuentra con un déficit de distribución del líquido debido a que la población concentrada en este sector ha crecido rápidamente en los últimos años, debido a esto las fuentes que tributan a la red no son lo suficiente para cubrir tales necesidades.

Se planea integrar un sistema MAG, de una fuente tipo manantial la cual pasará por todos los procesos que rige la norma para integrarlo a un tanque de almacenamiento, el cual, distribuirá a la red para poder dar una cobertura total a todas las propiedades y hogares de la comunidad La tablazón.

El sistema constará con una obra de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución para cumplir con el mejor procedimiento de potabilización y distribución para el consumo humano.

1.2. ANTECEDENTES

En Nicaragua se cuenta con 1680 Mini acueducto por gravedad, con 175 a nivel departamental en Nueva Segovia y con 16 en el municipio de Dipilto según el Informe de SIASAR (sistema de información de agua potable y saneamiento rural) del año 2017. Este tipo de sistema ha ayudado a través de los años a sustentar las necesidades de la población ya que no es un sistema de gran envergadura, es de fácil operación y de fácil mantenimiento.

El municipio de Dipilto cuenta con 18 comunidades de las cuales 14 se encuentran ubicadas en la parte alta y media por lo que la caracterización topográfica del lugar propicia la obtención del líquido superficial por métodos de gravedad. La población se abastece de agua de manantiales o captaciones las cuales han sido sus únicos recursos.

En Nicaragua, el 31% de las personas que viven en zonas rurales no tienen acceso a este recurso vital. El acceso a fuentes superficiales se encuentra limitado por la contaminación de la misma, por lo que la estrategia de aprovechamiento del recurso se centra en la explotación de fuentes subterráneas que se encuentra principalmente en el Pacífico, región que tiene la mayor cantidad de acuíferos del país.

El abastecimiento de agua potable en Dipilto se daba a través de muñecos comunitarios los cuales funcionaban 1 por cada 10 familias, hasta que en el año de 1994 COSUDE y Ayuda en Acción construyeron un sistema de agua potable por gravedad en la comunidad La Tablazón el cual se abastece de una fuente la cual lleva el mismo nombre de la comunidad la cual abastece un tanque de almacenamiento de 6 m³. el cual con el paso del tiempo ha presentado problemas debido a la falta de mantenimiento, mala administración de estos sistemas y al aumento de la población, generando así irregularidades en la distribución del agua ya que la capacidad del tanque es insuficiente para cubrir toda la red al mismo tiempo, por lo que se ha sectorizado para poder llevar a cada hogar el agua potable.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El sistema MAG con el que cuenta el municipio actualmente fue construido hace 27 años, en los cuales nunca se le ha brindado mantenimiento a ninguno de los componentes del sistema. Año tras año las líneas de conducción sufren considerables daños en las temporadas de inviernos. Uno de los principales problemas que se presentan es la capacidad de almacenamiento del tanque, ya que no es capaz de almacenar el consumo que exige actualmente la comunidad.

La taza poblacional de la comunidad ha venido aumentando con el pasar de los años, por ello la necesidad de asentarse y construir sus viviendas en terrenos fuera de la capacidad de alcance del sistema actual.

A raíz de los problemas actuales y futuros en la comunidad, se va diseñar un nuevo sistema MAG el cual cubra cada una de las necesidades de la población y cumpla con todas las normas de diseño establecidas por las diferentes autoridades

En julio del 2010 se determinó que el acceso básico al agua y saneamiento es un derecho humano. En la actualidad la aplicación del desarrollo sostenible 6 para este tipo de proyectos, deberá garantizar el suministro de agua en calidad y cantidad, ya que es fundamental para el desarrollo de la sociedad, la lucha contra pobreza y las enfermedades. Con este proyecto se pretende brindar y administrar el acceso del agua potable a todas las viviendas de la comunidad, de una manera más asequible en cuanto a calidad y costos.

La aplicación del desarrollo sostenible para este tipo de proyecto se basa en gran medida en los procesos de planificación, monitoreo, revisión, seguimiento y mantenimiento.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un Mini Acueducto por Gravedad (MAG) de la comunidad La Tablazón en el Municipio de Dipilto, Departamento de Nueva Segovia.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Analizar el estudio socioeconómico con los datos proporcionados por la municipalidad de Dipilto para la comunidad La tablazón.
- b) Hacer un estudio de calidad de agua y aforo de la fuente de agua.
- c) Realizar el levantamiento topográfico de la obra de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento y la red de distribución.
- d) Elaborar el diseño de los componentes del MAG.
- e) Realizar el análisis hidráulico del MAG mediante el software EPANET 2.0.
- f) Calcular el presupuesto del MAG mediante los costos del FISE.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Estudio socioeconómico

La evaluación socioeconómica de proyectos consiste en comparar los beneficios contra los costos que implican para la sociedad; es decir, determinar el impacto del proyecto en el bienestar de la sociedad, el incremento en la economía del país o en mayor disponibilidad de bienes y servicios generados.

La información necesaria para estimar los beneficios y costos del proyecto, así como su rentabilidad, se obtiene de los estudios técnicos, de oferta-demanda y del análisis de la información administrativa, operativa y comercial del organismo operador o del promotor del proyecto. Por ello, es importante que el organismo operador y demás instituciones involucradas, incluyan los respaldos de los datos empleados. La información para estas estimaciones se debe de tomar de fuentes como encuestas de campos, documentos de instituciones gubernamentales o estudios de ONG, etc.

Las etapas fundamentales en la realización de un estudio socioeconómico son tres:

- La definición de la problemática que genera la necesidad de realizar una evaluación para sustentar una decisión.
- La propuesta de solución con base en un proyecto particular y específico, derivado de una selección de alternativas.
- La realización propiamente de la evaluación socioeconómica, es decir, establecer los costos y beneficios con su respectivo análisis y determinación de los indicadores de rentabilidad. (CONAGUA, 2008, p. 16)

2.2. Calidad de agua y aforo de la fuente

2.2.1. Calidad de agua

Para determinar la calidad del agua se deben utilizar Normas de Calidad del Agua para el consumo humano, adoptadas por el Ministerio de Salud MINSA, mediante Acuerdo Ministerial No.65-94 que corresponden a las Normas Regionales CAPRE, "normas de calidad de agua para el consumo", en su versión vigente.

El Agua procedente de cualquier fuente, que presente características no aptas para el consumo humano, requiere de procesos con el objetivo de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas referidas en el párrafo anterior. Estos procesos se clasifican en pretratamiento, tratamiento y desinfección.

Las tomas de las muestras para determinar la calidad del agua deben cumplir con lo establecido en la ISO 5667 - 3. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Preservación y manipulación de muestras de agua, estas deben ser remitidas a laboratorios acreditados para sus respectivos análisis físico-químico, microbiológico, Sustancias Inorgánicas y orgánicas, Plaguicidas y Pesticidas (MIFIC, 2019, pág. 12).

- Filtración en múltiples etapas (FiME)

La tecnología de Filtración en Múltiples Etapas (FiME) consiste en la combinación de procesos de filtración gruesa en grava y filtros lentos de arena. Esta tecnología debe estar precedida de un detallado proceso de análisis técnico, social y de las capacidades locales de construcción y operación de la planta (OPS-COSUDE, 2005).

La FiME puede estar conformada por dos o tres procesos de filtración, dependiendo del grado de contaminación de las fuentes de agua. Integrada por tres procesos: Filtros Gruesos Dinámicos (FGDi), Filtros Gruesos Ascendentes en Capas (FGAC) y Filtros Lentos de Arena (FLA). Los dos primeros procesos constituyen la etapa de pre tratamiento, que permite reducir la concentración de sólidos suspendidos (OPS-COSUDE, 2005).

Conforme circula el agua las partículas más pequeñas son eliminadas, hasta llegar al filtro lento de arena, reconocido como una tecnología sencilla, confiable y eficiente, pues puede producir agua de baja turbiedad, libre de impurezas suspendidas y virtualmente libre de entero-bacterias, entero-virus y quistes de protozoarios (OPS-COSUDE, 2005).

Aplicación: La filtración en múltiples etapas será aplicada en sistemas de tratamiento para poblaciones rurales o pequeñas localidades, cuya fuente de abastecimiento de agua se ajuste a las normas de calidad de agua cruda requeridas para un tratamiento por FiME (OPS-COSUDE, 2005).

2.2.2. Aforo de fuente

El aforo se realizará con el método volumétrico que consiste en determinar el tiempo que tarda una corriente de agua en llenar un recipiente de volumen conocido. Responde a la fórmula: $Q = \text{Volumen} / \text{tiempo}$. Es un método sencillo, exige poco equipo y es muy preciso si se aplica con un cuidado razonable. Mientras más grande sea el depósito, mayor será el tiempo necesario para llenarlo y más precisa la medición. Si se mide el tiempo con un cronómetro con error de 0,2 segundos, el error se minimiza tomando tiempos mayores a 60 segundos (1 minuto). Se puede construir un recipiente de fórmula sencilla, por ejemplo, prismático (tipo caja de zapatos), donde el volumen será: largo x ancho x altura. Hay que hacerlo de manera

que el ascenso del agua sea más o menos lento (para poder ver bien cuando se llena). (M.Sc. Mario Basán Nickisch, 2008)

2.3. Levantamiento topográfico

Todo levantamiento topográfico consta de dos etapas bien diferenciadas. La primera es el trabajo en campo y va a consistir en la realización, sobre el terreno, de todas las mediciones necesarias para la obtención de un plano topográfico. En la segunda etapa, trabajo de gabinete, se realizarán los cálculos necesarios para la determinación de las coordenadas, de los puntos y finalmente, el trazo de los planos.

Los instrumentos topográficos nos van a permitir acometer los trabajos propios de la primera etapa. Con ayuda de estos instrumentos se realizarán las mediciones que sea preciso para determinar las coordenadas de los puntos de interés. Estas mediciones se limitan siempre a la determinación de ángulos y de distancias, que pueden ser planimétricas (distancias reducidas) o altimétricas (desniveles). Los instrumentos topográficos se emplean también para los trabajos de replanteo, de los que nos ocuparemos más adelante.

Medidas de ángulos

Los ángulos se miden en topografía con ayuda de círculos graduados, que se denominan limbos, y de índices y sistemas de lectura. Los limbos pueden ser de graduación sexagesimal o centesimal, siendo más habitual este segundo caso. La apreciación en la mitad de los ángulos dependerá de las prestaciones del instrumento que se emplee.

Ángulos horizontales o acimutales.

La mediada de ángulos acimutales se realiza con limbos situados en el plano horizontal. Cuando nos referimos a un ángulo horizontal debemos tener presente la referencia con la que este ángulo ha sido medido. Pueden darse tres casos:

- A) Referencia al norte verdadero (Acimutes).
- B) Referencia al norte magnético (Rumbos).
- C) Referencia arbitraria.

Ángulos verticales o cenitales.

Los ángulos cenitales con limbos situados en posición vertical, que se denominan eclímetros. Los ángulos cenitales se miden siempre con una referencia bien determinada, que puede ser:

- A) La recta cenit-nadir.
- B) El plano horizontal.

(Garcia Martin, 1994)

2.4. Diseño de los componentes del MAG

Para el diseño de un mini acueducto por gravedad (MAG), es necesario determinar las demandas futuras de una población para prever en el diseño de las exigencias, de las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, redes de distribución y futuras extensiones del servicio, por lo tanto, se requiere de una serie de normas y procedimientos establecidos por el INAA, que es el ente regulador del sector.

Obra de captación

Unidad encargada de recolectar y preservar la calidad del agua que aflora a la superficie, para luego hacerla llegar al reservorio o tanque de almacenamiento.

Línea de conducción

Se definirá como línea de conducción a la parte del sistema constituida por el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación, hasta un punto que bien puede ser un tanque de almacenamiento, una planta potabilizadora o la red de distribución. (ANA, 1999, pág. 52)

Golpe de ariete

El fenómeno del golpe de ariete, también denominado transitorio, consiste en la alteración 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 abastecimiento por gravedad.

El valor de la sobrepresión debe tenerse en cuenta a la hora de dimensionar las tuberías, mientras que, en general, el peligro de rotura debido a la depresión no es importante, más aún si los diámetros son pequeños. No obstante, si el valor de la depresión iguala a la tensión de vapor del líquido se producirá cavitación, y al llegar la fase de sobrepresión estas cavidades de vapor se destruirán bruscamente, pudiendo darse el caso, no muy frecuente, de que el valor de la sobrepresión

producida rebase a la del cálculo, con el consiguiente riesgo de rotura. (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real)

Tanque de almacenamiento

Las unidades de almacenamiento deben satisfacer las máximas demandas que se presenten a lo largo de la vida útil del sistema y mantener las reservas que garanticen hacer frente, tanto a los casos de interrupciones en el suministro de energía, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento

Se deberá instalar medidores a la salida de los tanques de almacenamiento

En los sistemas donde existan o se proyecten hidrantes para combatir incendios, se deben almacenar los volúmenes de agua considerando como mínimo 2 horas para enfrentar estas circunstancias. (MIFIC, 2019, pág. 32)

Desinfección

La calidad del agua destinada para consumo humano se establece en la Normativa 066, “Manual para la vigilancia Sanitaria del agua para consumo humano”, Acuerdo Ministerial N.º 232 2011, MINSa.

Debe cumplir con los valores recomendados y máximos permisibles, establecidos en el Acuerdo Ministerial No.65-94 que corresponden a las Normas Regionales CAPRE, “Normas de Calidad del Agua para el consumo”; en su versión vigente.

El sistema de abastecimiento de agua debe considerar un sistema de desinfección apropiado, que garantice la calidad bacteriológica del agua para consumo humano. El cálculo de la dosis debe ser establecida en función de la calidad del agua y el caudal.

En la desinfección del agua para consumo humano debe utilizarse el cloro gaseoso, hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio u otros autorizados por el MINSa. (MIFIC, 2019, p. 35)

Red de distribución

En el diseño de la red de distribución, se requiere del buen criterio del Proyectista, sobre todo en aquellas localidades o ciudades en las que no se tienen planes reguladores del desarrollo de las mismas, que permitan visualizar el desarrollo de la ciudad al final del período de diseño.

Función principal de la red de distribución:

- a) Suministrar el agua potable suficiente a los diferentes consumidores en forma sanitariamente segura.
- b) Proveer suficiente agua para combatir incendios en cualquier punto del sistema.
(ANA, 1999, pág. 41)

2.5. Análisis Hidráulico con EPANET

El programa permite realizar análisis hidráulicos en las redes de tuberías a partir de las características físicas de estas y dinámicas de los nudos (consumos) para obtener la presión y los caudales en nodos y tuberías respectivamente. Adicionalmente, EPANET permite el análisis de calidad de agua a través del cual es posible determinar el tiempo de viaje del fluido desde la fuente (depósitos y embalses), hasta los nodos del sistema.

Entre los elementos que puede simular el programa se encuentran fundamentalmente tubos, nodos, depósitos y embalses (referencias de carga constante) y adicionalmente permite utilizar elementos más complejos como bombas y válvulas. (Eadic, 2012)

2.6. Presupuesto

Dentro de la construcción, el control de la presupuestación de las obras presentan 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 diferentes, 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 y difíciles de controlar. Cada obra en particular requiere ser cuidadosamente estudiada y analizada 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.

Por lo anterior elaborar un presupuesto de obra representa una gran responsabilidad por el riesgo que involucra. La información que se maneje debe ser veraz y oportuna y, en la mayoría de los casos, debe integrarse en el menor tiempo posible en virtud de la proximidad de la obra y la variabilidad de los costos. El presupuesto debe incluir el análisis del costo de cada elemento que interviene en la construcción de la obra. Presupone el precio de la obra en determinadas circunstancias, por lo que es un valor aproximado, no preciso. (Aburto, 2012)

III. DISEÑO METODOLÓGICO

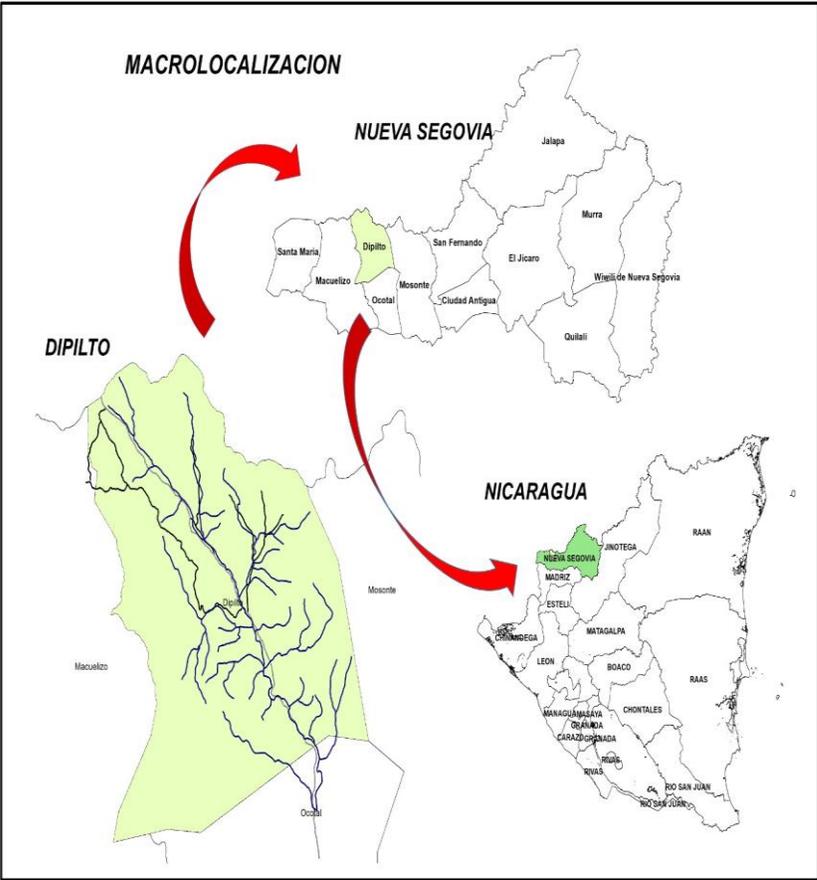
Para el diseño de la red de agua potable para la comunidad La Tablazón se tuvo en cuenta todas las variables que influirán en el estudio pertinente que se caracteriza por lo ambiental y lo socioeconómico, siguiendo las necesidades de la población para posteriormente construir un sistema de suficiente capacidad para abastecer a la comunidad según su proyección poblacional.

Los criterios de diseño se enfatizaron en la Norma técnica de abastecimiento y potabilización del agua NTON 09 007-19 para la elaboración del diseño del Mini acueducto por gravedad.

3.1. Macro y Micro Localización.

3.1.1. Macro Localización

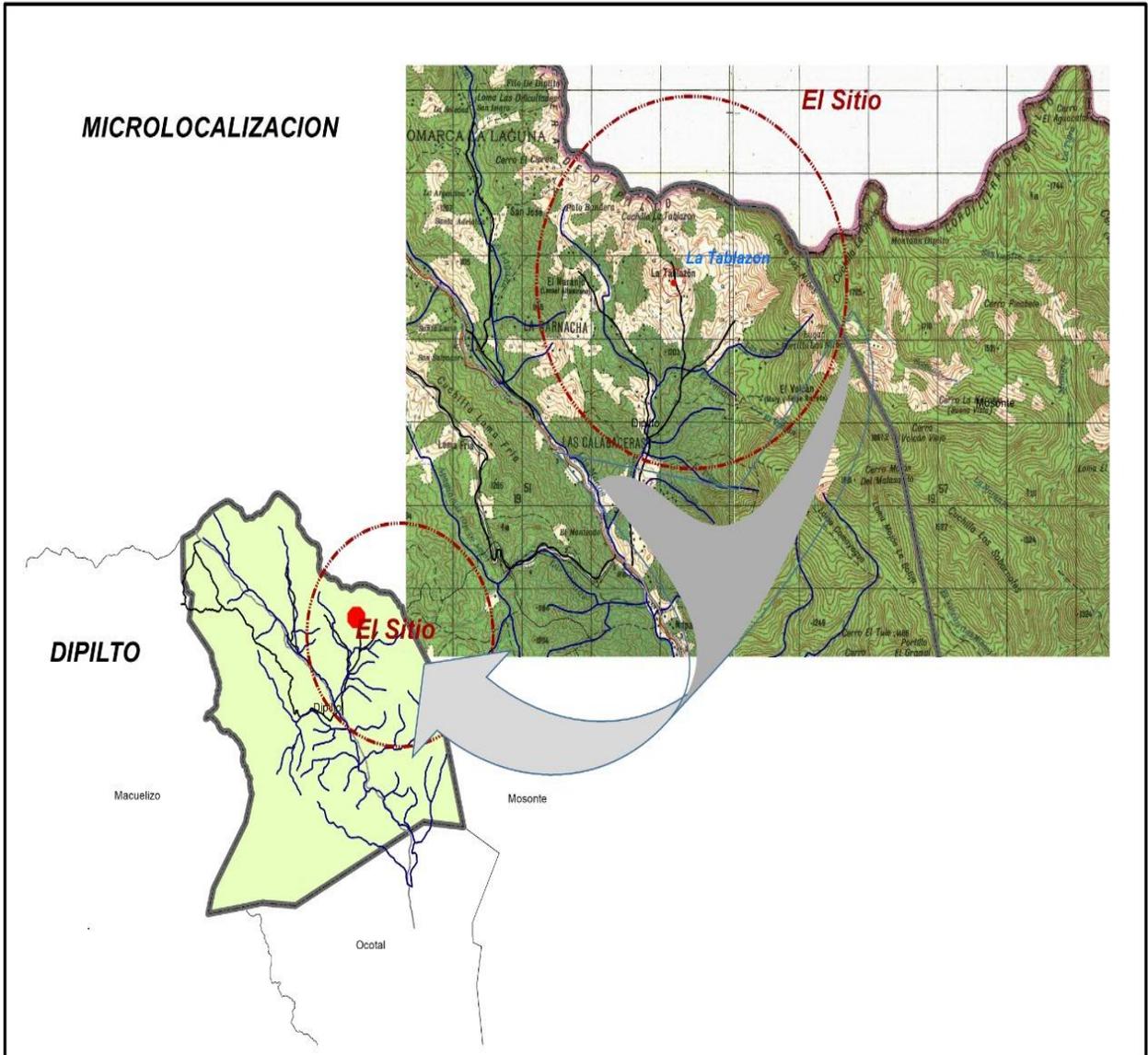
Figura 1 Macro localización



Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Micro Localización

Figura 2 micro localización



Fuente: Elaboración propia

3.2. Análisis socioeconómico de datos de encuestas

Se realizó el análisis de las encuestas previamente levantadas e ingresadas al SIASAR (Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural) proporcionado por la Alcaldía Municipal de Dipilto y COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación) para conocer la densidad poblacional, diagnóstico demográfico, estudio socioeconómico, de salud y demanda de Servicio. La cual se realizó por medio de una encuesta, con la cual se obtuvieron los datos ya antes mencionados. Tal encuesta la procesamos con el Software Excel con el cual se obtuvo los datos necesarios para el diseño del sistema MAG. La encuesta analizada se encuentra en el anexo 1.

3.3. Análisis de calidad de agua y Aforo de fuente

3.3.1. Aforo

Se realizó visita de campo y se procedió a aforar la fuente, empleando el método volumétrico, utilizando la ecuación 1 que se presenta a continuación:

$Q = \frac{V}{t}$	Ecuación 1
-------------------	------------

Donde:

Q= Caudal (l/s)

V= volumen (l)

t= tiempo (s)

Así mismo se entrevistaron a los líderes del CAPS de la comunidad para conocer el comportamiento de la fuente en la época de estiaje y la época lluviosa, por lo que se indago sobre las variaciones del nivel de agua, así como el nombre del propietario donde se encuentra la fuente, tomándose además los datos de altura, coordenadas y distancia a la comunidad.

3.3.2. Calidad de agua

En la fuente de captación también se realizó pruebas de campo las cuales se hicieron con cintas reactivas que son tiras pequeñas que se usan una sola vez y que cambian de color para indicar la concentración de un producto químico específico.

El procedimiento consistió en tomar la muestra de agua en un recipiente limpio, para luego introducir la tira de papel o de plástico sumergiéndola y agitándola. La cual después de un tiempo, el usuario compara el color de la tira con una tabla de colores para saber el nivel de concentración del producto químico.

También con el apoyo de un equipo multiparamétrico el cual sirve para examinar el agua, este equipo proporciona resultados más precisos, se usa introduciendo el electrodo a un embace con agua, el cual procesa los datos casi de inmediato, los datos fueron guardados y analizados con una tabla de porcentaje de las diferentes reacciones.

Además, se tomó una muestra para su análisis en el laboratorio de ENACAL, todos los parámetros físico-químico y bacteriológico deberán de cumplir con la norma CAPRE para que la fuente sea utilizada en el diseño del acueducto. Los resultados de laboratorio se presentan en el anexo 2.

3.3.3. Filtración en múltiples etapas

Debido a que la fuente es tipo subsuperficial correspondiente a un manantial se procedió a diseñar un sistema de tratamiento en múltiples etapas basado en la “Guía para diseño de tratamiento de filtración en múltiples etapas”, publicada por la Organización panamericana de la salud (OPS) con el auspicio de la cooperación Suiza (COSUDE).

3.4. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se ejecutó con estación total y GPS (Sistema de posicionamiento global).

En la ejecución del levantamiento topográfico consideramos dos etapas muy importantes para la obtención y procesamiento de los datos, las cuales son: Levantamiento de campo y trabajo de gabinete.

Para el levantamiento en campo con estación total se plantó el equipo en un punto denominado BM1 al cual se le dieron coordenadas UTM con la ayuda de un GPS (Sistema de posicionamiento Global), amarrado a otro punto denominado BM2 y utilizando un punto auxiliar para verificar coordenadas. Con este método se orientó el equipo de dos puntos conocidos.

Posteriormente se procedió a levantar a detalle el terreno, así como los elementos colindantes importantes (árboles, postes, piedras etc.). Con este levantamiento obtuvimos la topografía de la comunidad La Tablazón para diseñar adecuadamente la red de distribución; obtuvimos las cotas que nos ayudaron a obtener las curvas de nivel, los azimut y rumbos. Esta información del terreno nos ayudó a definir la trayectoria adecuada para nuestra línea de conducción, así como las presiones que tenemos en el sistema y las velocidades presentes.

Secuencialmente se procedió a realizar el trabajo de gabinete donde procesamos los datos obtenidos del levantamiento con los programas QGis, Civil 3D, Epanet 2.0.

El replanteo lo realizamos en los sectores o puntos donde se necesitó obtener datos de gran importancia para asegurar un levantamiento con calidad.

3.5. Diseño del acueducto

3.5.1. Periodo de diseño

Se adoptó un periodo de diseño de 20 años basado a que es una captación superficial (MIFIC, 2019, pág. 15)

3.5.2. Tasa de crecimiento

Se adoptó la tasa de crecimiento del año 2022 proporcionado por la Alcaldía Municipal de Dipilto.

3.5.3. Población de diseño

La población se proyectó en base al método geométrico de la norma (MIFIC, 2019, pág. 9) , para la cual se utilizó la ecuación 2.

$P_n = P_o(1 + r)^n$	Ecuación 2
----------------------	------------

Donde:

P_n: Población futura (hab)

P_o: Población actual (hab)

r: Tasa de crecimiento

n: Periodo de diseño (años)

3.5.4. Caudal de diseño

- **Dotación de Agua**

Se adoptó los valores de 80 lppd debido a que es una población rural dispersa (MIFIC, 2019, pág. 11).

- **Consumo doméstico o domiciliar**

El consumo doméstico se calculó mediante la siguiente ecuación:

$CD = P_n \left(\frac{Dot}{86400} \right)$	Ecuación 3
---	------------

Donde:

CD: consumo doméstico (l/s)

Pn: Población futura (hab)

Dot: Dotación (lppd)

- **Factores de la demanda a considerar**

Para el cálculo de estos factores de consumo se usaron los siguientes porcentajes aplicados al Consumo Doméstico.

- **Consumo institucional**

Únicamente se calculó el consumo público institucional mediante la ecuación 4 (MIFIC, 2019, pág. 12) debido que en la comunidad no hay planes de desarrollo comercial e industrial.

$CPI = CD \left(\frac{7}{100} \right)$	Ecuación 4
---	------------

Donde:

CPI: Consumo público institucional (l/s)

CD: Consumo doméstico (l/s)

- **Consumo Promedio Diario**

Para el cálculo del CPD se utilizó la ecuación 5 (MIFIC, 2019, pág. 13).

$CPD = CD + CPI + CI + CC$	Ecuación 5
----------------------------	------------

Donde:

CPD: Consumo promedio diario (l/s)

CD: Consumo doméstico (l/s)

CPI: Consumo público e institucional (l/s)

CI: Consumo industrial (l/s)

CC: Consumo comercial (l/s)

- **Pérdidas o fugas en el sistema**

Para las pérdidas o fugas se adoptó el 15 % del CPD debido a que en la comunidad hay menos de 500 viviendas (MIFIC, 2019, pág. 14), la cual se calculó mediante la ecuación 6

$P = CPD \times \frac{15}{100}$	Ecuación 6
---------------------------------	------------

Donde:

P: Pérdida o fugas (l/s)

CPD: Consumo promedio diario (l/s)

- **Consumo máximo diario**

Para el cálculo del CMD se utilizó la ecuación 7 (MIFIC, 2019, pág. 14).

$CMD = 1.5CPD + P$	Ecuación 7
--------------------	------------

Donde:

CMD: Consumo máximo diario (l/s)

CPD: Consumo promedio diario (l/s)

P: Pérdida o fugas (l/s)

- **Consumo máximo horario**

Se calculo en base a la norma (MIFIC, 2019, pág. 14) con la siguiente ecuación:

$CMH = 2.5CPD + P$	Ecuación 8
--------------------	------------

Donde:

CMH: Consumo máximo horario (l/s)

CPD= Consumo promedio diario (l/s)

P= Pérdidas en el sistema (l/s)

3.6. Diseño de los componentes del MAG

3.6.1. Obra de captación

Se basará en los planos típicos revisados por el FISE para obras de captación en manantiales, adecuando las dimensiones a las características hidráulicas, hidrológicas y geológicas del suelo de la fuente.

3.6.2. Diseño de la línea de conducción

La línea de conducción se diseñó para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (MIFIC, 2019, pág. 26)

3.6.3. Diámetro de la tubería

El diámetro de la tubería se calculó con la ecuación 9 de Hazen-Williams por lo cual se despejó el diámetro, se adoptó el caudal del CMD, tubería PVC con coeficiente de rugosidad $C=150$, Longitud y carga estática determinada según el estudio topográfico. Conocido el diámetro teórico se procedió a seleccionar el diámetro comercial más cercano.

$h_f = 10.675 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) L$	Ecuación 9
--	------------

Donde:

H: Carga estática disponible (m)

L: Longitud (m)

Q: Gasto en m^3/s

D: Diámetro (m)

C: Coeficiente de Hazen – Williams ($C=150$)

3.6.4. Velocidad de flujo

Una vez seleccionado el diámetro comercial de la tubería se calculó la velocidad de flujo mediante la ecuación 10 que se presenta a continuación:

$v = \left(\frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}} \right)$	Ecuación 10
--	-------------

Donde:

v: velocidad (m/s)

Q: Caudal (l/s)

D: diámetro (m)

3.6.5. Pérdida de carga por fricción

Conociendo el diámetro de la tubería comercial seleccionada y su longitud se procedió a calcular las pérdidas de cargas en los diferentes tramos de la línea de conducción. La línea de conducción se dividió en tramos de acuerdo a la presión estática presente en la misma, la cual depende de la diferencia de cotas de terreno

3.6.6. Golpe de ariete

Para calcular la celeridad se utilizó la fórmula de Allievi que se muestra en la ecuación número

$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \frac{D}{e}}}$	Ecuación 11
--	-------------

Donde:

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

K: Coeficiente función del módulo de elasticidad del material constitutivo del material de la tubería, para tubos plásticos o de PVC, K: 33.33

D: Diámetro de la tubería (mm)

e: Espesor de la tubería (mm)

Tiempo de parada con la fórmula de Mendiluce que en el caso de la conducción por gravedad se conoce como tiempo de cierre.

En el caso de cierre lento ($T > \frac{2L}{a}$), donde T es el tiempo de cierre de la válvula y $\frac{2L}{a}$ es el tiempo del ciclo de la onda, se utilizará la ecuación 12 de Michaud para el cálculo de la sobre presión en la tubería.

$\Delta H = \frac{2Lv}{gT}$	Ecuación 12
-----------------------------	-------------

Donde:

ΔH : Sobrepresión debida al golpe de ariete (mca)

L: Longitud de la tubería (m)

v: Velocidad de régimen de agua (m/s)

T: Tiempo de parada o de cierre, según el caso (s)

g: 9.81 m/s

3.6.7. Diseño del tanque de almacenamiento

La capacidad del tanque de almacenamiento según (MIFIC, 2019, pág. 33) deberá satisfacer las siguientes condiciones:

- Volumen compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimó en el 25% de consumo promedio diario:

$\text{Vol Compensador} = \frac{(25\%) (\text{CPD}) (16 \text{ h} \times 3600 \text{ s})}{1000}$	Ecuación 13
--	-------------

Donde:

CPD: Consumo Promedio Diario

16 h: horario de operación del sistema al día.

- 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

$\text{Vol Reserva} = \frac{(15\%) (\text{CPD}) (16 \text{ h} \times 3600 \text{ s})}{1000}$	Ecuación 14
--	-------------

Donde:

CPD: Consumo Promedio Diario

16 h: horario de operación del sistema al día.

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimó igual al 40% del consumo promedio diario.

3.6.8. Desinfección

Para la desinfección se usará hipoclorito de sodio (líquido), debido a que la norma (ANA, 1999, pág. 96) la recomienda para poblaciones pequeñas. Se tendrá en cuenta la capacidad requerida de la estación de cloración, tal como se muestra en la ecuación 15

$Ca = \frac{Q \times C}{1000}$	Ecuación 15
--------------------------------	-------------

Donde:

Ca: Capacidad de diseño de la estación de cloración (Kg/Cloro/día)

Q: Caudal de agua, máximo horario (m³ /día)

C: Dosis de cloro a aplicar (mg/l)

En general se recomienda hipo cloración para capacidades menores de 1 kg /día y caudales de 130 g/pm como máximo. (8.20 l/s).

El tiempo de almacenamiento del hipoclorito no debe ser mayor de un mes.

La concentración de cloro en el envase del hipoclorito tiene 120 gr/L de cloro (ANA, 1999, pág. 97)

3.6.9. Válvulas y accesorios.

Los accesorios y válvulas se ubicaron tomando en cuenta los criterios de diseño que establece la norma (MIFIC, 2019, pág. 34)

3.6.10. Simulación hidráulica con el software EPANET 2.0

Posterior a la recolección de los datos y el estudio topográfico, con las cotas ya definidas del terreno, se realizó el análisis del sistema hidráulico donde se simuló con el software EPANET 2.0 todo el sistema MAG desde la captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento, línea de conducción hacia la red y red de distribución.

Se hará la simulación con el consumo máximo horario para conocer las máximas pérdidas de carga que ocurran en la red y las presiones residuales bajo estas condiciones.

También se hará una simulación con demandas cero, con el propósito de conocer las máximas presiones estáticas en la red y poder seleccionar la cedula más conveniente de la tubería.

A demás se hará la simulación de cloro residual, basado en los parámetros de la norma (CAPRE, 1994, pág. 13)

Para la simulación se utilizaron los criterios de diseños descritos en la norma (MIFIC, 2019, pág. 29) la cual recomienda presiones mínimas de 5 m y máximas de 50 m,

así como presiones estáticas hasta 70 m en zonas con topografía muy irregular. También velocidades de flujo entre 0.6 m/s y 5 m/s para la red de distribución.

Como resultado se obtuvieron tablas de velocidades de flujo y presiones, así como perfiles de cotas, altura piezométricas y presiones.

3.7. Estimación de costos y presupuesto

Se realizó un listado detallado (take off) de materiales que se utilizaron en cada una de las etapas de la obra estableciendo los costos para cada uno, de la misma manera en las actividades constructivas de la obra. Se tomó en cuenta los costos de renta de equipos, operación, mano de obra general y los costos administrativos (presupuesto de ingeniería y administración). Una vez obtenida la cantidad de materiales, tomando en cuenta la afectación por los factores de desperdicio para luego elaborar una lista de los materiales con sus respectivas unidades de medidas a como se puede observar en el Anexo 19.

IV. RESULTADO DEL ESTUDIO

4.1. Estudio Socioeconómico

4.1.1. Aspectos demográficos

- Población por sexo.

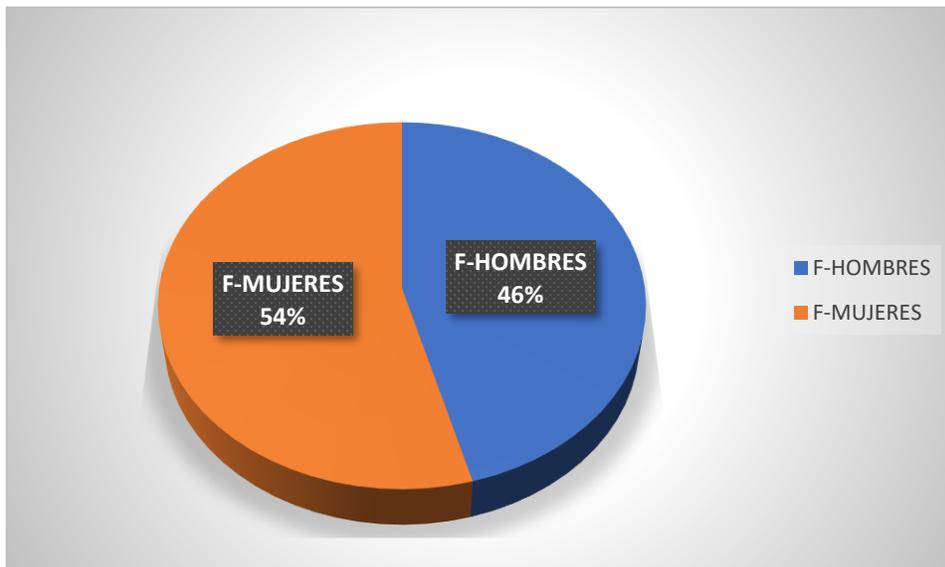
De acuerdo al censo poblacional aplicado a 60 familias, se obtuvo una población de 253 habitantes. Obteniendo que el 54.26% de la población son mujeres, teniendo así un valor del 45.74% para los varones para un total del 100%, como se observa en la tabla 1 y el gráfico 1.

Tabla 1: Porcentaje de población por sexo.

SEXO		
HOMBRES	MUJERES	Total
118	135	253
Porcentaje		
45.74%	54.26%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Población por sexo



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Aspectos económicos

- Ingresos mensuales de jefes de hogar.

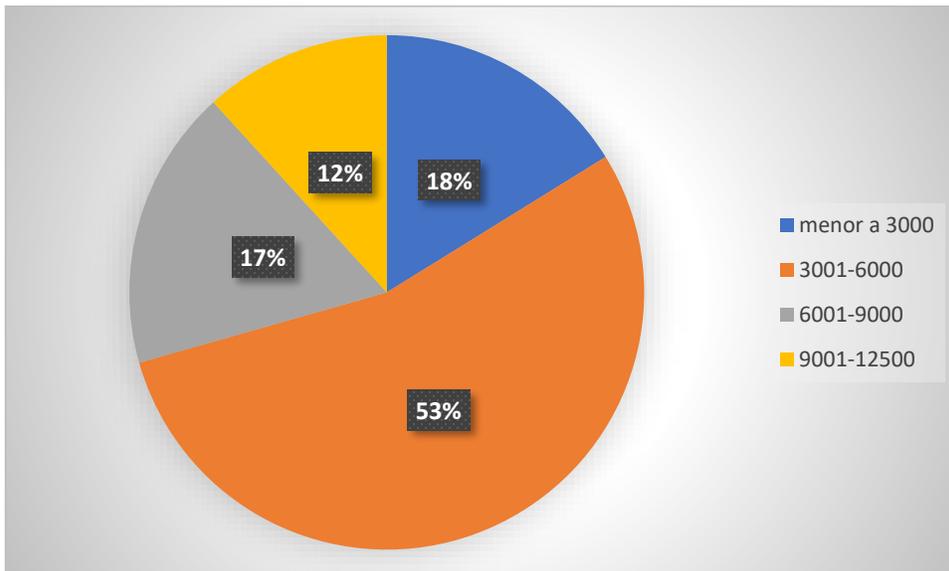
Del análisis de las encuestas aplicadas por la municipalidad a 60 familias obtenemos que un 53% de los jefes de hogar tienen un ingreso que se encuentra en el rango del salario mínimo el cual va de C\$ 3001- C\$ 6000. Seguido de un 17% de los encuestados que tienen un ingreso mensual de C\$ 6001-C\$ 9000, con un 12% encontramos a los jefes de hogar cuyo ingreso mensual es mayor a los 9,001 C\$, ver tabla 2 y gráfico 2.

Tabla 2: Porcentaje de ingresos mensuales.

INGRESOS MENSUALES		
menor a 3000 C\$	11	18%
3001 C\$ - 6000 C\$	32	53%
6001 C\$ - 9000 C\$	10	17%
9001 C\$-12500 C\$	7	12%
Total	60	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Porcentaje de ingresos mensuales



Fuente: Elaboración propia

- Ocupaciones o actividades económicas de jefes de hogar

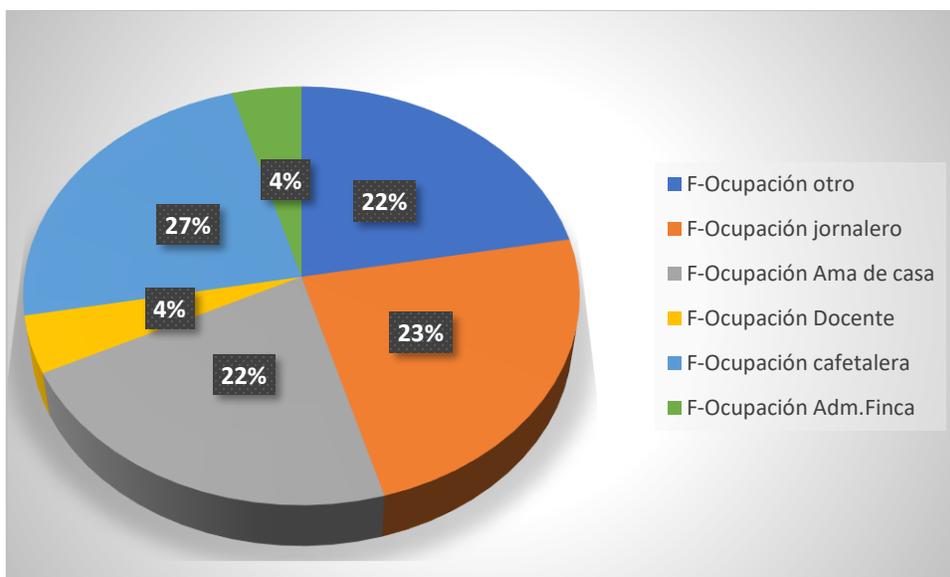
Dentro de las principales actividades económicas de la comunidad encontramos en primer lugar los cafetaleros con un 26.67%, seguido de un 25% amas de casa, también encontramos un 23.33% dedicados a jornaleros, obtuvimos que un 15% se dedican a otros tipos de labores, ver tabla 3 y gráfico 3.

Tabla 3: Porcentaje de Ocupaciones de jefes de hogar.

OCUPACIONES						
otro	jornalero	Ama de casa	Docente	cafetalera	Adm.Finca	Total
9	14	15	3	16	3	60
Porcentaje						
15%	23.33%	25%	4.41%	26.67%	5%	100.00%

Fuente Elaboración propia

Gráfico 3: Porcentaje de Ocupaciones



Fuente: Elaboración propia

Aspectos de la vivienda

- Materiales constructivos de las viviendas.

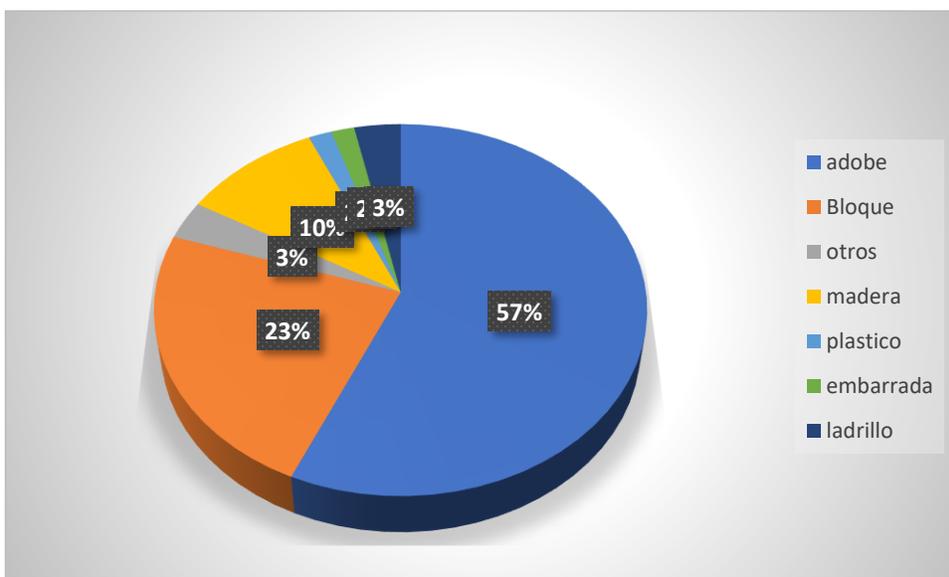
Respecto a las condiciones de las viviendas, los materiales utilizados para construcción de las paredes se encontraron que un 57% de estas están construidas de adobe, el 23% representa las casas construidas de bloque cómo podemos observar en la tabla 4 y el gráfico 4.

Tabla 4: Porcentaje paredes de la vivienda.

PARED DE LA VIVIENDA							
Adobe	Bloque	Otros	Madera	plástico	Embarrada	ladrillo	total
34	14	2	5	1	1	2	60
Porcentaje							
56.67%	23.00%	3.33%	10%	1.67%	1.67%	3.33%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Porcentaje de materiales de construcción en paredes



Fuente: Elaboración Propia

- Tipo de cubiertas de techo.

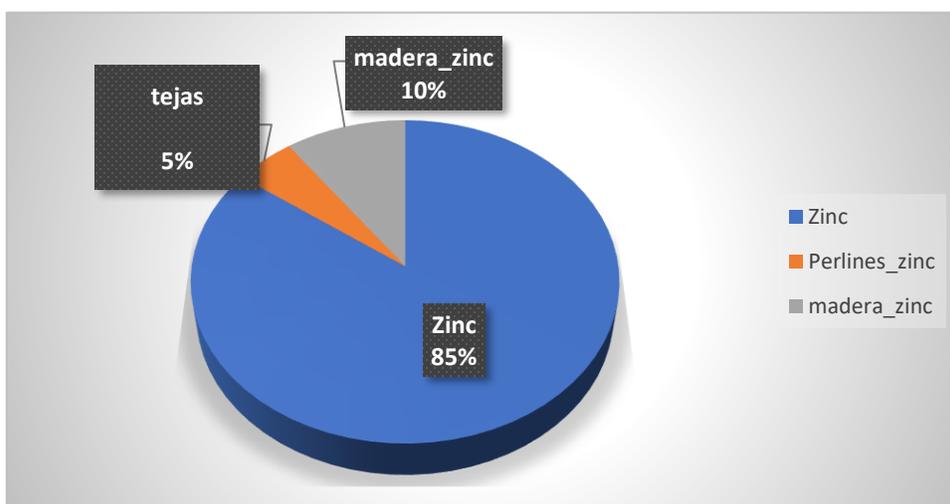
En los materiales utilizados para cubrir el techo de las viviendas encuestadas, obtuvimos con un mayor porcentaje 85% de viviendas con cubiertas de zinc, en menor porcentaje encontramos una combinación de Zinc y tejas con un 10% y solamente el 5% con tejas como se puede observar en la tabla 5 y gráfico 5.

Tabla 5: Porcentaje de techo de vivienda.

TECHO DE LA VIVIENDA			
Zinc	Tejas	Zinc y Tejas	Total
51	3	6	60
Porcentaje			
85.00%	5.00%	10.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5 :Porcentaje de Techo



Fuente: Elaboración propia

- Tipo de pisos en las viviendas.

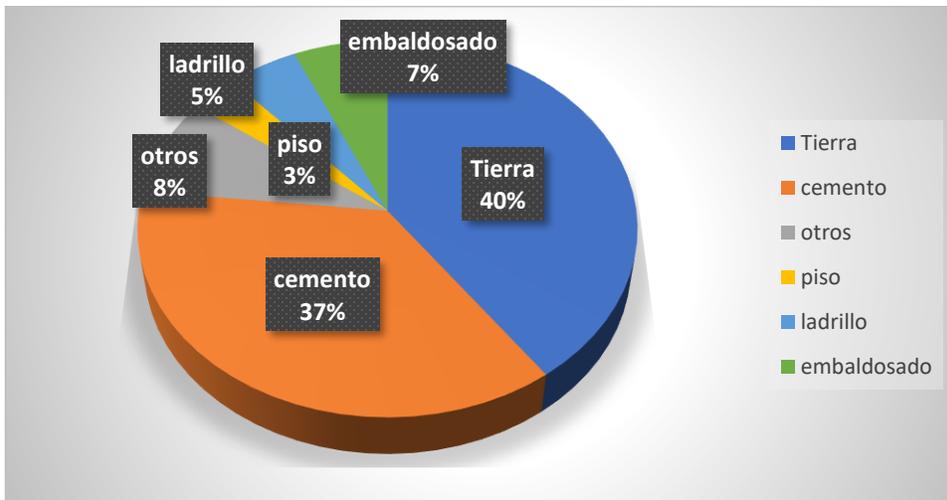
En las viviendas de la comunidad La tablazón encontramos que un 40% de las viviendas cuentan con un piso de tierra, seguido de un 37% con pisos de cemento, encontrando también con un 8% otros tipos de pisos, ver la tabla 6 y gráfico 6.

Tabla 6: Porcentaje de piso de la vivienda.

PISO DE LA VIVIENDA						
Tierra	Cemento	Otros	Piso	Ladrillo	Embaldosado	Total
24	22	5	2	3	4	60
Porcentaje						
40.00%	36.67%	8.33%	3.33%	5.00%	6.67%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6 :Porcentaje tipo de piso



Fuente: Elaboración Propia

4.1.3. Aspectos educativos

- Niveles académicos.

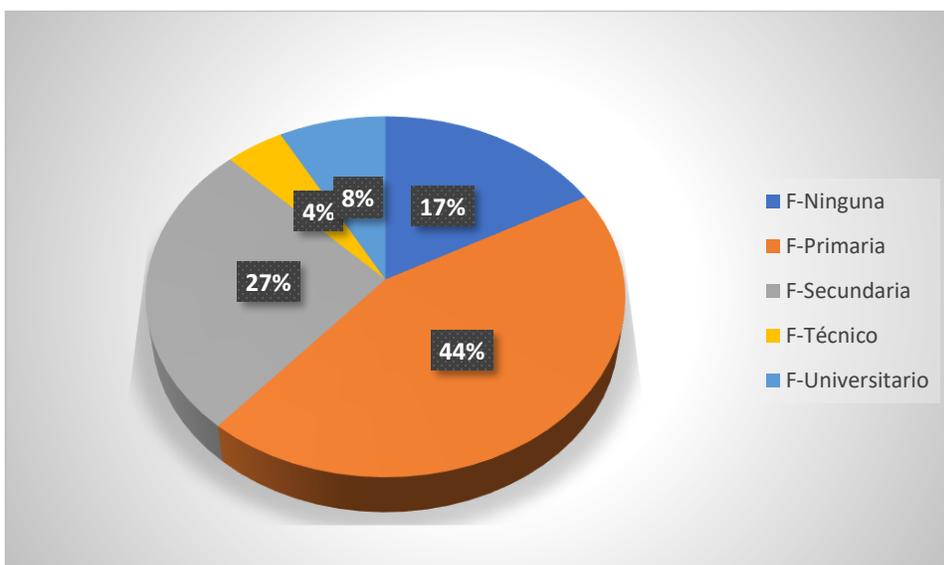
Con los datos obtenidos de las encuestas tenemos que un 44% de los habitantes han logrado alcanzar estudio primario, seguido de un 24.48% de personas con nivel de secundaria y se observa un porcentaje alto 17% de la población que no cuenta con ningún tipo de educación, ver la tabla 7 y gráfico 7.

Tabla 7: Nivel académico.

NIVEL ACADÉMICO					
Ninguna	Primaria	Secundaria	Técnico	Universitario	TOTAL
43	112	67	11	20	253
Porcentaje					
17.00%	44.27%	26.48%	4.35%	7.91%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 7: Porcentaje de nivel académico



Fuente: Elaboración de propia

4.1.4. Servicios básicos

- Acceso a Agua potable.

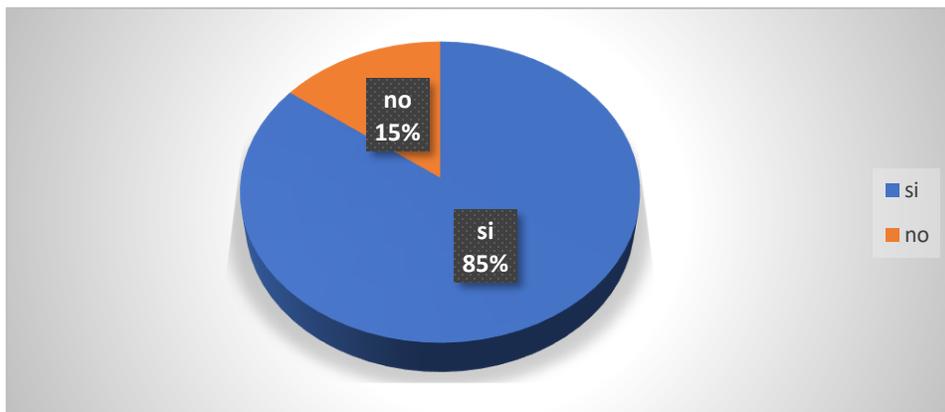
Dentro de las 60 familias sometidas a estudios el 85% de viviendas dispone del servicio de agua potable, obteniendo que un 15% de las viviendas no tienen acceso al agua potable, ver en tabla 8 y gráfico 8.

Tabla 8: Servicio de agua potable.

VIVIENDA AGUA POTABLE		
SI	NO	Total
51	9	60
Porcentaje		
85.00%	15.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8: Porcentaje de vivienda con el servicio de agua potable



Fuente: Elaboración propia

- Acceso a energía eléctrica.

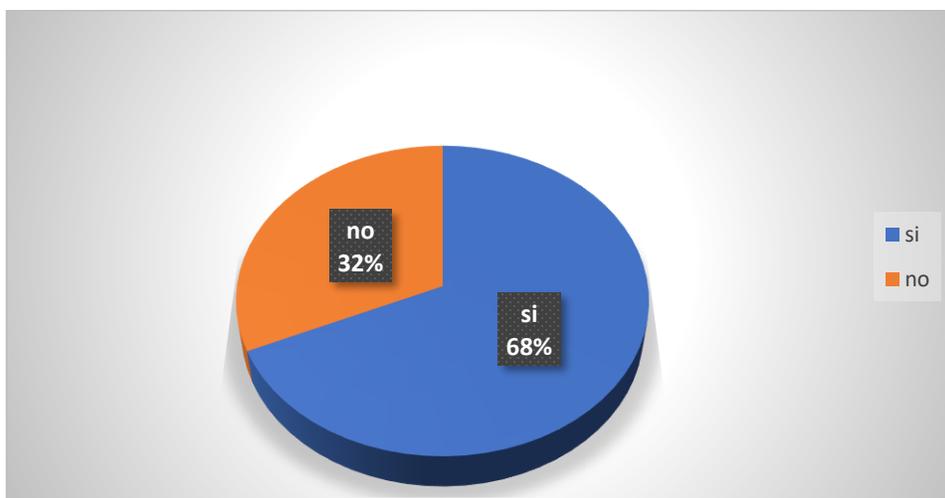
Según los resultados obtenidos de la comunidad el 68% de las viviendas cuenta con energía eléctrica, teniendo un 32% que no cuentan con este servicio básico, ver tabla 9 y el gráfico 9.

Tabla 9: Familias con el servicio de energía eléctrica.

VIVIENDA-ENERGÍA ELÉCTRICA		
SI	NO	Total
41	19	60
Porcentaje		
68.33%	31.67%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9: Porcentaje de familia con servicio con energía eléctrica



Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Calidad y abastecimiento de agua

- Calidad y saneamiento.

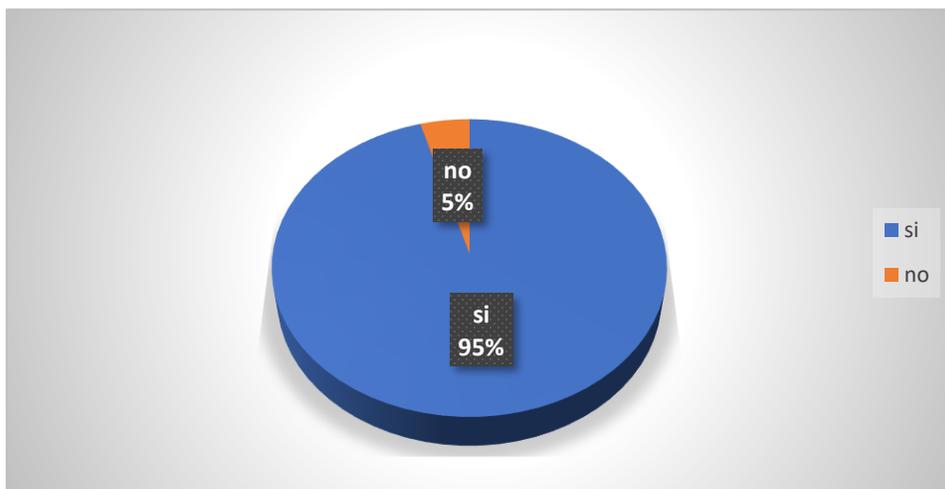
En cuanto a la calidad y abastecimiento de agua se encontró que un 95% de las viviendas si cuentan con este servicio y tan solo el 5% no cuentan con el servicio, ver tabla 10 y gráfico 10.

Tabla 10: Familias con abastecimiento de agua.

AGUA-ABASTECIMIENTO		
SI	NO	Total
57	3	60
Porcentaje		
95.00%	5.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10 :Porcentaje de familia con abastecimiento de agua



Fuente: Elaboración propia

- Servicio con agua de mal sabor.

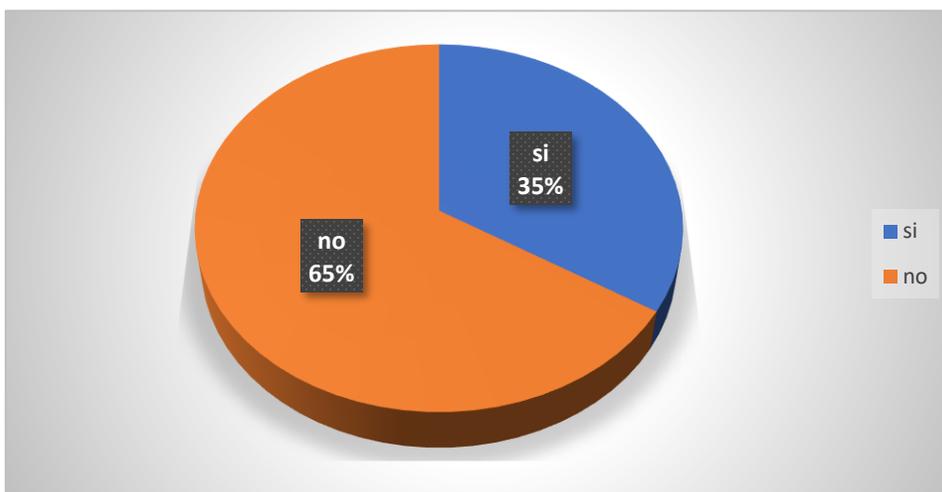
Los miembros de 21 familias que corresponde a (35%) de los encuestados indicaron que el agua cuenta con mal sabor al momento de consumirla, mientras que el 65% equivalente a 39 familias indicaron que no tenía mal sabor a como se puede ver en la tabla 11 y el gráfico 11.

Tabla 11: Vivienda con agua mal sabor.

AGUA-MAL SABOR		
SI	NO	Total
21	39	60
Porcentaje		
35.00%	65.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11: Porcentaje agua con mal sabor



Fuente: Elaboración propia

- Servicio con agua de mal olor.

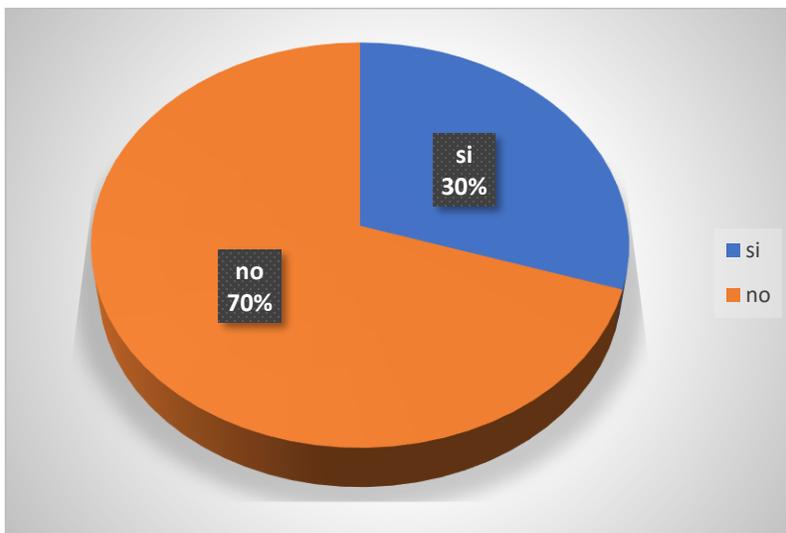
En relación al mal color del agua, las familias encuestadas mencionaron que las 18 de las 60 que equivale a (30%) vivienda indicaron que el agua tenía mal color y el 42 de las 60 (70%) dijeron que “NO” tenía mal color a como se puede ver en la tabla 12 y gráfico 12.

Tabla 12: Vivienda con agua mal olor.

AGUA-MAL OLOR		
SI	NO	Total
18	42	60
Porcentaje		
30.00%	70.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12: Porcentaje de familia con agua mal olor



Fuente: Elaboración propia

- Servicio con agua de mal color.

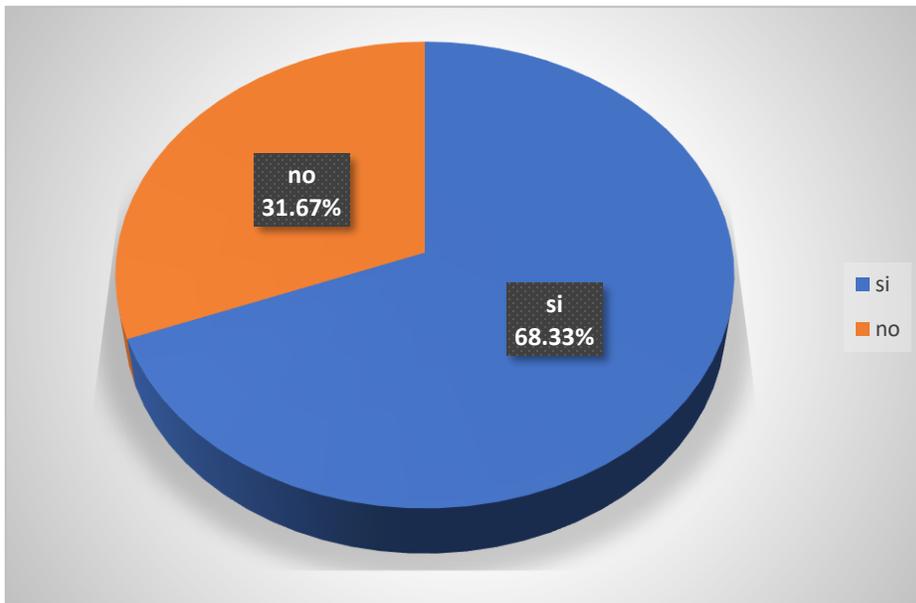
En cuanto al mal color del agua se obtuvo que las familias mencionaron que el 41 de las 60 equivalente (68%) familia encuestada tiene mal color y lo que corresponde al otro 21 equivalente (32%) no tiene mal color del agua al llegar a su vivienda, ver tabla 13 y gráfico 13.

Tabla 13: Vivienda con agua mal color.

AGUA-MAL COLOR		
SI	NO	Total
41	19	60
Porcentaje		
68.33%	31.67%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13 :Porcentaje de familia con agua mal olor



Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Saneamiento

- Estado de saneamiento.

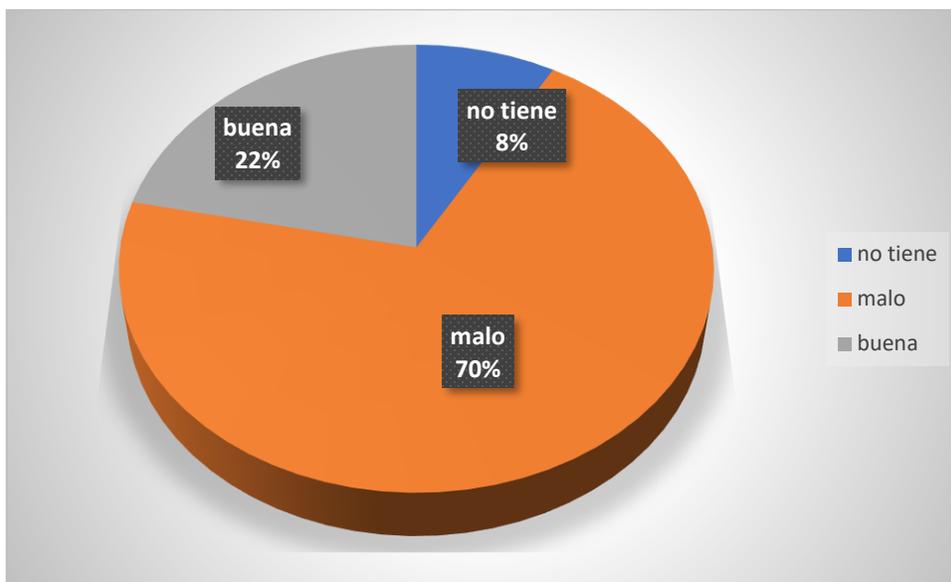
Las familias de la comunidad mencionaron que el 70% del estado del saneamiento esta malo ya que se observó que esta hechas de madera y de plástico con daños considerables, el 22% buena y solo el 9% no tiene, ver la tabla 14 y el gráfico 14.

Tabla 14: Aspecto del saneamiento de la comunidad.

ESTADO DEL SANEAMIENTO			
No tiene	Malo	Buena	Total
5	42	13	60
Porcentaje			
8.33%	70.00%	21.67%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14: Porcentaje de saneamiento



Fuente: Elaboración propia

- Tipos de saneamiento

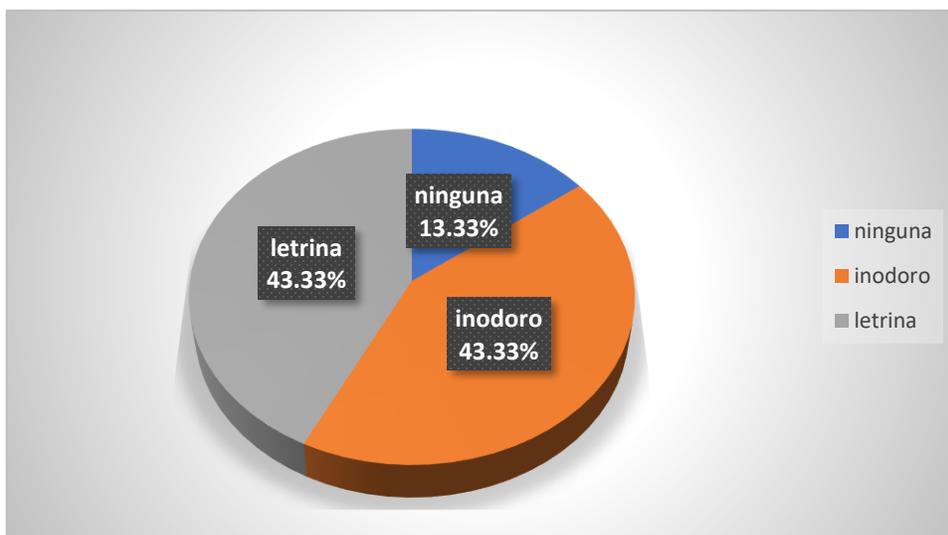
De las familias encuestadas se registraron que un mayor porcentaje (43%) tiene letrina y el (43%) cuentan con inodoro y solamente el 14% no cuenta con un tipo de saneamiento, ver tabla 15 y gráfico 15.

Tabla 15: Tipo de saneamiento.

TIPO DE SANEAMIENTO			
Ninguna	Inodoro	Letrina	Total
8	26	26	60
Porcentaje			
13.33%	43.33%	43.33%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15: Porcentaje de los tipos de saneamiento



Fuente: Elaboración propia

- Destinos de las aguas servidas.

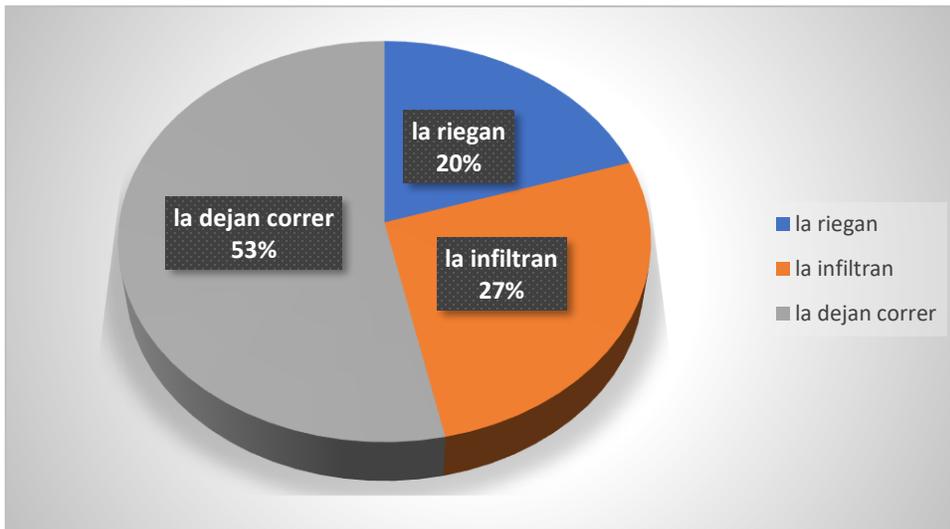
En la comunidad un 53% de las viviendas dejan correr las aguas servidas, seguido de las viviendas en donde infiltran estas aguas con un 27%, teniendo un 20% correspondiente a viviendas riegan las aguas servidas como se puede observar en la tabla 16 y gráfico 16.

Tabla 16 : Aguas servidas.

¿QUÉ HACEN CON LAS AGUAS SERVIDAS?			
La riegan	La infiltran	La dejan correr	Total
12	16	32	60
Porcentaje			
20.00%	26.67%	53.33%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 16: Destino de las aguas servidas de la comunidad



Fuente: Elaboración Propia

4.2. Calidad de agua y aforo de fuente

La Fuente que se utilizará para el diseño del acueducto se ubica en las coordenadas 13°46'04.97" N y 86°30'47.33"O y es un arroyo de flujo superficial tipo manantial ubicado en la comunidad La Tablazón.

4.2.1. Calidad del agua de la fuente

En los resultados físico-químico de la muestra tomado en periodo lluvia (septiembre), reflejó Color Verdadero 57.13 UC, Turbidez 9.13 UNT, ambos valores están en un rango superior a lo establecido por Norma CAPRE, la cual establece un máximo para la turbidez de 5.0 UNT y 15 UC para el color verdadero (CAPRE, 1994, pág. 13).

Así mismo el análisis bacteriológico para coliforme fecales, mostro un valor de 6.0 UFC/100 ml, siendo este resultado no admito por la Norma la cual recomienda que el mencionado valor debe de ser negativo (CAPRE, 1994, pág. 12).

Por tanto, para la reducción o la eliminación del Color y Turbidez, así como para los coliforme fecales presente en las fuentes, se requiere de un proceso de tratamiento, para lo cual se recomienda el diseño de filtración en múltiples etapas (FIME). Los resultados de los análisis del laboratorio se presentan en el anexo 2.

- Diseño del sistema de tratamiento

Basado en la Guía para diseño de tratamiento de filtraciones en múltiples etapas recomendada por la organización panamericana de la salud (OPS/CEPIS) se procedió a dimensionar un sistema de filtración tipo (FIME).

Tomando en cuenta los resultados de la calidad de agua descrita anteriormente y los criterios de diseños para filtro de múltiples etapas, ilustración 1 se adoptó un sistema de filtración en serie iniciando con filtración gruesa dinámica (FGDi) seguido de un filtro grueso ascendente en serie (FGSA) y concluyendo con un filtro lento de arena (FLA), otro sistema similar funcionará en paralelo para mantener el aprovisionamiento del agua permanente, esto se logra debido a que mientras un sistema se encuentra en mantenimiento el otro permanecerá operando.

Figura 3. Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua (FIME)

	Turbiedad (UNT)	< 10	10-20	20-50	50-70 (*)
	Color Real (UC)	< 20	20-30	30-40	30-40 (*)
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)					
< 500	Sin FGA	FGAC _{0.6}	FGAC _{0.45}	FGAS _{3.0.3}	
500 - 10000	FGAC _{0.6}	FGAC _{0.6}	FGAC _{0.45}	FGAS _{3.0.3}	
10000 - 20000 (*)	FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAS _{3.0.3}	

Todas las opciones tienen FGD_{2.0} y FLA_{0.15}

- Dimensionamiento del filtro grueso dinámico

Se diseñó un sistema de filtración para un caudal de 2.440 m³/h, con un área de total de filtración de 1.220 m², considerando una tasa de filtración de 2 m³/m²/h, valor que se recomienda para aguas turbias, el caudal total y área total de filtración se distribuyeron en dos unidades de filtración con área de 0.610 m² con capacidad de 1.220 m³/h cada una ver plano número 13/16. A continuación, se presentan los cálculos

Para un caudal de 2.440 m³/h y una tasa de filtración de 1.220 m² se tiene:

$$At = \frac{Q}{t}$$

Donde:

At: Área total del filtro, m²

Q: Caudal total, m³/h

t: tasa de filtración, m³/m²/h, (OPS-COSUDE, 2005, pág. 12)

$$At = \frac{2.440 \text{ m}^3/\text{h}}{2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}} = 1.220 \text{ m}^2$$

Se adoptan dos unidades de filtración:

$$Qf = \frac{Qt}{N}$$

Donde:

Qf: Caudal de filtro, m³/h

Qt: Caudal total, m³/h

N: 2 unidades, (OPS-COSUDE, 2005, pág. 13)

$$Qf = \frac{2.806 \text{ m}^3/\text{h}}{2} = 1.403 \text{ m}^3/\text{h}$$

Área de filtro:

$$Af = \frac{At}{N}$$

Donde:

Af: área de filtro de cada unidad, m²

At: área total del filtro, m²

N: 2 unidades

$$Af = \frac{1.220 \text{ m}^2}{2} = 0.610 \text{ m}^2,$$

< 10m², cumple con la norma, (OPS-COSUDE, 2005, pág. 13)

Caudal total:

$$Qt = Qmd + R \times Qmd$$

Donde:

Qt: caudal total, m³/h

R: razon de flujo, 0.15

$$Qt = 2.440 \frac{m^3}{h} + 0.15 \times 2.440 \frac{m^3}{h} = 2.806 m^3/h$$

Caudal de diseño:

$$Qd = \frac{Qt}{N}$$

Donde:

Qd: caudal de diseño, m³/h

Qt: caudal total, m³/h

$$Qd = \frac{2.806 m^3/h}{2} = 1.403 m^3/h$$

Dimensiones del filtro:

Se adopta relación largo-ancho 3:1, (OPS-COSUDE, 2005, pág. 12)

Ancho:

$$b = \left(\frac{Af}{N} \right)^{1/2}$$

Donde:

b: ancho, m

Af: área del filtro

N: 2 unidades

$$b = \left(\frac{0.610 m^2}{2} \right)^{1/2} = 0.781 m$$

Longitud:

$$L = b \times m$$

Donde:

L: longitud del filtro, m

b: ancho, m

M: razón 3:1

$$L = 0.781 \text{ m} \times 3 = 2.343 \text{ m}$$

Longitud final del filtro incluyendo longitud de lavado de arena:

$$L_f = L \times 1.2 \text{ longitud de caja de filtro}$$

Donde:

Lf: longitud total, m

1.2: longitud de caja de filtro, m

$$L_f = 2.343 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} = 2.812 \text{ m}$$

Dimensiones de pared de caja de filtro $H_f = H_{ls} + H_{lf} + H_{bl}$

Donde:

Hf: altura de la pared de caja, m

Hls: altura del lecho de soporte, m

Hlf: altura del lecho de arena, m

Hlb: altura borde libre, m

$$H_f = 0.3 \text{ m} + 0.7 \text{ m} + 0.2 \text{ m} = 1.2 \text{ m}$$

Vertedero

Se diseñó un vertedero tipo triangular de 90° para el cual tenemos que:

$$h = \left(\frac{Q}{1.434} \right)^{1/2.5}$$

Donde:

h:

Q: caudal de entrada, m³/s

$$h = \left(\frac{0.0004 \text{ m}^3/\text{s}}{1.434} \right)^{1/2.5} = 0.037 \text{ m}$$

resultando un valor de b (ancho de estructura) igual a 8 cm.

- Dimensionamiento de filtro grueso ascendente.

Área superficial (As)

$$As = \frac{Qd}{N \times Vf} = b \times L$$

Donde:

As: Área superficial, m²

Vf: velocidad de filtración, m/h

N: número de unidades

b: ancho de la unidad, m

l: longitud de la unidad, m

$$As = \frac{1.403 \text{ m}^3/\text{h}}{3 \times 0.3 \text{ m}/\text{h}} = 4.676 \text{ m}^2$$

Se diseñaron cámaras de filtración para 3 unidades

Altura de cámaras de filtración:

FGAS 1:

Lecho filtrante: 0.90 m

Lecho de soporte: 0.30 m

Sobrenadante: 0.20 m

Borde libre: 0.20 m

Altura total: 1.60 m

FGAS 2:

Lecho filtrante: 0.70 m

Lecho de soporte: 0.50 m

Sobrenadante: 0.20 m

Borde libre: 0.20 m

Altura total: 1.60 m

FGAS 3:

Lecho filtrante: 0.75 m

Lecho de soporte: 0.45 m

Sobrenadante: 0.20 m

Borde libre: 0.20 m

Altura total: 1.60 m

- Dimensionamiento de filtro lento de arena

Esta unidad de filtración lenta en arena consta de los siguientes elementos: caja de filtración y estructura de entrada, sistema de drenaje, lecho filtrante, capa de agua sobrenadante y dispositivos para regulación, control y rebose.

Dimensionamiento FLA.

Caudal de diseño (Q_d): 2.806 m³/h

Número de unidades (N): 2

Velocidad de filtración (V_f): 0.1 m/h

Área superficial (A_s):

$$As = \frac{Qd \text{ m}^3/h}{N \times Vf}$$

$$As = \frac{2.806 \text{ m}^3/h}{2 \times 0.1 \text{ m/h}} = 14.029 \text{ m}^2$$

Coeficiente de bajo costo (K)

$$K = (2 \times N)(N + 1)$$

Donde:

K: coeficiente de bajo costo

N: número de unidades

$$K = (2 \times 2)(2 + 1)$$

$$K = 1.333$$

Longitud de unidad (L)

$$L = (As \times K)^{1/2}$$

Donde:

L: longitud de unidad, m

As: área superficial, m²

K: coeficiente de bajo costo

$$L = (14.029 \text{ m}^2 \times 1.333)^{1/2}$$

$$L = 4.325 \text{ m}$$

Ancho de unidad (b)

$$b = (As / K)^{1/2}$$

Donde:

b: ancho de unidad, m

As: Área superficial, m

K: coeficiente de bajo costo

$$b = (14.029/1.333)^{1/2}$$

$$b = 3.244 \text{ m}$$

Velocidad de filtración real (VR)

$$VR = Qd(2 \times A \times B)$$

Donde:

VR: velocidad de filtración real

A: área superficial, m²

B: Qt: caudal de diseño, m³/h

$$VR = 2.806(2 \times 14.029 \times 2)$$

$$VR = 0.100 \text{ m/h}$$

Altura de caja de filtración

Harena: 1m

Hlecho:0.3m

Hsobrenadante:1.5 m

borde libre:0.3m

TOTAL: 3.1m

Sistema de drenajes

Dren principal

D1: 78.4 mm 3" C17

0.0784m

Qd: 1.402852921 m³/h

0.000389681 m³/s

$$A=0.004827497 \text{ m}^2$$

$$V_p=0.080721204 \text{ m/s primario}$$

$$D_2: 29.5 \text{ mm } 1'' \text{ C17}$$

$$0.0295 \text{ m}$$

$$Q_d: 1.402852921 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$0.000389681 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A=0.000683493 \text{ m}^2$$

$$V_s= 0.570132406 \text{ m/s secundario}$$

Para obtener una colección uniforme del agua filtrada: $\frac{V_p}{V_s} \leq 0.15$

$$\frac{0.080 \text{ m/s}}{0.570 \text{ m/s}} \leq 0.15 = 0.141$$

Lecho de filtración

L: arena: 1m

d: 0.15 mm; d:0.00015 m

e: porosidad: 0.215%

velocidad de filtración: 0.1 m/h

Número Reynolds:

$$NRE \frac{\rho v d}{\mu} = \frac{v d}{\nu}$$

Donde:

NRE: número Reynolds

v: velocidad de filtración m/s

V: velocidad cinemática, m²/s

$$NRE = \frac{2.77778E - 05 \text{ m/s} \times 0.00015 \text{ m}}{0.000000893 \text{ m}^2/\text{s}} = 0.00466592$$

CD:

$$CD = \frac{24}{NRE} = \frac{3}{\sqrt{NRE}} + 0,34$$

$$CD = \frac{24}{0.00466592} = \frac{3}{\sqrt{0.00466592}} + 0,34 = 5187.939016$$

h: 1.358439102 pérdidas de carga
v cinemática: 0.000000893 m²/s

Tabla 17: Lecho de Soporte

Capa	L mm	L m	d=m m	d=m	v=m/s	NRE	CD	h
superior	50	0.1	1	0	2.77778E-05	0.031106134	788.901762	0.001549279
segunda	50	0.1	2	0	2.77778E-05	0.062212268	398.143718	0.000390946
tercera	50	0.1	5	0.01	2.77778E-05	0.155530671	162.257397	6.37296E-05
inferior	150	0.2	10	0.01	2.77778E-05	0.311061341	82.874159	4.88255E-05
total								0.002052779

Pérdida total del lecho filtrante y lecho de soporte

$$ht = \frac{p \text{ filtrante}}{p \text{ soporte}}$$

$$ht = \frac{1.358439102\text{m}}{0.002052779\text{m}} = 1.360 \text{ m}$$

Drenes0

v dren: 0.1 m/s

b, ancho: 0.10 m

Ad, área del dren:

$$Ad = \frac{Qd \text{ m}^3/s}{v \text{ dren m/s}}$$

Donde:

Qd: caudal de diseño

$$Ad = \frac{0.000389681 \text{ m}^3/s}{0.1 \text{ m/s}} = 0.003896814 \text{ m}^2$$

y, tirante critico:

$$y = \frac{Ad \text{ m}^2}{b \text{ m}}$$

$$y = \frac{0.00389 \text{ m}^2}{0.1 \text{ m}} = 0.038 \text{ m}$$

p, perímetro de dren:

$$p = \frac{b \text{ m}}{y \text{ m}} \times 100$$

$$p = \frac{0.1 \text{ m}}{0.038 \text{ m}} \times 100 = 0.177 \text{ m}$$

dh, Diámetro hidráulico:

$$dh = 4 Ad/P$$

$$dh = 4 \times \frac{0.0038 \text{ m}^2}{0.177 \text{ m}} = 2.247 \text{ m}$$

L: longitud: 3.224 m

L/dh,

$$L/dh = \frac{hd \text{ m}}{L \text{ m}}$$

$$\frac{L}{dh} = \frac{2.247 \text{ m}}{3.224 \text{ m}} = 1.442$$

hd,

$$hd = 0.331 \times L/dh \times \frac{V^2}{2g}$$

$$hd = 0.331 \times 1.442 \times \frac{0.1^2}{2(9.81)} = 0.000243428 \text{ m}$$

Compuerta de entrada

K: 0.2

g: 9.81

hfl:

$$hfl = \frac{K V^2}{2g}$$

$$hfl = \frac{0.2 \times 0.1^2}{2(9.81)} = 0.000102041 \text{ m}$$

Af, área de filtración

$$Af = As = 14.029 \text{ m}^2$$

Ac, área de la compuerta

$$Ac = \frac{b}{y}$$

$$Ac = \frac{1 \text{ m}}{0.0389 \text{ m}} = 0.0038 \text{ m}^2$$

Vf, velocidad de filtración

Vf: 2.77778-05

V, velocidad

$$V = Vf \times Af / Ac$$

$$V = \frac{2.77778 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 14.029 \text{ m}^2}{0.0038 \text{ m}^2} = 0.1 \text{ m/s}$$

Vertedero de salida

$$hf2 = \frac{\frac{Qd^2}{3}}{1.84 \times Lv}$$

$$hf2 = \frac{\frac{1.4028^2}{3}}{1.84 \times 3.224} = 1.1099 \text{ m}$$

4.2.2. Aforo de la fuente La Tablazón

Para determinar el caudal de la fuente se aplicó el método volumétrico utilizando la ecuación 1, cuyo resultado final fue de 3.21 l/s como se muestra en la tabla 17 y en los cálculos realizados.

Tabla 18: Aforo de la fuente

Repetición	vol. (l)	tiempo (s)
1	20	6.41
2	20	6.39
3	20	6.08
4	20	5.93
5	20	6.31
TOTAL	100	31.12
Q=		3.21 l/s

Fuente:

Elaboración propia

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q= Caudal (l/s)

V= volumen (l)

t= tiempo (s)

$$Q = \frac{100 \text{ l}}{31.12 \text{ s}} = 3.21 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

4.3. Estudio topográfico

El estudio topográfico se realizó utilizando una estación total SOKKIA 630RK, el levantamiento se inició partiendo de dos BM cuyas coordenadas UTM DATUM WGS84 se tomaron con un receptor del sistema global de posicionamiento geográfico marca GARMIN GPS Map 64st. Las estaciones se hicieron cada 20 m tomándose coordenadas y elevaciones de todos los ejes de la poligonal abierta, objetos de interés y diversos puntos en el terreno de acuerdo a las características del relieve.

Se hizo un levantamiento de 3372.42 m que incluyó la fuente de abastecimiento, localización de colina donde se ubicara el tanque, las viviendas y vías de acceso a las mismas. Se encontró una variación longitudinal que oscilo entre 1308.49 msnm y 1073.27 msnm caracterizándose el tipo de relieve cómo montañoso.

Se realizaron 5 planos topográficos, 1 plano de conjunto y 4 planos planta perfil en escalas de 1:1500 en planta general y escalas en planta perfil vertical 1:200 y horizontal 1:1000. En el anexo 18 se presentan los planos detallados en hoja ISO A2 y ISO A3.

4.4. Diseño del acueducto

En este punto se realizó el diseño hidráulico de todos los componentes del sistema de agua potable para la comunidad de La Tablazón, con el objetivo de satisfacer las necesidades de la población con respecto al vital líquido.

4.4.1. Periodo de diseño

Se adoptó un periodo de diseño de 20 años basado a que es una captación superficial (MIFIC, 2019, pág. 15)

4.4.2. Tasa de crecimiento

Basado en la tasa de crecimiento del año 2022 proporcionado por la Alcaldía Municipal de Dipilto, cuyo valor fue de 1.5%, se adoptó aplicando la norma (MIFIC, 2019, pág. 9) una tasa de crecimiento de 2.5%.

4.4.3. Población de diseño

La población de diseño se calculó con la ecuación 2 aplicando una tasa de crecimiento de 2.5% obteniéndose una población de 415 habitantes en el año 2042, los resultados detallados se presentan en la tabla 18.

Tabla 19 :Proyección de la población

Año	Proyección	r (%)
2022	253	2.5
2023	259	2.5
2024	266	2.5
2025	272	2.5
2026	279	2.5
2027	286	2.5
2028	293	2.5
2029	301	2.5
2030	308	2.5
2031	316	2.5
2032	324	2.5
2033	332	2.5
2034	340	2.5
2035	349	2.5
2036	357	2.5
2037	366	2.5
2038	376	2.5

2039	385	2.5
2040	395	2.5
2041	404	2.5
2042	415	2.5

Fuente: Elaboración propia

$$Pn = Po(1 + r)^n$$

$$Pn = 253(1 + 2.5\%)^{20}$$

$$Pn = 415 \text{ hab}$$

4.4.4. Dotación y consumo

Para sistemas de abastecimiento de agua potable para población rural dispersa se consideran dotación de 80 lppd en conexiones domiciliar de patio, según la norma NTON 09 007, 2019 (MIFIC, 2019, p. 11)

- **Consumo doméstico o domiciliar**

Para determinar el consumo doméstico se utilizó la ecuación 3, considerando una población futura proyectada a 20 años, en el cual habrá 329 y tomando en cuenta una dotación de 80 lppd, como se observa en el cálculo siguiente.

$$CD = Pn \left(\frac{Dot}{86400} \right)$$

$$CD = 415 \text{ hab} \left(\frac{80 \text{ lppd}}{86400 \text{ s}} \right)$$

$$CD = 0.384 \text{ l/s}$$

- **Factor de consumo público o institucional**

Para el cálculo se utilizó la ecuación 4, obteniéndose un resultado 0.027 l/s que se describen a continuación:

$$CPI = CD \left(\frac{7}{100} \right)$$

$$CPI = 0.384 \text{ l/s} \left(\frac{7}{100} \right)$$

$$CPI = 0.027 \text{ l/s}$$

- **Consumo promedio diario**

Se calculo el consumo promedio diario, mediante la ecuación 5, encontrándose un valor de 0.411 l/s, no se tomó en cuenta el consumo comercial e industrial debido a que la comunidad no posee ninguna de esta ni se planea el desarrollo de este tipo de actividades económicas.

$$CPD = CD + CPI + CI + CC$$

$$CPD = 0.384 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 0.027 \frac{\text{l}}{\text{s}} + 0 + 0$$

$$CPD = 0.411 \text{ l/s}$$

- **Pérdidas o fugas en el sistema**

La cantidad de agua pérdida en el sistema es el 15 % del consumo promedio diario, aplicando la ecuación 6, se encontró un resultado de 0.062 l/s. A continuación, se presentan los cálculos:

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

$$P = 0.411 \text{ l/s} \left(\frac{15}{100} \right)$$

$$P = 0.062 \text{ l/s}$$

- **Consumo Máximo Diario (CMD)**

Es el gasto requerido para diseñar la línea de conducción, el cual tuvo un valor de 0.678 l/s, el cual se realizó con la ecuación 7 como se muestra a continuación.

$$CMD = 1.5CPD + P$$

$$CMD = 1.5 (0.411 \text{ l/s}) + 0.062 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$CMD = 0.678 \text{ l/s}$$

- **Consumo Máximo Horario (CMH)**

Según la norma es el gasto para el diseño de la red de distribución es el CMH cuyo resultado es de 1.088, el cálculo se hizo con la ecuación 8 que se presenta a continuación:

$$CMH = 2.5CPD + P$$

$$CMH = 2.5 \left(0.411 \frac{\text{l}}{\text{s}} \right) + 0.062 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

$$CMH = 1.088 \text{ l/s}$$

4.4.5. Obra de captación

La obra de captación se ubicará en la cota 1308.49 msnm como se presenta en el perfil longitudinal y será construida de concreto armado, como se muestra en el plano.

Así mismo la diferencia de nivel con relación al tanque de almacenamiento el cual se encuentra en la cota 1296.060 msnm es de 12.43 m, lo que representa la energía necesaria para compensar las pérdidas de energía por fricción que se dan a lo largo de la línea de conducción.

4.4.6. Diseño de la línea de conducción

De acuerdo al estudio topográfico la longitud de la línea de conducción es de 609.42 m y una carga estática disponible de 12.43 m. Para calcular el diámetro se adoptó el caudal del consumo máximo diario (CMD) el cual tiene un valor de 0.678 l/s, posteriormente se procedió a despejar el diámetro de la ecuación 9 de Hazen-Williams obteniéndose un diámetro teórico de 0.0337 m. A continuación, se presenta los resultados:

- Diámetro teórico

$$D = \left[10.675 \left(\frac{Q^{1.85} \text{ m}^3/\text{s}}{C^{1.85} H} \right) L \right]^{1/4.87}$$
$$D = \left[10.675 \left(\frac{0.678^{1.85} \text{ m}^3/\text{s}}{150^{1.85} 12.43 \text{ m}} \right) 609.42 \text{ m} \right]^{1/4.87}$$
$$D = 0.0337 \text{ m}$$

- Diámetro comercial

Basado en el diámetro teórico se procedió a buscar un diámetro comercial adoptándose un diámetro de 0.0557 m de tubería PVC SDR26 ASTM 2241. Este diámetro es el que recomienda la norma cuando hay poco consumo NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 31).

- Pérdida de carga por fricción

Conociendo el diámetro comercial para la tubería se procedió a calcular la pérdida de carga por fricción resultando un valor de 1.0780 m a continuación se presentan los cálculos:

$$h_f = 10.675 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) L$$
$$h_f = 10.675 \left(\frac{0.678^{1.85} \text{ m}^3/\text{s}}{150^{1.85} 0.0557^{4.87} \text{ m}} \right) 609.42 \text{ m}$$

$$h_f = 1.0780 \text{ m}$$

- Altura piezométrica en el tanque

Considerando la altura estática entre la fuente y el tanque, así como la pérdida de carga por fricción se obtuvo una altura estática de 1307.412 m a continuación se presenta el cálculo:

$$\text{Altura piezométrica} = \text{cota de la fuente} - h_f$$

$$\text{Altura piezométrica} = 1308.49 \text{ m} - 1.0780 \text{ m}$$

$$\text{Altura piezométrica} = 1307.412 \text{ m}$$

- Presión

La presión de llegada al tanque fue de 11.352 m, el cálculo de la presión se presenta a continuación:

$$P = \text{altura piezometrica} - \text{cota del tanque}$$

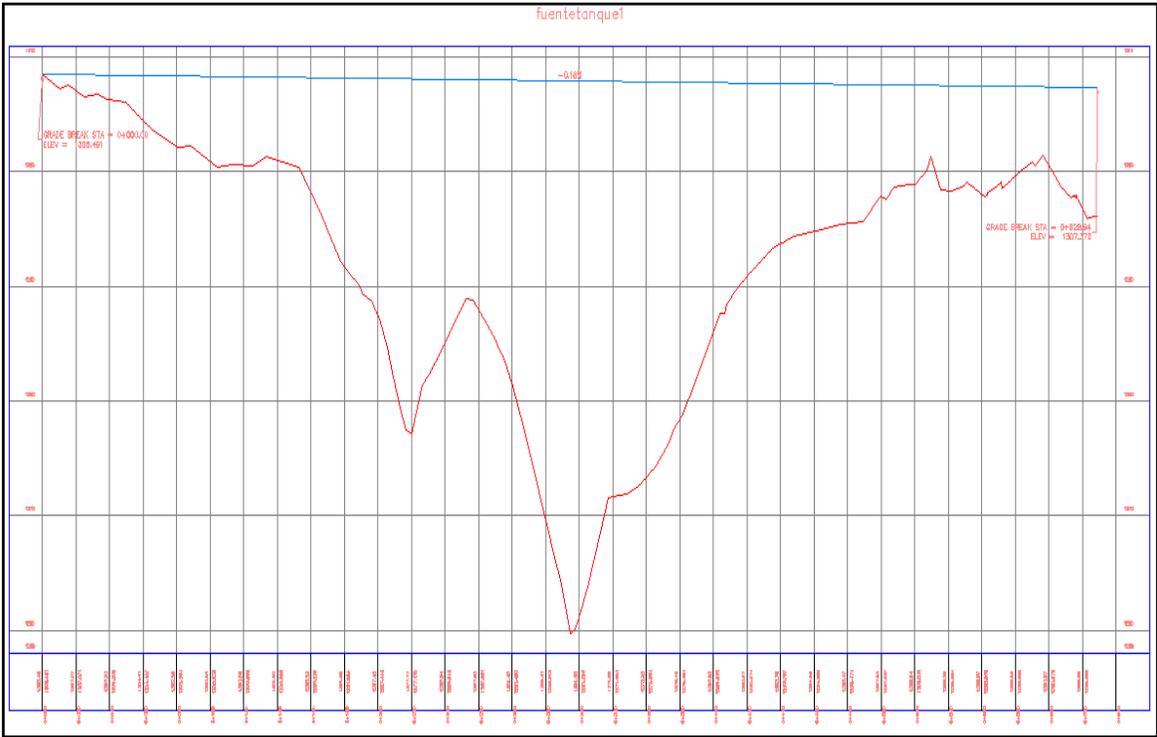
$$P = 1307.412 \text{ m} - 1296.060 \text{ m}$$

$$P = 11.352 \text{ m}$$

En la ilustración 1 se observan las alturas piezométricas, notándose que la presión mínima en la tubería ocurre en la estación 0+595.95 m con una altura piezométrica de 1307.411 m y presión de 5.996 m, observándose que cumple con la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 26)

Así mismo la presión más alta se observó en la estación 0+314.81 m, con altura piezométrica de 1259.757 m y presión de 48.176 m. Por tanto, debido a que la tubería que se seleccionó para el diseño fue PVC SDR 26 de dos pulgadas la cual resiste presiones máximas de 112.6760 m, siendo esta superior a la presión máxima de la línea de conducción que como se mencionó anteriormente es de 48.156 m, se concluye que la tubería soportara la presión del sistema fuente-red.

Figura 4: Perfil Fuente Tanque



Fuente: Elaboración propia

- Velocidad

La velocidad de flujo de la tubería en la línea de conducción fue de 0.278 m/s, este resultado es menor a las velocidades recomendadas por la norma NTON 09 007-19 las cuales oscilan entre 0.6 y 5 m/s, para líneas de conducción por gravedad (MIFIC, 2019, pág. 31).

La baja velocidad se debe a que el caudal que fluye por la sección de la tubería de 55.7 mm es poco con relación a la capacidad de la misma. No obstante, el diámetro que se seleccionó se basa en la recomendación de la NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 31). Los cálculos se presentan a continuación:

$$V = \frac{Q \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi D^2}{4}}$$
$$V = \frac{0.678 \text{ m}^3/s}{\frac{\pi 0.0557^2}{4}}$$
$$V = 0.278 \text{ m/s}$$

- Golpe de ariete

Para el cálculo de golpe de ariete se calculó la velocidad de la onda de presión con la ecuación 11 y adoptando un K= 33.33, resultando un valor de 338.481 m/s, como se observa a continuación

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}}$$
$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.33 \frac{55.7 \text{ mm}}{2.3 \text{ mm}}}}$$
$$a = 338.481 \text{ m/s}$$

El tiempo de cierre de la válvula (T) se adoptó en 10 s debido a que es un cierre manual con válvula de compuerta, por lo que se considera un cierre lento con relación al tiempo del ciclo de la onda de presión que fue de 3.60 s, la cual se calcula a continuación:

$$T > \frac{2L}{a} \text{ cierre lento}$$

$$10 > \frac{2 \times 609.42 \text{ m}}{338.481 \text{ m/s}}$$

$$10 \text{ s} > 3.60 \text{ s}$$

En el cálculo de la sobre presión se utilizó la ecuación 12 de Michaud que se utiliza cuando el cierre es lento, obteniéndose una sobre presión de 10 m, como se observa a continuación

$$\Delta H = \frac{2Lv}{gT}$$

$$\Delta H = \frac{2 \times 609.42 \text{ m} \times 0.278 \text{ m/s}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 10 \text{ s}}$$

$$\Delta H = 3.456 \text{ m}$$

Por lo tanto, la presión máxima que soportara la tubería de la línea de conducción la cual incluye una presión de 48.176 m en el punto más bajo, más la sobre presión generada por el golpe de ariete cuyo valor fue de 3.456 m, alcanzándose una presión total de 51.64 m que es menor a la resistencia máxima de la tubería PVC SDR 26 que soporta hasta 112 m de presión.

Tanto por las presiones piezométricas como por la sobre presión de golpe de ariete la tubería soportara las exigencias de la línea de conducción, por lo que se considera un diseño adecuado.

4.4.7. Tanque de almacenamiento

El tanque se dimensionó considerando los parámetros establecidos en la norma (MIFIC, 2019, pág. 33), la cual considera un 25% del CPD como volumen de compensación y un 15% del CPD de reserva para eventualidades alcanzando un 40% del CPD como el volumen total de almacenamiento, aplicando las ecuaciones 13 y 14 que se presentan a continuación:

Volumen compensador:

$$\text{Vol Compensador} = \frac{(25\%) (\text{CPD}) (16 \text{ h} \times 3600 \text{ s})}{1000}$$

$$\text{Vol Compensador} = \frac{(25\%) (0.411 \text{ l/s}) (57600 \text{ s})}{1000} = 5.915 \text{ m}^3$$

Volumen reserva:

$$\text{Vol Reserva} = \frac{(15\%) (\text{CPD}) (16 \text{ h} \times 3600 \text{ s})}{1000}$$

$$\text{Vol Reserva} = \frac{(15\%) (0.411 \text{ l/s}) (57600 \text{ s})}{1000} = 3.549 \text{ m}^3$$

Tomando en consideración el volumen de compensación calculado y el volumen de reserva se obtuvo un volumen 9.463 m³, por lo que se adoptará un tanque de polietileno de 10m³ que será instalado a nivel de suelo.

4.4.8. Desinfección

El agua se desinfectará con hipoclorito de sodio al 13%, basado en la recomendación de la norma (ANA, 1999, pág. 96) que recomienda 1 kg de cloro por día para un caudal de 8.2 l/s. Con estas consideraciones se adoptó una dosis de 2.1 mg/día de cloro. El cálculo de la capacidad de cloro cuyo valor fue de 0.132 kg/día se realizó con la ecuación 15 que se describe a continuación:

$$Ca = \frac{Q \times C}{1000}$$
$$Ca = \frac{62.7264 \frac{m^3}{día} \times 2.1 \frac{mg}{l}}{1000}$$
$$Ca = 0.132 \frac{kg}{día}$$

Conociendo la capacidad de cloro se procedió a calcular la cantidad de cloro comercial obteniéndose un resultado de 1.013 l/día de hipoclorito de sodio al 13%

$$V = \frac{Ca}{c}$$

Donde:

V: volumen de cloro comercial (l)

Ca: capacidad de cloro (kg/día)

c: concentración de hipoclorito de sodio (decimales)

$$V = \frac{0.132 \frac{kg}{día} \times \frac{1000 gr}{1 kg}}{130 gr}$$
$$V = 1.013 \frac{l}{día}$$

Para la desinfección diaria del agua el volumen del cloro comercial se diluyo al 1.5% como lo recomienda la norma (ANA, 1999), obteniendo como resultado 8.78 l de cloro al 1.5%, los cálculos se hicieron de la siguiente manera:

$$V = \frac{V_1 \times c}{c_n}$$

Donde:

V: Volumen de cloro diluido (l)

V₁: Volumen de cloro comercial (l)

c: Concentración de cloro comercial (decimales)

c_n: Concentración de cloro de la norma (decimales)

$$V = \frac{1.013 \frac{l}{dia} \times 0.13}{0.015}$$

$$V = 8.777 \frac{l}{dia}$$

El cloro diluido se aplicará a una taza de 0.55 l/h con un hipo clorador de carga constante el cual descargará 183 gotas por minuto.

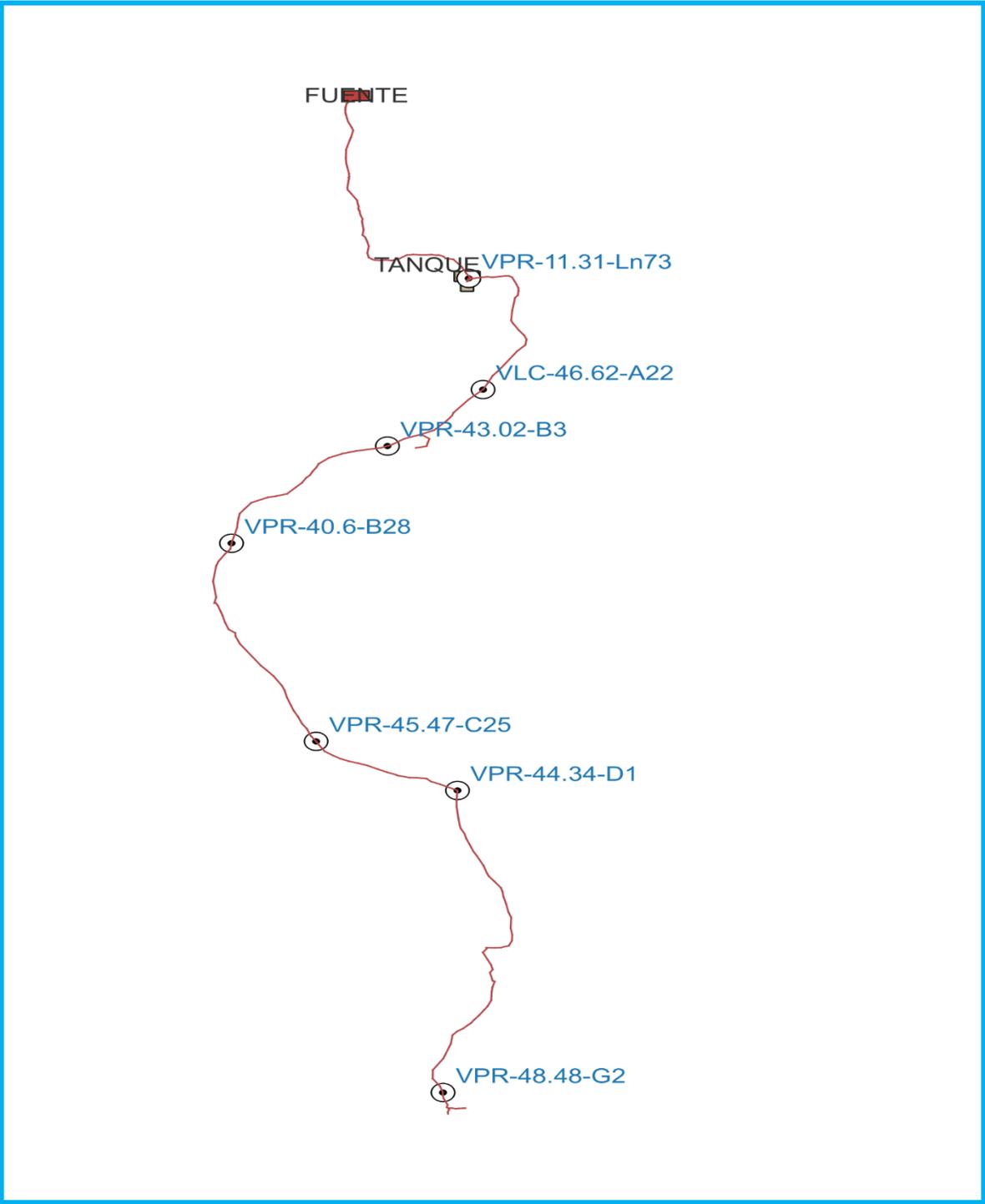
4.4.9. Simulación hidráulica del acueducto

La simulación hidráulica de la red que se observa en la ilustración 2, se hizo con el software EPANET el cual fue configurado para realizar los cálculos de las pérdidas de carga con la ecuación de Hazen-Williams, adoptando un coeficiente de rugosidad para PVC de 150, teniendo como unidades para diámetro en mm, caudal l/s, la velocidad de flujo de m/s, la presión, la altura piezométrica y distancia en m.

La simulación incluyó la línea de conducción por gravedad y la red de distribución en la cual se incluyeron accesorios, 1 válvula limitadoras de caudal (VLC) y 6 válvulas reguladoras de presión (VLP). A continuación, se describe la línea de conducción por gravedad.

En la tabla 19 se observan las distancias y diámetros de la red cuya longitud total fue de 3,372.84 m de las cuales 609.42 m corresponden a la línea de conducción con un diámetro de 2" de tubería PVC SDR-26 ASTM 2241, así mismo 2,762.58 m corresponden a la red de distribución con diámetro de 1 ½" de tubería PVC SDR-26 ASTM 2241, la cual según la distribución de las viviendas se subdividió en 7 tramos.

Figura 5: Topología de la red



Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Longitud de la tubería

Longitud	metros	Diámetro
Línea de conducción	609.424	2
Tramo A red	594.785	1 ½
Tramo B red	603.236	1 ½
Tramo C red	671.997	1 ½
Tramo D red	301.259	1 ½
Tramo E red	177.453	1 ½
Tramo F red	312.735	1 ½
Tramo G red	101.949	1 ½
Total	3372.838	

Fuente: Elaboración Propia.

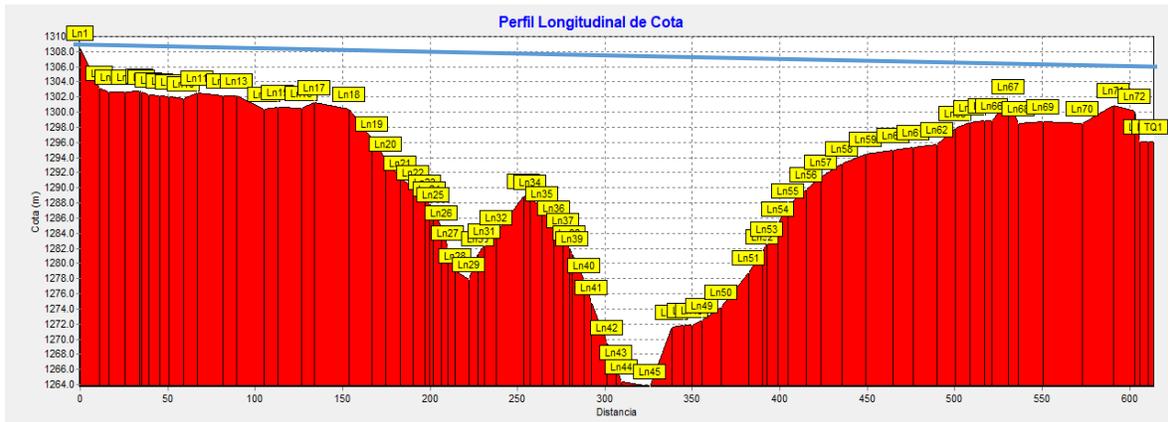
- Línea de conducción por gravedad

La línea de conducción de 609.42 m diseñada con tubería PVC de 2" transporta un caudal de 0.678 l/s que corresponden al CMD, la velocidad de flujo de 0.28 m/s, con pérdidas de carga de 0.00174 m/m, la velocidad de flujo es inferior al que recomienda la norma, por lo que se instalaran válvulas de limpieza (VLP) en las cotas más bajas de la línea de conducción, así mismo se instalara una válvula limitadora de caudal (VLC) antes del tanque de almacenamiento. Los resultados velocidad de flujo, pérdida de carga, caudal de flujo y geometría de la tubería se presenta en el anexo 2.

Se adoptó el diámetro de 2" para tener una gradiente piezométrica como se observa en la figura 6 que cumpla con la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 25) la cual recomienda una presión mínima de 5 m.

La figura 6 muestra el terreno natural y el comportamiento de la línea piezométrica a lo largo de la tubería, se observa un terreno muy irregular con un columpio profundo en el nodo Ln45 con 4 cimas en los nodos Ln1, Ln34, Ln67 y Ln71.

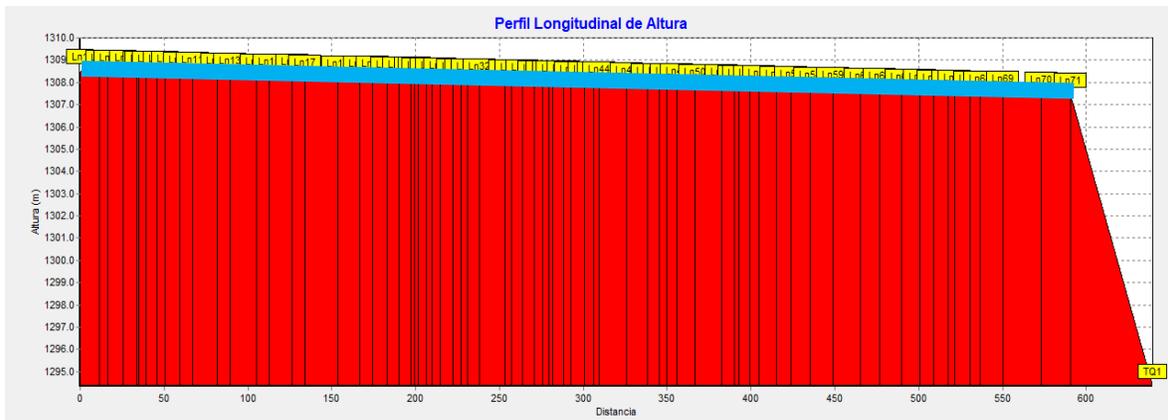
Figura 6: Perfil longitudinal de la línea de conducción



Fuente: Elaboración Propia

La figura 7 muestra la línea piezométrica con sus respectivas alturas con una gradiente que corresponde a 0.00174 m/m.

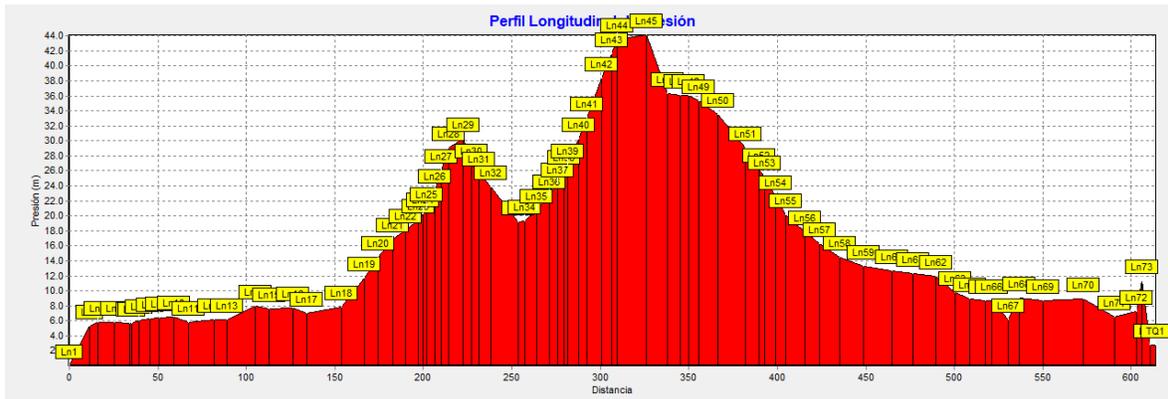
Figura 7: Perfil longitudinal de línea piezométrica de la línea de conducción



Fuente: Elaboración Propia

La figura 8 muestra el perfil de distribución de presiones, donde la mayor presión se observa en el cumpio nodo Ln45 con 44.5 m y las mínimas correspondieron a las cimas nodos Ln1 con 0 m en la fuente (cima 1-embalse), Ln34 con 19.26m (cima 2), Ln67 con 6.17 m (cima 3) y Ln71 con 6.51 m (cima 4). El detalle del cálculo de las presiones y altura piezométrica se muestra en el anexo 3.

Figura 8: Perfil longitudinal de presión de la línea de conducción



Fuente: Elaboración Propia

- Tramo A de la red de distribución

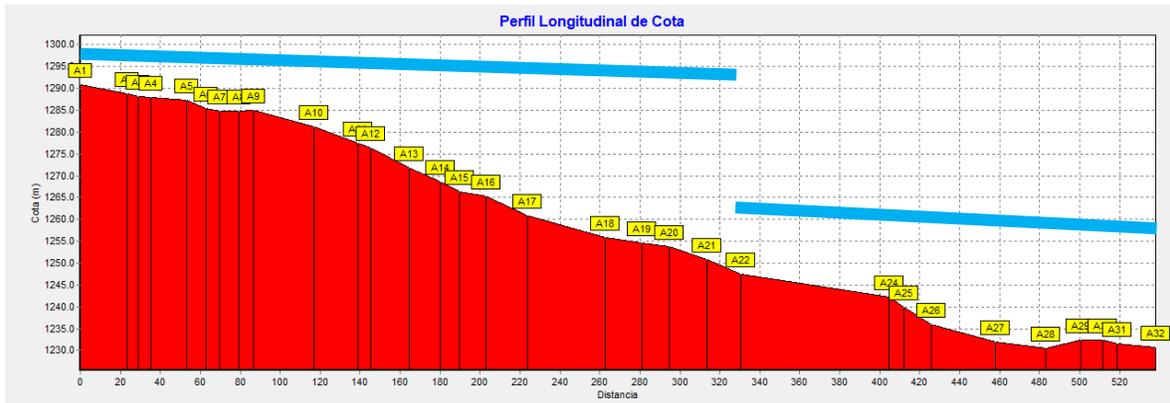
El tramo A de la red de distribución tiene una longitud de 594.785 m, fue diseñado con tubería PVC de 1 ½", la cual transporta un caudal que varía entre 0.07 l/s y 1.09 l/s, en el tramo se localizan 4 hogares. La velocidad de flujo varía entre 0.05 m/s y 0.7 m/s, con pérdidas de carga de 0.00007 m/m a 0.01245 m/m.

La velocidad de flujo cumple con la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 29) en la mayor parte del tramo, con un pequeño transecto cuya velocidad es inferior al mínimo de la norma que es de 0.6 m/s, en este segmento se instalara una válvula de limpieza (VLP).

Los resultados de velocidad de flujo, pérdida de carga, caudal de flujo y geometría de la tubería se presenta en el anexo 4.

La figura 9 muestra el terreno natural y el comportamiento de la línea piezométrica a lo largo de la tubería, donde se observa la caída de presión en el nodo A22 por la disipación de energía por efecto de la válvula reductora de presión (VRP), la cual limito la presión pasando de 46.62 m a 15 m. El terreno presento una pendiente negativa con superficie regular, siendo la cota más alta el nodo A1 y la cota más baja el nodo A32.

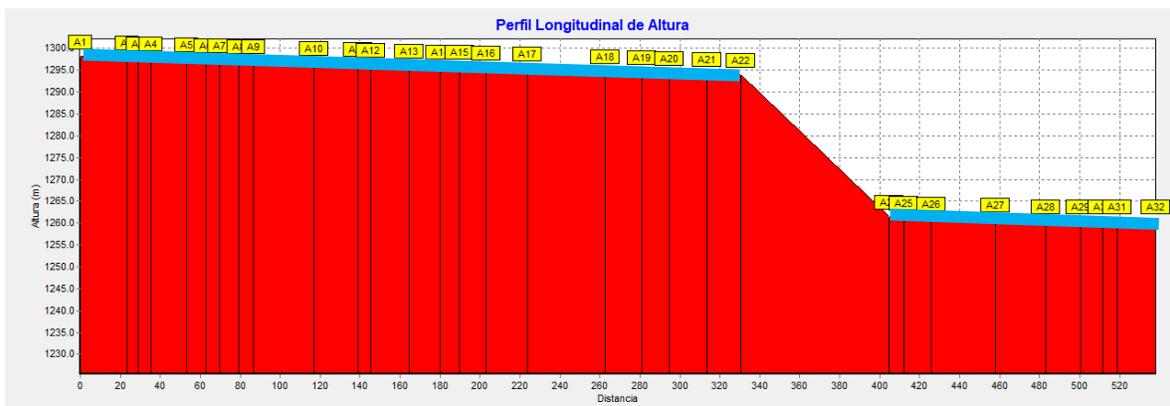
Figura 9 : Perfil longitudinal de perfil de terreno natural del tramo A



Fuente: Elaboración Propia

La figura 10 muestra la línea piezométrica con sus respectivas alturas y dos gradientes que corresponde a 0.00007 m/m y 0.01245 m/m, también se observa la pérdida de energía por efecto de la VRP en el nodo A22.

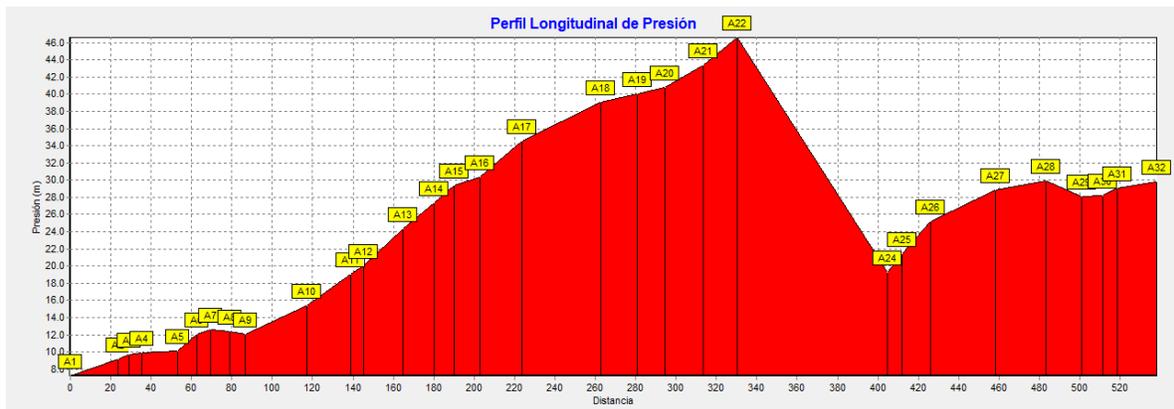
Figura 10: Perfil longitudinal de altura piezométrica del tramo A



Fuente: Elaboración Propia

La figura 11 muestra el perfil de distribución de presiones, donde la mayor presión se observa en el nodo A22 con 46.62 m, donde se instaló una VRP reduciendo la presión de 46.62 m a 15 m, siendo esta la mínima presión del tramo. A partir de la VRP las presiones se incrementaron hasta una máxima de 29.91 en el nodo A28. En el anexo 5 se presentan se presentan las cotas, alturas piezométricas y presiones calculadas en la simulación.

Figura 11: perfil longitudinal de presión del tramo A



Fuente: Elaboración Propia

- Tramo B de la red de distribución

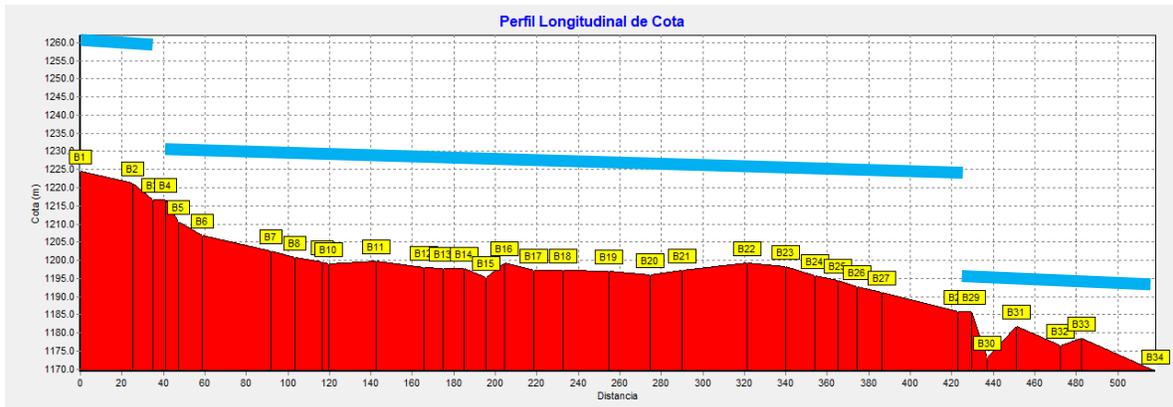
El tramo B de la red de distribución tiene una longitud de 603.236 m, fue diseñada con tubería PVC de 1 ½", la cual transporta un caudal que varía entre 0.93 l/s y 1.02 l/s en el tramo se localizan 5 viviendas. La velocidad de flujo varía entre 0.60 m/s y 0.66 m/s la cual cumple con la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 29), las pérdidas de carga fueron de 0.00928 m/m a 0.011 m/m.

También se diseñaron dos válvulas reductoras de presión (VRP) en los nodos B3 y B28, los resultados de velocidad de flujo, pérdida de carga, caudal de flujo y geometría de la tubería se presenta en el anexo 7.

La figura 12 muestra el terreno natural y el comportamiento de la línea piezométrica a lo largo de la tubería, donde se observa la caída de presión en el nodo B3 por la disipación de energía por efecto de la válvula reductora de presión VRP, la cual limita la presión pasando de 43.02 m a 14 m. además se instaló otra VRP en el nodo B28 con lo cual se redujo la presión de 40.60 m a 14 m.

El terreno presentó una pendiente negativa en dirección al flujo con superficie regular, con una cima del nodo B1 y un valle entre los nodos B8 y B22, finalizando con una pendiente negativa en dirección al flujo, seguida de un columpio en el nodo B30 y terminando en dos cimas en los nodos B31 y B33.

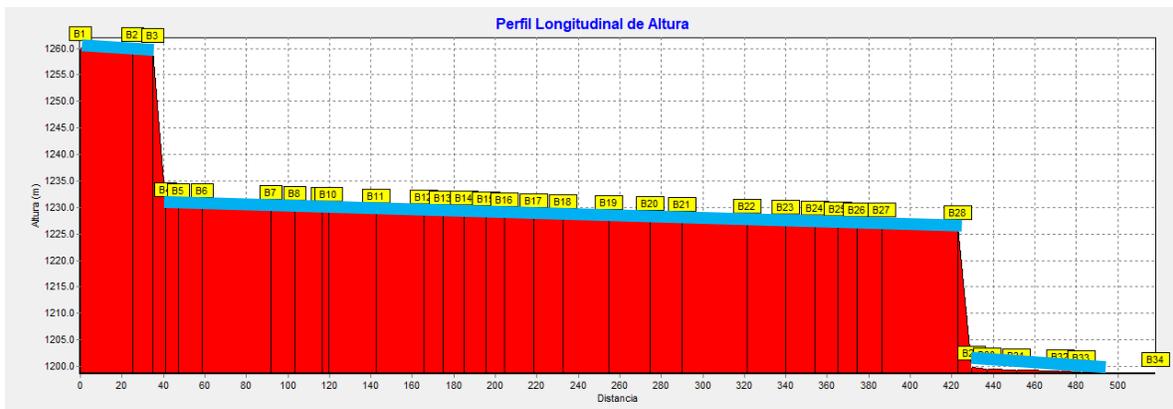
Figura 12: Perfil longitudinal de terreno natural del tramo B



Fuente: Elaboración Propia

La figura 13 muestra la línea piezométrica con sus respectivas alturas y tres gradientes que corresponden una a 0.00928 m/m y dos con 0.011 m/m, también se observa la pérdida de energía por efecto de la VRP en los nodos B3 y B28.

Figura 13: Perfil longitudinal de altura piezométrica del tramo B

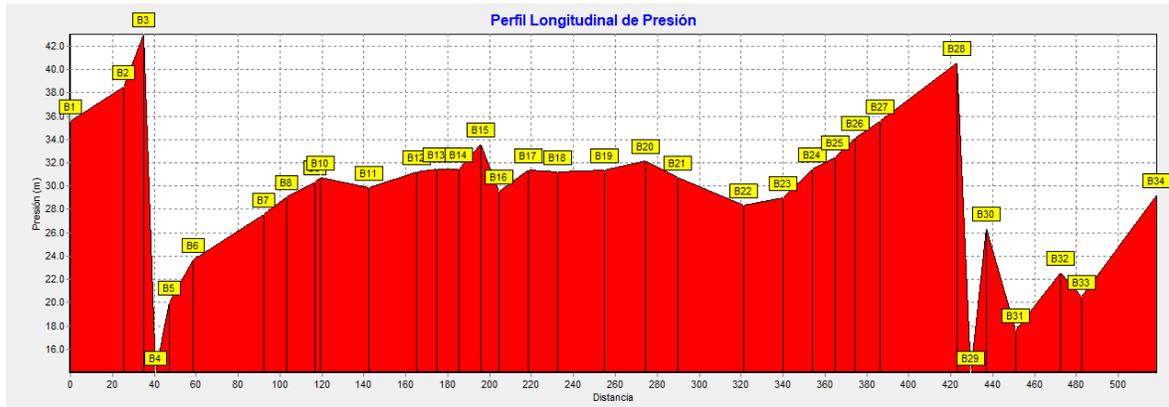


Fuente: Elaboración Propia

La figura 14 muestra el perfil de distribución de presiones, donde la mayor presión se observa en el nodo B3 con 43.02 m, donde se instaló una VRP reduciendo la presión de 43.02 m a 14 m, seguida de otra VRP en el nodo B28 que redujo la presión de 40.60 m a 14 m, siendo 14 m la mínima presión del tramo B.

A partir de la VRP del nodo B3 las presiones se incrementaron hasta una máxima de 40.60 m en el nodo B28, donde se colocó la otra VRP para reducir la presión hasta un mínimo de 14 m en el nodo B29. En el anexo 7 se presentan las cotas, alturas piezométricas y presiones calculadas en la simulación.

Figura 14: perfil longitudinal de presión del tramo B



Fuente: Elaboración Propia

- Tramo C de la red de distribución

El tramo C de la red de distribución de 671.997m fue diseñada con tubería PVC de 1 ½", la cual transporta un caudal que varía entre 0.78 l/s y 0.93 l/s, en el tramo se abastecen 8 viviendas, la velocidad de flujo varía entre 0.50 m/s y 0.60 m/s, con pérdidas de carga de 0.0067 m/m a 0.00928 m/m, la velocidad de flujo cumple en la mayor parte del tramo con lo establecido la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 29).

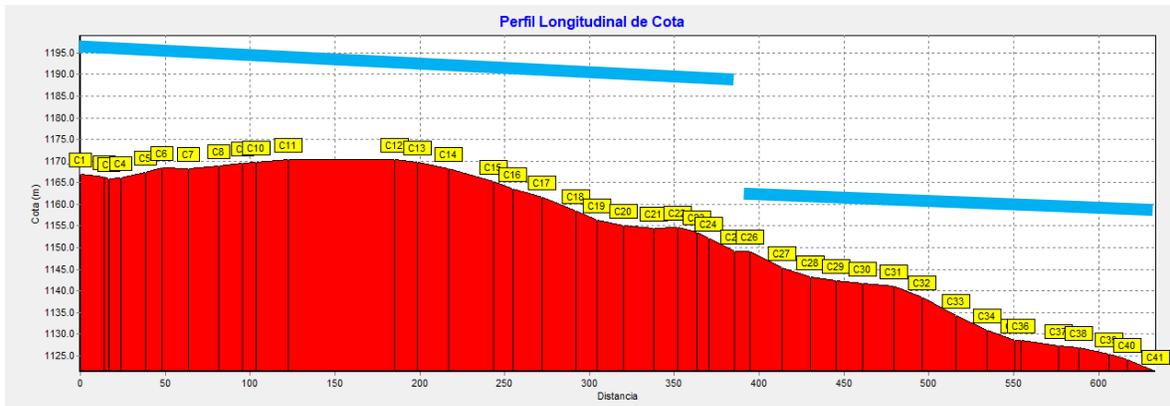
También se instalará una válvula reductora de presión (VRP) en el nodo C25, los resultados de velocidad de flujo, pérdida de carga, caudal de flujo y geometría de la tubería se presenta en el anexo 9.

La figura 15 muestra el terreno natural y el comportamiento de la línea piezométrica a lo largo de la tubería, donde se observa la caída de presión en el nodo C25 por la

disipación de energía por efecto de la válvula reductora de presión VRP, la cual limita la presión pasando de 45.47 m a 15 m.

El terreno presenta una pendiente negativa en dirección al flujo con superficie regular, con una cima en el nodo C12 disminuyendo gradualmente las cotas del terreno a partir del nodo antes mencionado hasta el nodo C41.

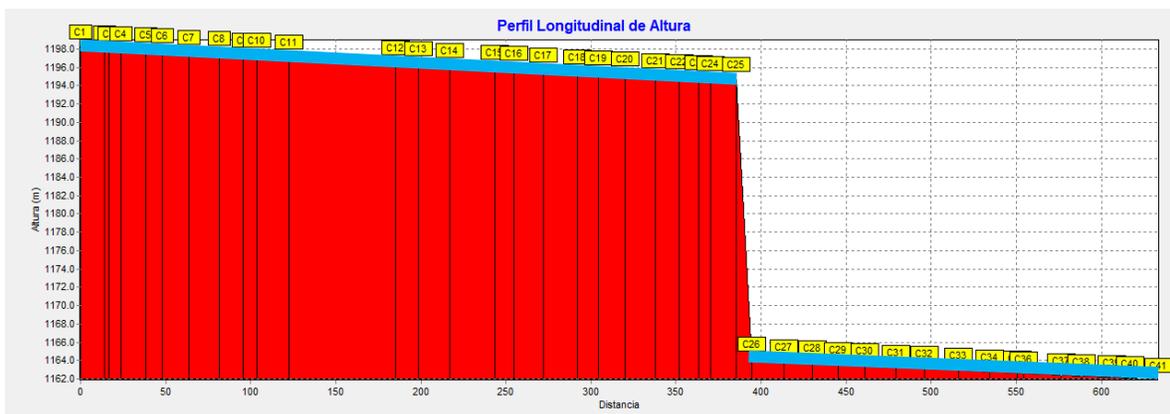
Figura 15 : Perfil longitudinal de terreno natural C



Fuente: Elaboración Propia

La figura 16 muestra la línea piezométrica con sus respectivas alturas y dos gradientes que corresponden una de 0.0067 m/m a 0.00928 m/m, también se observa la pérdida de energía por efecto de la VRP en el nodo C25.

Figura 16: Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil C

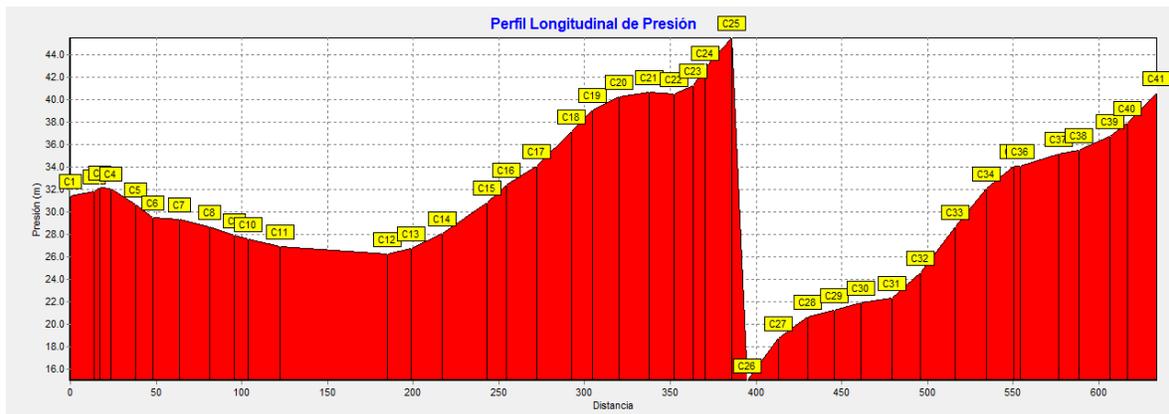


Fuente: Elaboración Propia

La figura 17 muestra el perfil de distribución de presiones, donde la mayor presión se observa en el nodo C25 con 45.47 m, donde se instaló una VRP reduciendo la presión de 45.47 m a 15 m, siendo 15 m la mínima presión del tramo C.

A partir de la VRP del nodo C25 las presiones se incrementaron hasta una máxima de 40.54 m en el nodo C41. En el anexo 10 se presentan las cotas, alturas piezométricas y presiones calculadas en la simulación.

Figura 17: perfil longitudinal de presión de grupo C



Fuente: Elaboración Propia

- Tramo D de la red de distribución

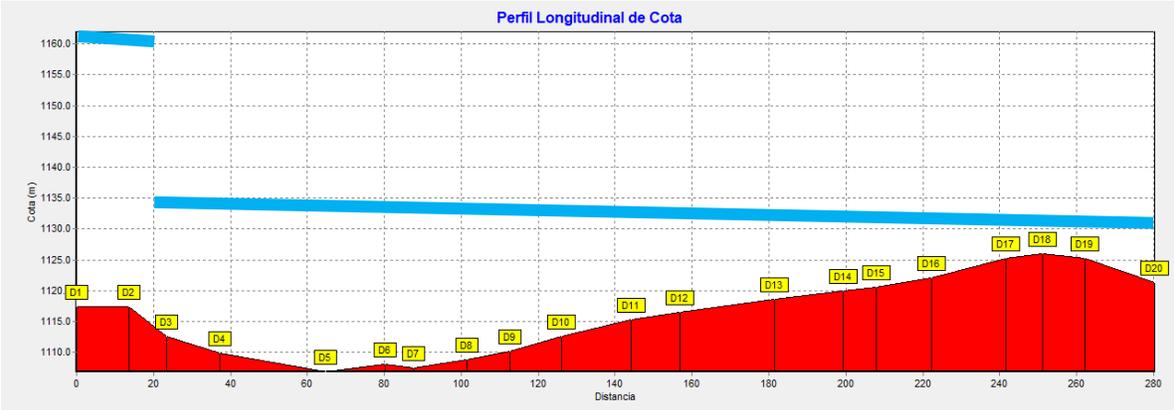
El tramo D de la red de distribución tiene una longitud de 301.259 m fue diseñada con tubería PVC de 1 1/2", la cual transporta un caudal que varía entre 0.62 l/s y 0.78 l/s, en el tramo se encuentran 9 viviendas. La velocidad de flujo varía entre 0.40 m/s y 0.50 m/s, con pérdidas de carga de 0.00438 m/m a 0.0067 m/m, las velocidades de flujo son menores a las recomendadas por la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 29). En estos tramos se instalarán válvulas de limpieza (VPL) para evitar la sedimentación en las tuberías.

También se instalará una válvula reductora de presión (VRP) en el nodo D1, los resultados velocidad de flujo, pérdida de carga, caudal de flujo y geometría de la tubería se presenta en el anexo 13.

La figura 18 muestra el terreno natural y el comportamiento de la línea piezométrica a lo largo de la tubería, donde se observa la caída de presión en el nodo D1 por la disipación de energía por efecto de la VRP, la cual limito la presión pasando de 44.37 m a 15 m.

El terreno presenta una pendiente negativa en dirección al flujo con superficie regular, seguida por un colapso en el nodo D5 y una cima en el nodo D18.

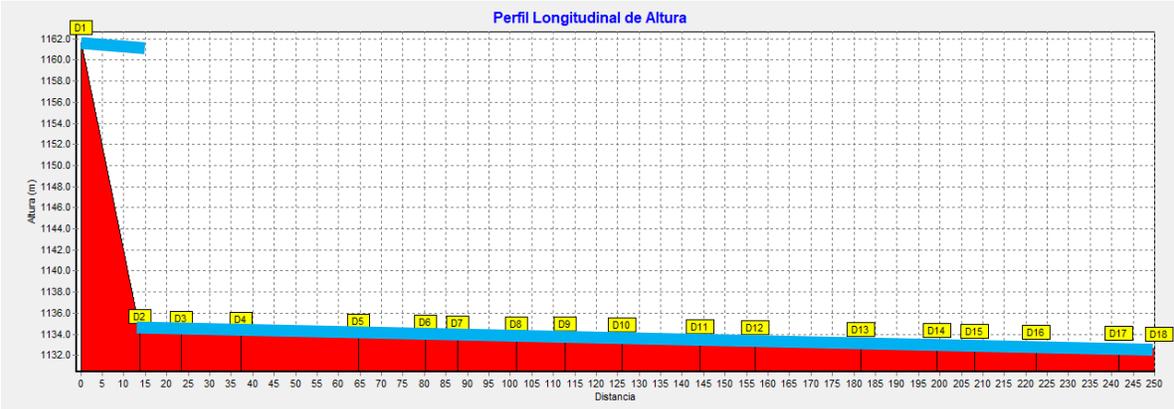
Figura 18: Perfil longitudinal de terreno natural del perfil D



Fuente: Elaboración Propia

La figura 19 muestra la línea piezométrica con sus respectivas alturas y dos gradientes que corresponden a 0.00438 m/m en el inicio del tramo y 0.0067 m/m al final del tramo. También se observa la pérdida de energía por efecto de la VRP en el nodo D1.

Figura 19: perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil D

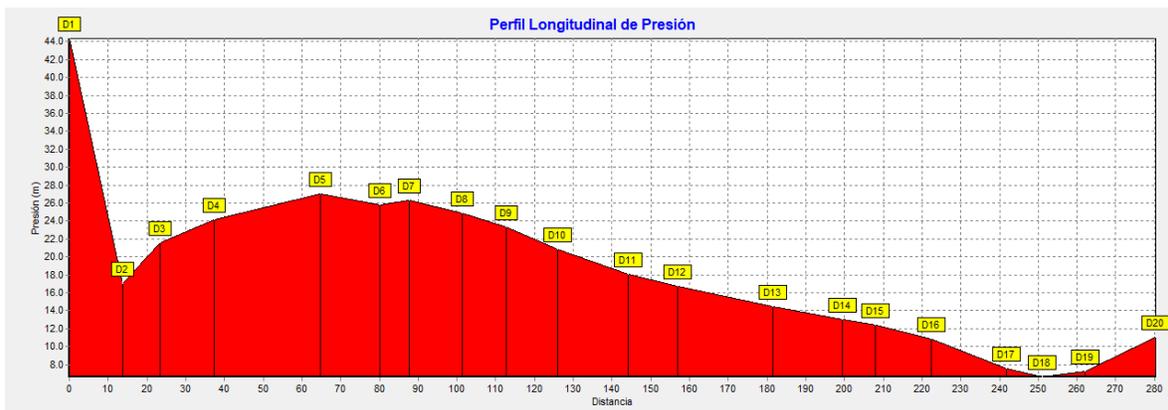


Fuente: Elaboración Propia

La figura 20 muestra el perfil de distribución de presiones, donde la mayor presión se observa en el nodo D1 con 44.37 m, donde se instaló una VRP reduciendo la presión de 44.37 m a 15 m, siendo 15 m la mínima presión del tramo D.

Después de la VRP nodo D1 y a partir del nodo D2 las presiones se incrementaron hasta una máxima de 26.03 m en el nodo D5, reduciéndose casi al final del tramo a 5.62 m en el nodo D18. En el anexo 12 se presentan las cotas, alturas piezométricas y presiones calculadas en la simulación.

Figura 20: perfil longitudinal de presión del grupo D



Fuente: Elaboración Propia

- Tramo E de la red de distribución

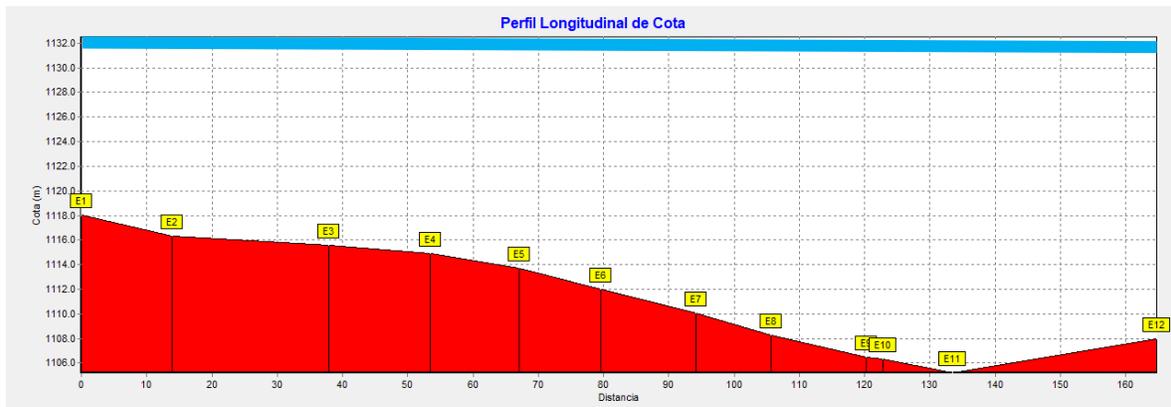
El tramo E de la red de distribución de 177.453 m fue diseñada con tubería PVC de 1 ½", el cual transporta un caudal que varía entre 0.51 l/s y 0.62 l/s, en este tramo se encuentran 6 viviendas, las velocidades de flujo varían entre 0.33 m/s y 0.44 m/s, con pérdidas de carga de 0.00304 m/m a 0.00439 m/m, las velocidades de flujo no cumplen con los parámetros establecidos por la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 29), por lo que se instalarán VLP en las cotas más bajas del tramo.

Las pérdidas de carga, caudal de flujo y geometría de la tubería se presenta en el anexo 13.

La figura 21 muestra el terreno natural y el comportamiento de la línea piezométrica a lo largo de la tubería.

El terreno presenta una pendiente negativa en dirección al flujo con superficie regular, seguida por un columpio en el nodo E11.

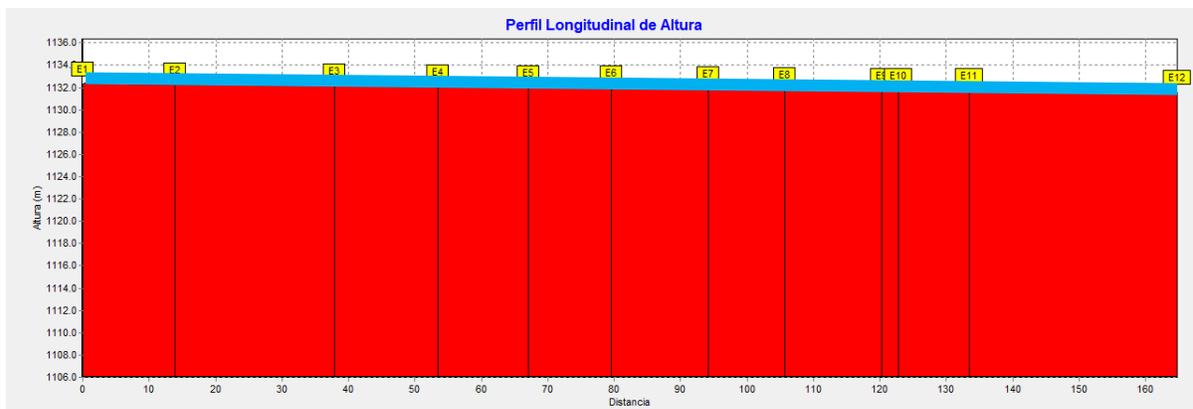
Figura 21: Perfil longitudinal de terreno natural del perfil E



Fuente: Elaboración Propia

La figura 22 muestra la línea piezométrica con sus respectivas alturas y dos gradientes que corresponden a 0.00439 m/m en el inicio del tramo y 0.00304 m/m al final del tramo.

Figura 22: Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil E

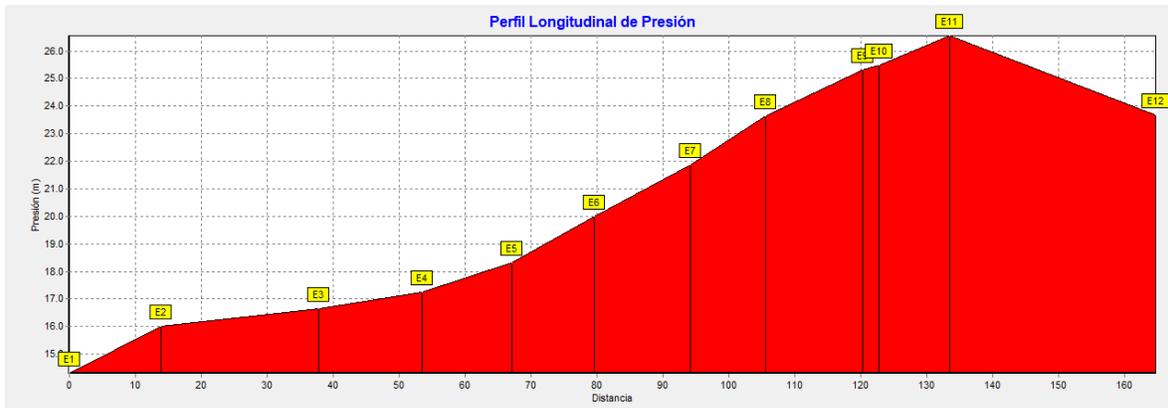


Fuente: Elaboración Propia

La figura 23 muestra el perfil de distribución de presiones, donde la mayor presión se observa en el nodo E11 con un valor de 26.56 m.

Las presiones mínimas tendrán un valor de 14.30 m en el nodo E1 y máxima de 26.56 m en el nodo E11. En el anexo 14 se presentan las cotas, alturas piezométricas y presiones calculadas en la simulación.

Figura 23: perfil longitudinal de presión del grupo E



Fuente: Elaboración Propia

- Tramo F de la red de distribución

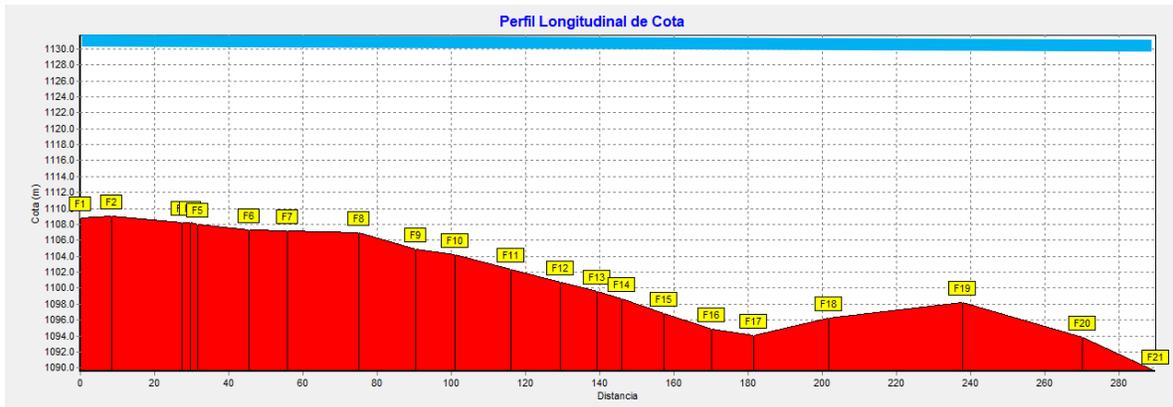
El tramo F de la red de distribución de 312.735 m fue diseñada con tubería PVC de 1 ½", la cual transporta un caudal que varía entre 0.15 l/s y 0.51 l/s. En el tramo se abastecen 20 viviendas. Las velocidades de flujo varían entre 0.1 m/s y 0.33 m/s, con pérdidas de carga de 0.00032 m/m a 0.00305 m/m, las velocidades de flujo en el tramo no cumple según la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 29), por lo que se instalaran VLP en las cotas más bajas del tramo.

Las pérdidas de carga, caudal, velocidad de flujo y geometría de la tubería se presenta en el anexo 15.

La figura 24 muestra el terreno natural y el comportamiento de la línea piezométrica a lo largo de la tubería.

El terreno presenta una pendiente negativa en dirección al flujo con superficie regular, presentándose un columpio en el nodo F17 y una cima en el nodo F19.

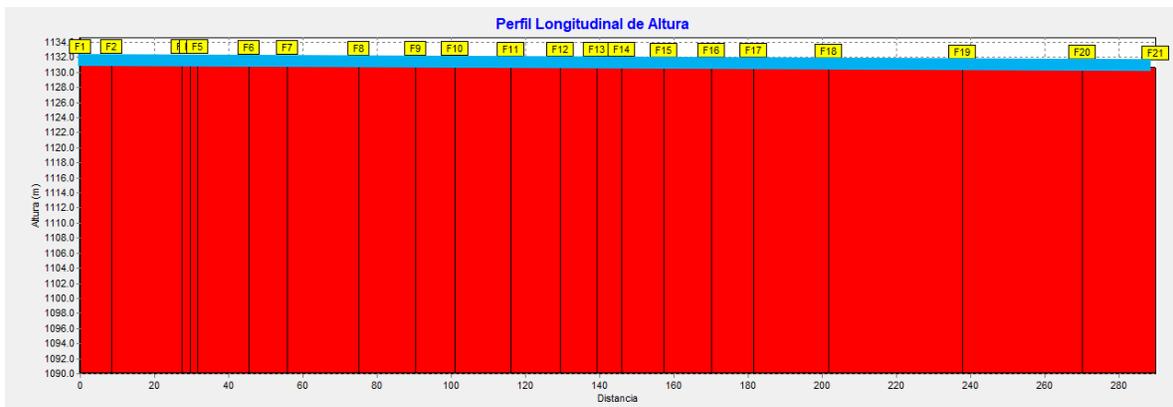
Figura 24: Perfil longitudinal de terreno natural del perfil F



Fuente: Elaboración Propia

La figura 25 muestra la línea piezométrica con sus respectivas alturas y dos gradientes que corresponden a 0.00032 m/m en el inicio del tramo y 0.00305 m/m al final del tramo.

Figura 25: Perfil longitudinal de altura piezométrica de perfil F



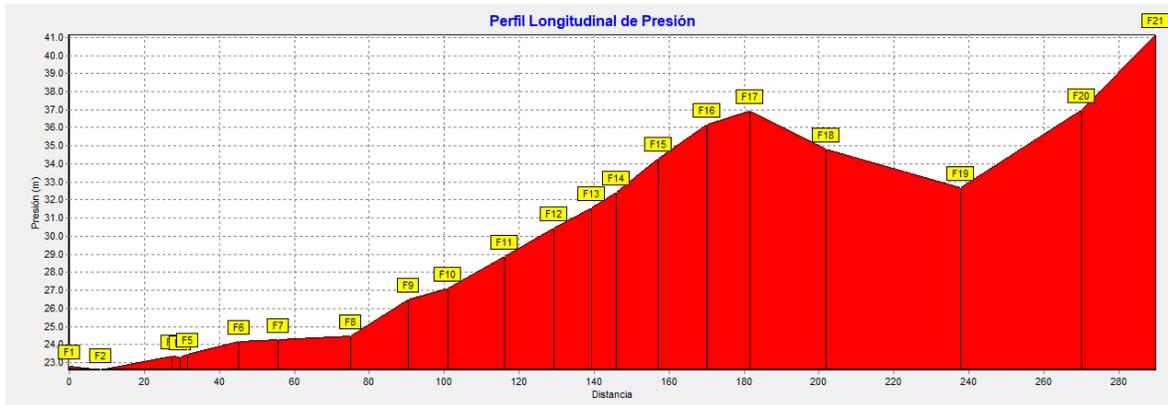
Fuente: Elaboración Propia

La figura 26 muestra el perfil de distribución de presiones, donde la mayor presión se observa en el nodo F21 con 39.14 m.

Las presiones mínimas y máximas se presentan en los nodos F2 con el valor de 20.60 m y el nodo F21 con valor de 39.14 m.

En el anexo 17 se presentan las cotas, alturas piezométricas y presiones calculadas en la simulación.

Figura 26: Perfil longitudinal de presión del grupo F



Fuente: Elaboración Propia

- Tramo G de la red de distribución

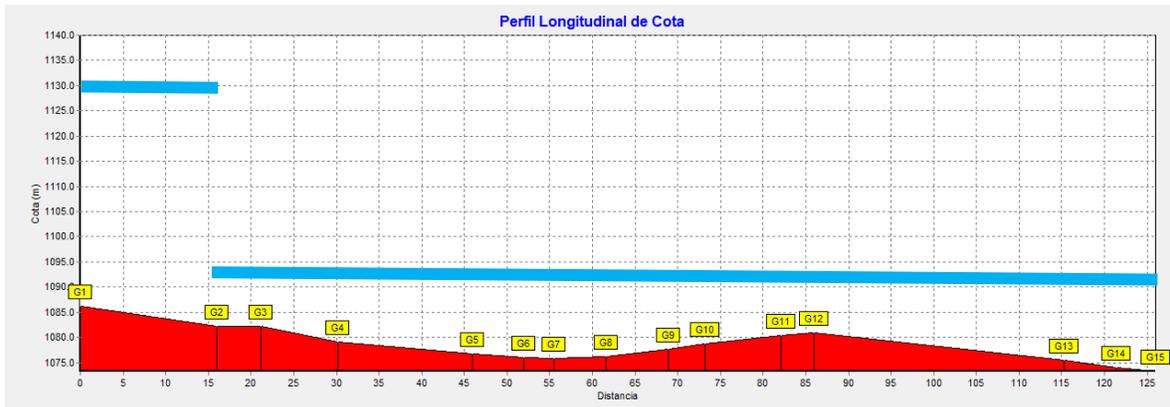
El tramo G de la red de distribución de 101.949 m fue diseñada con tubería PVC de 1 ½", la cual transporta un caudal que varía entre 0.08 l/s y 0.15 l/s. En el tramo se abastecen 8 viviendas. Las velocidades de flujo varían entre 0.05 m/s y 0.1 m/s, con pérdidas de carga de 0.00008 m/m a 0.0032 m/m, las velocidades de flujo en el tramo no cumple según la norma NTON 09 007-19 (MIFIC, 2019, pág. 29), por lo que se instalaran VLP en las cotas más bajas del tramo.

Las pérdidas de carga, caudal, velocidad de flujo y geometría de la tubería se presenta en el anexo 17.

La figura 27 muestra el terreno natural y el comportamiento de la línea piezométrica a lo largo de la tubería.

El terreno presenta una pendiente negativa en dirección al flujo con superficie regular, presentándose un columpio en el nodo G7 y una cima en el nodo G12.

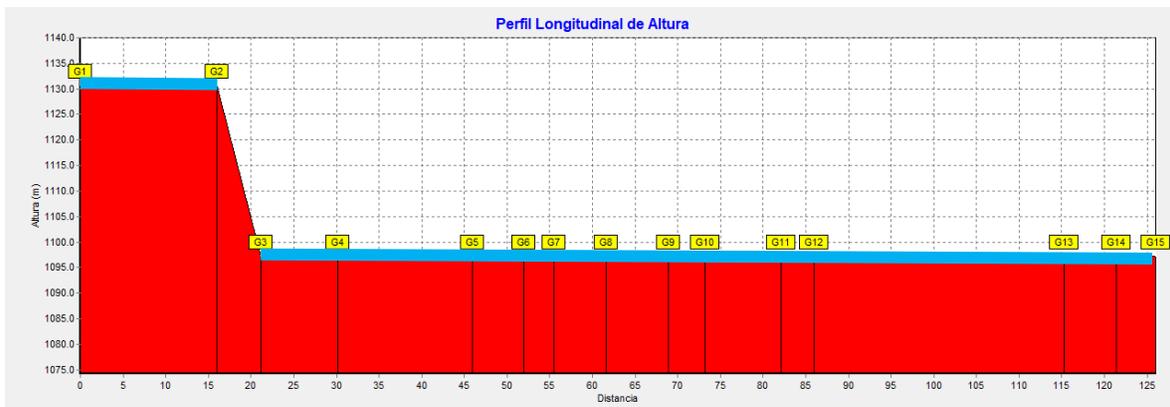
Figura 27: Perfil longitudinal de terreno natural del tramo G



Fuente: Elaboración Propia

La figura 28 muestra la línea piezométrica con sus respectivas alturas y dos gradientes que corresponden a 0.00008 m/m en el inicio del tramo y 0.0032 m/m al final del tramo.

Figura 28: Perfil longitudinal de altura piezométrica de tramo G



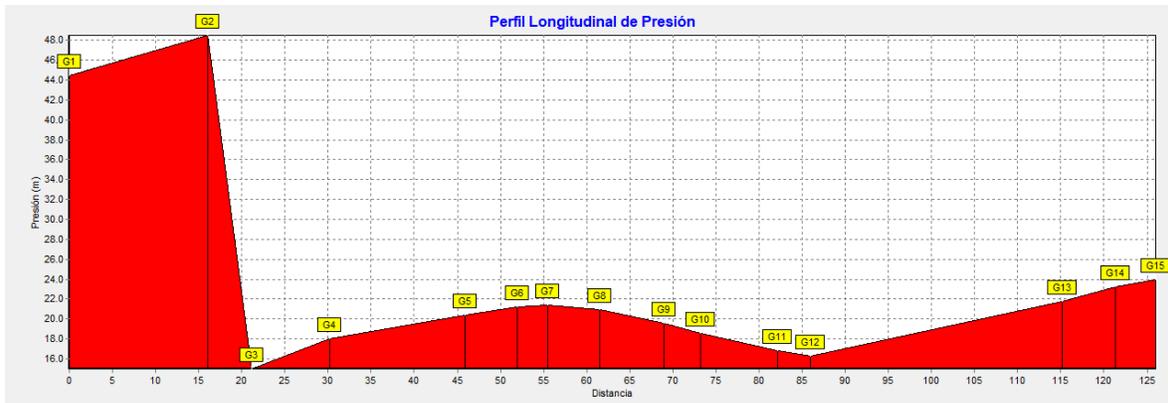
Fuente: Elaboración Propia

La figura 29 muestra el perfil de distribución de presiones, donde la mayor presión se observa en el nodo G1 con 42.42 m.

Las presiones mínimas y máximas se presentan en los nodos G3 con el valor de 15 m y el nodo G2 con valor de 46.48 m.

En el anexo 26 se presentan las cotas, alturas piezométricas y presiones calculadas en la simulación.

Figura 29: Perfil longitudinal de presión del tramo G



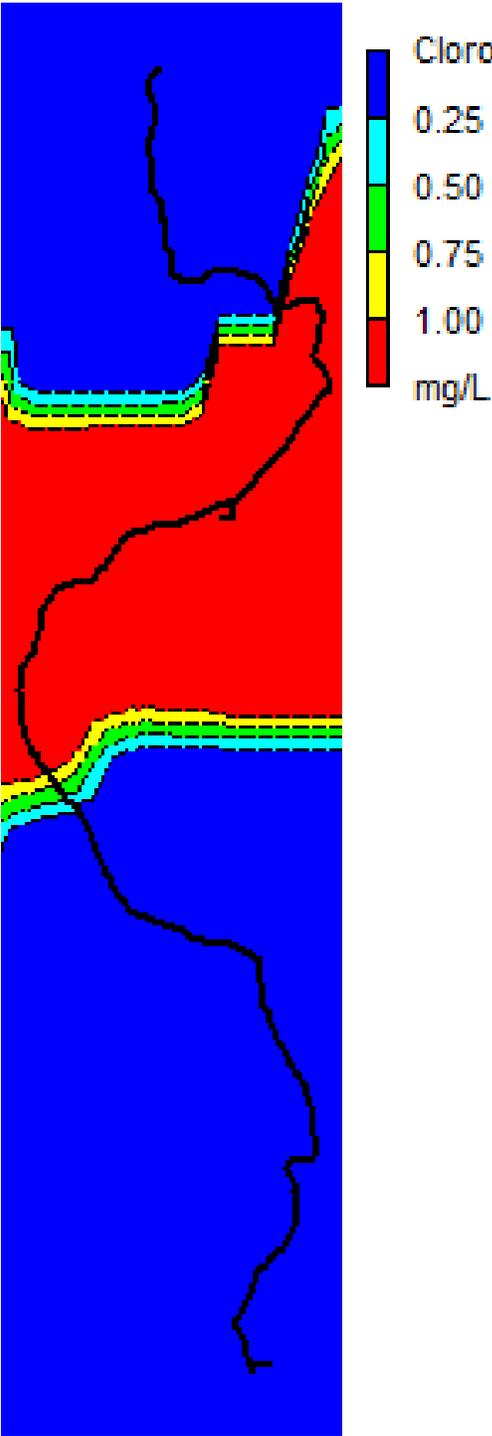
Fuente: Elaboración Propia

4.4.10. Simulación de cloro

La simulación de cloro se realizó considerando una dosis de 2.1 mg/l por 24 horas de consumo observándose en la ilustración en las primeras 6 horas la cobertura de cloro alcanzó aproximadamente el 50% de la red, a las 14 horas ilustración el cloro alcanzó la totalidad de la red con valores mínimos en el rango de 0.50 mg/l a 0.75 mg/l y máximos de 1 mg/l a 1.41 mg/l y a las 24 horas en la ilustración el cloro residual alcanzó rangos mínimos entre de 0.50 mg/l a 0.75 mg/l y un máximo de 0.75 mg/l a 0.97 mg/l.

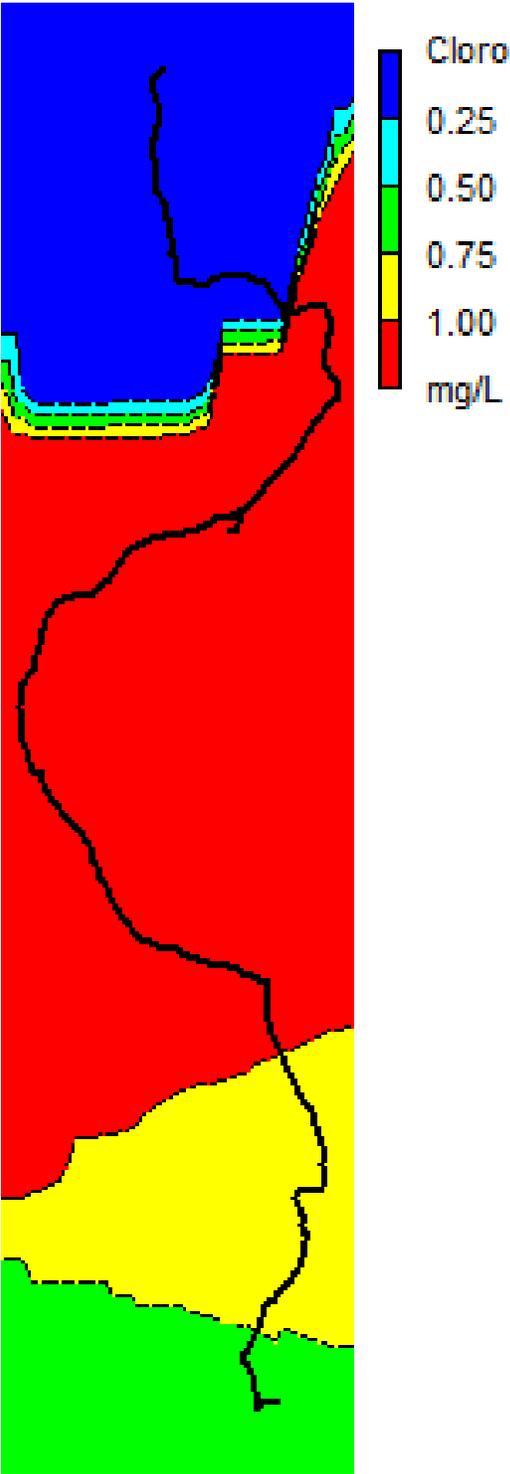
Como se observa los valores de cloro residual en todos los periodos analizados presenta valores entre 0.50 mg/l que cumple con lo establecido en la norma CAPRE (CAPRE, 1994, pág. 14).

Figura 30: Simulación cloro residual 6 horas



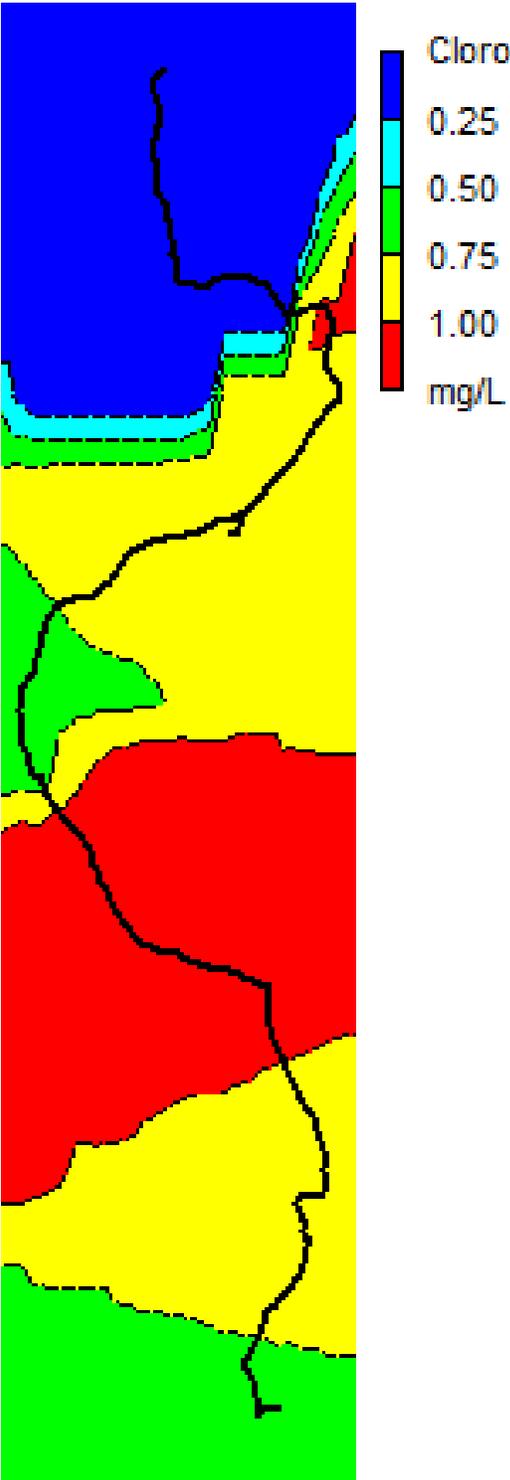
Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Simulación cloro residual 14 horas



Fuente: Elaboración propia

Figura 32: Simulación cloro residual 24 horas



Fuente: Elaboración propia

4.5. Estimación de Costo y presupuesto

El presupuesto se realizó utilizando la metodología del fondo nicaragüense de inversión social (FISE). La cual agrupa las actividades por etapas y sub etapas.

El alcance presupuestario se basó en los planos constructivos con los cuales se identificaron todas las actividades necesarias para el diseño del MAG.

Tabla 21: Resumen de costo del proyecto la tablazón

ETAPA	SUB ETAP A	CODIG O	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	U M	F. VEN TAS	COSTO /GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNIT A RIO	COSTO/TO T AL
						C\$	C\$	C\$
310			PRELIMINARES					C\$92,004.60
320			LINEA DE CONDUCCIÓN					C\$302,757.01
330			LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN					C\$771,723.32
335			TANQUE DE ALMACENAMIENT O					C\$378,804.32
340			FUENTE Y OBRAS DE TOMA					C\$500,000.00
350			CONEXIONES					C\$381,981.24
360			PLANTA DE PURIFICACIÓN					C\$790,000.00
370			LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA					C\$35,827.00
SUBTOTAL								
				C\$			3,255,770.49	
ADMINISTRACION 10%								
				C\$			325,577.05	
IMPUESTO ALCALDIA 1%								
				C\$			32,557.70	
IMPUESTO RENTA 2%								
				C\$			65,115.41	
UTILIDADES 10%								
				C\$			325,577.05	
TOTAL								
				C\$			4,004,597.70	

Fuente: Elaboración Propia

El costo total para la ejecución del MAG fue de 4,004,598.70 lo que equivale a una inversión precapita de 456 córdobas por habitante. El resumen del presupuesto por etapa se presenta en la tabla 20 y presupuesto detallado se presenta en el anexo 20

4.6. Conclusiones

- La población es predominantemente femenina con un 54% lo que puede explicarse por la migración que actualmente se presenta en el país, así mismo se observó que el 54 % de la población tiene ingresos iguales o menores al salario mínimo, además se observó que un 8 % de la población carece de algún tipo de educación formal, mientras que casi la mitad ha alcanzado el nivel de educación primario.
- La calidad de agua muestra valores de turbiedad y color verdadero superiores al mínimo permitido por la norma CAPRE, así mismo no se encontraron coliformes fecales, el resto de parámetros se presentan en los rangos que muestra en la norma. Además, se encontró que la fuente es capaz de abastecer al acueducto con un aforo observado de 3.21 l/s versus una demanda de 0.678 l/s.
- El terreno presenta un terreno irregular con elevaciones máximas de 1308.49 m y mínimas de 1073.274 m, presenta 3 columpios profundos y múltiples cimas.
- Es un sistema por gravedad con red abierta debido a la distribución de las viviendas las cuales se localizan en un eje longitudinal norte-sur con una longitud total 3.3 km, las presiones generadas por las cargas estáticas conllevaron al diseño de 3 válvulas reductora de presión, además debido a la magnitud de la demanda se utilizaron tuberías con diámetros mínimos de 1 1/2" y 2" así mismo se presentaron velocidades menores a las recomendadas por la norma en dos tramos al final de la red.
- El costo total para la ejecución del sistema C\$ 4,004,597.70 córdobas.

4.7. Recomendaciones

- Que se defina la tarifa considerando que la población tiene ingresos iguales o inferior al salario mínimo.
- Se recomienda realizar un sistema de tratamiento de filtración en múltiples etapas para mejorar la calidad del agua.
- Debido a las características del relieve se recomienda inspeccionar las estructuras y estabilidad de las diferentes obras que se construyan en la ejecución del acueducto, especialmente en el periodo lluvioso.
- Limpieza frecuente de las tuberías a través de las válvulas especialmente donde las velocidades son bajas. A demás, el mantenimiento al final de cada periodo lluvioso de las válvulas limitadoras de caudal y reductoras de presión, también se deben de hacer monitoreos mensuales de la cantidad de cloro residual, vigilar fugaz en los medidores y limpieza de todas las estructuras (Captación, cajas de válvulas, tanque de almacenamiento).
- El costo mínimo de referencia que se recomienda para establecer la tarifa será a partir de 40 córdobas.

V. Bibliografía

Bibliografía

- Aburto, I. A. (2012). *Manual de Presupuesto de Obras Municipales (INIFOM)*. Managua, Nicaragua.
- ANA. (1999). *Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua NTON 09 003-99*. Managua: ANA.
- CAPRE. (1994). *Normas de calidad del agua para consumo humano*. San José: CAPRE.
- CONAGUA. (2008). *Metodologías de evaluación socioeconómicas para proyectos de agua potable, alcantarillado, saneamiento y protección a centros de población*. (Vol. 1a.). (S. d. Naturales, Ed.) Mexico: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. www.conagua.gob.mx
- Eadic. (2 de abril de 2012). *eadic.com formación y consultoría*. eadic.com formación y consultoría: <https://www.eadic.com/cursodeepanet/>
- Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. (s.f.). *Catedra de Ingeniería Rural*.
- García Martín, A. (1994). *Topografía básica para ingenieros*. Murcia.
- M.Sc. Mario Basán Nickisch. (2008). *Curso de Aforradores de corriente de agua*. Curso de Aforradores de corriente de agua.: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_curso_aforadores_de_agua.pdf
- MIFIC. (2019). *Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007-19*. Managua: ANA.

OPS-COSUDE. (2005). *Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas*. Lima: OPS.

VI. ANEXOS

Anexo 1: Encuesta socio económica

I. DATOS GENERALES										
Departamento: _____						Municipio/GTI: _____				
Comunidad: _____						Sector: _____				
Coordenadas UTM (WGS84): X: _____						Y: _____				
Z: _____										
II. DATOS DE COMPOSICIÓN DE LA FAMILIA										
Nombres, Apellidos jefe/a de familia: _____										
Cédula del jefe/a de familia: _____										
<u>Miembros de la Familia</u> (iniciar con responsable o jefe/a del hogar). Número de teléfono: _____										
NOMBRES Y APELLIDOS	PARENTESCO	SEXO		EDAD	Nivel Académico APROBADO					OC
		M	F		N	P	S	T	U	

Número de niños y niñas de 0 a 18 años:	
---	--

1. ¿Existen en el hogar personas con capacidades diferentes? Sí _____ No _____

Hombres: _____ Edad: _____ Niños: _____
Edad _____

Mujeres: _____ Edad: _____ Niñas: _____ Edad _____

SITUACIÓN ECONÓMICA DE LA FAMILIA

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

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

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

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

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

CONDICIONES DE LA VIVIENDA

¿Qué material de construcción predomina en la vivienda?

7. Paredes: a) Bloque _____ b) Ladrillo _____ c) Madera _____
d) Otros _____

8. El piso: a) Madera _____ b) Tierra _____ c) Ladrillo _____ d) Otros _____

9. El techo: a) Zinc _____ b) Teja _____ d) Palma _____ e) Otros _____

10. ¿La vivienda cuenta con servicio de energía eléctrica? Sí _____ No _____

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

12. Tenencia de la vivienda:

- a) Propia ____ b) Alquilada _____ c) Prestada/En cuidado _____

ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CONSUMO

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

- a) Red pública dentro de la vivienda ____
- b) Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de propiedad ____
- c) Pozo público ____
- d) Pozo privado ____
- e) Fuente natural ____
- f) Cosecha de agua ____
- g) Otro ¿Cuál?: _____

14. Quien acarrea el agua

- a) Niños/as ____ b) Mujeres ____ c) Hombres ____ d) Todos ____

15. Tiempo a la fuente de agua (ida y vuelta): _____ minutos

16. ¿Dispone de suficiente agua para atender las necesidades del hogar? Sí ____
No ____

17. ¿Tiene menos disponibilidad de agua en el verano? Sí ____ No ____

18. ¿Cuánto es el gasto estimado mensual en pago por el agua que recibe del hogar?
C\$ _____

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

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

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

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

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

21. ¿Usa la letrina? a) Si _____ b) NO _____

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

23. ¿Dónde está instalada su opción de saneamiento?

a) Dentro de la vivienda _____ b) Fuera de la vivienda? _____

24. ¿Su opción de saneamiento es de uso exclusivo del hogar?

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

25. ¿Cuántas familias comparten la opción de saneamiento? _____

26. ¿Están satisfechos con la opción de saneamiento que utilizan actualmente? a) Si
_____ b) No _____ Por qué? _____

27. De no tener opción de saneamiento, ¿Estaría dispuesto/a apoyar la construcción de
estas?

a) Si _____ b) No _____

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

29. ¿Tiene instalación de Higiene?

Sí _____ No _____

¿Qué Tipo? _____

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

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

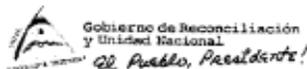
31. ¿Qué hacen con desecho solidos (basura del hogar)?

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

Nombre _____ y _____ Apellido _____ del
Encuestado _____ (Parentesco) _____

Nombre	y	Apellido	del
encuestador		(institución)	

Anexo 2: Resultados de análisis físico-químico metales pesados y bacteriológico



Interesado: Delegación Dptal. ENACAL Nueva Segovia
 Dirigir informe a: Ing. Norberto Fajardo
 Captó la muestra: Carmen Montoya, Antonio Maldonado / UMAS Dipilto
 Fecha captación: 21/09/2022

Departamento: Nueva Segovia
 Municipio : Dipilto
 Localidad: DIPILTO VIEJO
 Fecha elaboración informe: 12/10/2022

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO, METALES PESADOS Y BACTERIOLOGICO

PARAMETRO ANALIZADOS	Unidades de medida	Descripción de la muestra y punto de captación		Límite de detección
		Código de laboratorio	Número de informe	
		99	2022-099	
		NOMBRE DE LA FUENTE		
		Fuente La Tablazón		
ASPECTO	-	Transparente	Turbia	No aplicable
COLOR (Pt.Co)	(UC)	15	57.13 *	2.828 UC
TURBIDEZ DE CAMPO	UNT	5.0	-	-
TURBIDEZ LAB			9.13 *	0.292 NTU
SOLIDOS DISUELTOS mg/L	mg/L	No Especifica	47.70	No aplicable
TEMPERATURA °C de Campo	°C	18 - 32	-	-
TEMPERATURA DE LAB			25.00	No aplicable
pH de Campo	-	6.5 - 8.5	-	-
pH DE LAB			7.21	No aplicable
COND/ELECTRICA DE CAMPO	µS/cm	No Especifica	-	-
COND/ELECTRICA DE LAB			51.70	2.547 µS/cm
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L	No Especifica	28.87	5.202 mg/L
DUREZA TOTAL	mg/L	400	31.40	No determinado
INDICE DE SATURACION	-	-0.1 - +0.5	-1.95	No aplicable
SODIO (Na)	mg/L	200	5.53	0.593 mg/L
CALCIO (Ca)	mg/L	100	2.36	No determinado
MAGNESIO (Mg)	mg/L	50	6.20	No determinado
POTASIO (K)	mg/L	10	0.69	0.540 mg/L
HIERRO TOTAL (Fe 2+)	mg/L	0.3	0.34 *	0.074 mg/L
BICARBONATOS (HCO3)	mg/L	No Especifica	35.20	No determinado
CARBONATOS (CO3)	mg/L	No Especifica	0.00	No determinado
HIDROXILO (OH)	mg/L	No Normado	0.00	No determinado
CLORUROS (Cl)	mg/L	250	5.90	4.410 mg/L
SULFATOS (SO4)	mg/L	250	8.80	1.295 mg/L
NITRATOS (NO3)	mg/L	50	0.23	0.618 mg/L
NITRITOS (NO2)	mg/L	0.1	0.02	0.009 mg/L
FLUOR (F)	mg/L	0.7 - 1.5	0.50	(0.081) mg/L
% Balance iónico	%	±10	-3.20	-
RESULTADO DE ANALISIS DE ARSÉNICO PRESUNTIVO REALIZADO CON ARSENATOR				
Arsénico (As)	µg/L	10	0.00	No aplicable
RESULTADO DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS				
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0.0	6.00 *	No aplicable

* Análisis de SODIO y POTASIO fueron realizados en Laboratorio central de Managua.

SIMBOLOGIA

UNT = Unidades Nefelométrica de Turbidez.
 UC = Unidades de Color.
 ND= No Detectado
 UFC = Unidades Formadoras de Colonias
 LDM = Límite de Detección del Método

Elaborado por: _____
 Ing. Róger Solís Montoya
 Responsable de Laboratorio Regional Esteli

Anexo 3: Tubería en línea de conducción

LINEA DE CONDUCCIÓN						
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería Lp1	10.36	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp2	4.99	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp3	9.288	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp4	8.57	55.7	150	0.68	0.28	1.72
Tubería Lp5	1.08	55.7	150	0.68	0.28	1.79
Tubería Lp6	4.341	55.7	150	0.68	0.28	1.71
Tubería Lp7	6.131	55.7	150	0.68	0.28	1.75
Tubería Lp8	5.242	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp9	8.556	55.7	150	0.68	0.28	1.72
Tubería Lp10	8.004	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp11	14.58	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp12	7.486	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp13	16.06	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp14	7.645	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp15	13.73	55.7	150	0.68	0.28	1.72
Tubería Lp16	7.62	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp17	19.68	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp18	13.58	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp19	8.102	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp20	8.803	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp21	7.378	55.7	150	0.68	0.28	1.71
Tubería Lp22	7.268	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp23	2.4	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp24	2.408	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp25	5.234	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp26	4.416	55.7	150	0.68	0.28	1.72
Tubería Lp27	5.469	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp28	7.819	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp29	6.271	55.7	150	0.68	0.28	1.71
Tubería Lp30	3.873	55.7	150	0.68	0.28	1.77
Tubería Lp31	7.106	55.7	150	0.68	0.28	1.72
Tubería Lp32	16.05	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp33	3.91	55.7	150	0.68	0.28	1.71
Tubería Lp34	6.631	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp35	7.453	55.7	150	0.68	0.28	1.74

Tubería Lp36	5.135	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp37	3.943	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp38	2.135	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp39	7.388	55.7	150	0.68	0.28	1.71
Tubería Lp40	5.33	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp41	10.03	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp42	6.284	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp43	3.776	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp44	16.25	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp45	14.47	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp46	7.093	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp47	4.57	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp48	6.145	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp49	10.81	55.7	150	0.68	0.28	1.72
Tubería Lp50	16.41	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp51	8.225	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp52	2.958	55.7	150	0.68	0.28	1.71
Tubería Lp53	6.932	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp54	6.097	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp55	10.85	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp56	8.422	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp57	11.91	55.7	150	0.68	0.28	1.72
Tubería Lp58	13.5	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp59	16.16	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp60	11.45	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp61	13.36	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp62	10.96	55.7	150	0.68	0.28	1.72
Tubería Lp63	8.24	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp64	8.557	55.7	150	0.68	0.28	1.74
Tubería Lp65	4.001	55.7	150	0.68	0.28	1.71
Tubería Lp66	9.703	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp67	6.446	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp68	13.92	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp69	22.55	55.7	150	0.68	0.28	1.73
Tubería Lp70	17.88	55.7	150	0.68	0.28	1.73
TOTAL	609.424					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4 : Cota, altura y presión en la línea de conducción

ID Nudo	Cota m	Altura m	Presión M
Conexión Ln2	1303.216	1308.47	5.26
Conexión Ln3	1302.617	1308.46	5.85
Conexión Ln4	1302.66	1308.45	5.79
Conexión Ln5	1302.781	1308.43	5.65
Conexión Ln6	1302.719	1308.43	5.71
Conexión Ln7	1302.346	1308.42	6.08
Conexión Ln8	1302.183	1308.41	6.23
Conexión Ln9	1302.06	1308.4	6.34
Conexión Ln10	1301.85	1308.39	6.54
Conexión Ln11	1302.546	1308.37	5.83
Conexión Ln12	1302.198	1308.35	6.15
Conexión Ln13	1302.223	1308.34	6.11
Conexión Ln14	1300.352	1308.31	7.96
Conexión Ln15	1300.706	1308.3	7.59
Conexión Ln16	1300.574	1308.27	7.7
Conexión Ln17	1301.308	1308.26	6.95
Conexión Ln18	1300.427	1308.22	7.8
Conexión Ln19	1296.467	1308.2	11.73
Conexión Ln20	1293.766	1308.19	14.42
Conexión Ln21	1291.332	1308.17	16.84
Conexión Ln22	1290.018	1308.16	18.14
Conexión Ln23	1288.718	1308.15	19.43
Conexión Ln24	1287.905	1308.14	20.24
Conexión Ln25	1287.194	1308.14	20.94
Conexión Ln26	1284.67	1308.13	23.46
Conexión Ln27	1282.102	1308.12	26.02
Conexión Ln28	1279.091	1308.11	29.02
Conexión Ln29	1277.87	1308.1	30.23
Conexión Ln30	1281.34	1308.09	26.75
Conexión Ln31	1282.354	1308.08	25.73
Conexión Ln32	1284.155	1308.07	23.91
Conexión Ln33	1288.898	1308.04	19.14
Conexión Ln34	1288.775	1308.03	19.26
Conexión Ln35	1287.227	1308.02	20.8
Conexión Ln36	1285.303	1308.01	22.71
Conexión Ln37	1283.734	1308	24.27
Conexión Ln38	1282.072	1307.99	25.92

Conexión Ln39	1281.267	1307.99	26.72
Conexión Ln40	1277.727	1307.98	30.25
Conexión Ln41	1274.86	1307.97	33.11
Conexión Ln42	1269.549	1307.95	38.4
Conexión Ln43	1266.324	1307.94	41.62
Conexión Ln44	1264.387	1307.93	43.55
Conexión Ln45	1263.76	1307.91	44.15
Conexión Ln46	1271.536	1307.88	36.34
Conexión Ln47	1271.819	1307.87	36.05
Conexión Ln48	1271.832	1307.86	36.03
Conexión Ln49	1272.491	1307.85	35.36
Conexión Ln50	1274.308	1307.83	33.52
Conexión Ln51	1278.739	1307.8	29.06
Conexión Ln52	1281.557	1307.79	26.23
Conexión Ln53	1282.617	1307.78	25.17
Conexión Ln54	1285.247	1307.77	22.52
Conexión Ln55	1287.614	1307.76	20.15
Conexión Ln56	1289.836	1307.74	17.91
Conexión Ln57	1291.403	1307.73	16.32
Conexión Ln58	1293.204	1307.71	14.5
Conexión Ln59	1294.432	1307.68	13.25
Conexión Ln60	1294.993	1307.66	12.66
Conexión Ln61	1295.377	1307.64	12.26
Conexión Ln62	1295.664	1307.61	11.95
Conexión Ln63	1297.878	1307.59	9.72
Conexión Ln64	1298.651	1307.58	8.93
Conexión Ln65	1298.858	1307.56	8.71
Conexión Ln66	1298.84	1307.56	8.72
Conexión Ln67	1301.371	1307.54	6.17
Conexión Ln68	1298.479	1307.53	9.05
Conexión Ln69	1298.805	1307.51	8.7
Conexión Ln70	1298.554	1307.47	8.91
Conexión Ln71	1300.923	1307.44	6.51
Conexión Ln72	1300.204	1307.41	7.21

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5:Tubería en la red de distribución tramo A

RED DE DISTRIBUCIÓN A						
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería Ap1	54.509	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap2	22.859	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap3	5.398	44.5	150	1.09	0.7	12.43
Tubería Ap4	6.396	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap5	17.89	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap6	9.802	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap7	6.939	44.5	150	1.09	0.7	12.46
Tubería Ap8	9.421	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap9	7.769	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap10	30.3	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap11	22.07	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap12	6.752	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap13	19.91	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap14	15.63	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap15	10.16	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap16	13.07	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap17	21.32	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap18	39.19	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap19	18.33	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap20	13.57	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap21	19.19	44.5	150	1.09	0.7	12.46
Tubería Ap22	17.19	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap23	74.42	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap24	7.813	44.5	150	1.09	0.7	12.44
Tubería Ap25	14.54	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap26	32.33	44.5	150	1.09	0.7	12.45
Tubería Ap27	24.29	44.5	150	1.09	0.7	12.44
Tubería Ap28	16.04	44.5	150	0.07	0.05	0.08
Tubería Ap29	10.55	44.5	150	0.07	0.05	0.07
Tubería Ap30	7.417	44.5	150	0.07	0.05	0.08
Tubería Ap31	19.72	44.5	150	0.07	0.05	0.08
TOTAL	594.785					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6:Cota,altura y presión en la red de distribución tramo A

ID Nudo	Cota m	Altura m	Presión m
Conexión A1	1290.96	1298.17	7.21
Conexión A2	1288.75	1297.89	9.14
Conexión A3	1288.182	1297.82	9.64
Conexión A4	1287.863	1297.74	9.88
Conexión A5	1287.357	1297.52	10.16
Conexión A6	1285.319	1297.4	12.08
Conexión A7	1284.745	1297.31	12.56
Conexión A8	1284.819	1297.19	12.37
Conexión A9	1285.089	1297.09	12.01
Conexión A10	1281.3	1296.72	15.42
Conexión A11	1277.368	1296.44	19.07
Conexión A12	1276.31	1296.36	20.05
Conexión A13	1271.831	1296.11	24.28
Conexión A14	1268.618	1295.92	27.3
Conexión A15	1266.415	1295.79	29.37
Conexión A16	1265.314	1295.63	30.31
Conexión A17	1260.832	1295.36	34.53
Conexión A18	1255.808	1294.87	39.07
Conexión A19	1254.612	1294.65	40.03
Conexión A20	1253.686	1294.48	40.79
Conexión A21	1250.879	1294.24	43.36
Conexión A22	1247.405	1294.02	46.62
Conexión A24	1242.189	1261.48	19.29
Conexión A25	1239.989	1261.38	21.39
Conexión A26	1236.01	1261.2	25.19
Conexión A27	1231.921	1260.8	28.88
Conexión A28	1230.585	1260.5	29.91

Conexión A29	1232.346	1260.49	28.15
Conexión A30	1232.33	1260.49	28.16
Conexión A31	1231.466	1260.49	29.03
Conexión A32	1230.633	1260.49	29.86

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Tubería en la red de distribución tramo B

RED DE DISTRIBUCIÓN B						
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería Bp1	32.37	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp2	25.59	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp3	10.5	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp4	13.88	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp5	12.03	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp6	33.68	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp7	11.15	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp8	13.69	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp9	2.849	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp10	22.89	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp11	23.08	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp12	9.266	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp13	10.52	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp14	10.71	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp15	9.731	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp16	13.98	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp17	14.19	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp18	22.01	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp19	20.01	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp20	15.34	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp21	31.51	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp22	18.74	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp23	14.23	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp24	11.12	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp25	9.65	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp26	11.96	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp27	37.15	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp28	18.77	44.5	150	1.02	0.66	11.01

Tubería Bp29	16.41	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp30	21.73	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp31	10.48	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp32	36.9	44.5	150	1.02	0.66	11.01
Tubería Bp33	37.12	44.5	150	0.93	0.6	9.28
TOTAL	603.236					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8:Cota,altura y presión en la red de distribución tramo B

RED DE DISTRIBUCIÓN B				
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión B1	1224.608	0	1260.14	35.53
Conexión B2	1221.327	0	1259.86	38.53
Conexión B3	1216.718	0	1259.74	43.02
Conexión B4	1216.718	0	1230.72	14
Conexión B5	1210.518	0	1230.57	20.05
Conexión B6	1206.73	0	1230.43	23.7
Conexión B7	1202.467	0	1230.06	27.59
Conexión B8	1200.853	0	1229.94	29.09
Conexión B9	1199.452	0	1229.79	30.34
Conexión B10	1199.051	0	1229.76	30.71
Conexión B11	1199.67	0	1229.51	29.84
Conexión B12	1198.043	0	1229.25	31.21
Conexión B13	1197.69	0	1229.15	31.46
Conexión B14	1197.606	0	1229.03	31.43
Conexión B15	1195.302	0	1228.92	33.61
Conexión B16	1199.247	0	1228.81	29.56
Conexión B17	1197.265	0	1228.65	31.39
Conexión B18	1197.325	0	1228.5	31.17
Conexión B19	1196.912	0	1228.26	31.34
Conexión B20	1195.851	0	1228.04	32.18
Conexión B21	1197.108	0	1227.87	30.76
Conexión B22	1199.177	0	1227.52	28.34
Conexión B23	1198.303	0	1227.31	29.01
Conexión B24	1195.678	0	1227.16	31.48
Conexión B25	1194.544	0	1227.03	32.49
Conexión B26	1192.78	0	1226.93	34.15
Conexión B27	1191.23	0	1226.8	35.57
Conexión B28	1185.787	0	1226.39	40.6

Conexión B29	1185.787	0	1199.79	14
Conexión B30	1173.241	0	1199.58	26.34
Conexión B31	1181.743	0	1199.4	17.66
Conexión B32	1176.565	0	1199.16	22.6
Conexión B33	1178.526	0	1199.05	20.52
Conexión B34	1169.391	0.09	1198.64	29.25

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Tubería en la red de distribución tramo C

RED DE DISTRIBUCIÓN B						
C ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería Cp1	13.99	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp2	2.947	44.5	150	0.93	0.6	9.27
Tubería Cp3	6.869	44.5	150	0.93	0.6	9.27
Tubería Cp4	14.38	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp5	10.28	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp6	15.5	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp7	17.64	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp8	14.37	44.5	150	0.93	0.6	9.27
Tubería Cp9	7.929	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp10	18.88	44.5	150	0.93	0.6	9.27
Tubería Cp11	62.68	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp12	13.58	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp13	18.39	44.5	150	0.93	0.6	9.27
Tubería Cp14	26.26	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp15	11.58	44.5	150	0.93	0.6	9.27
Tubería Cp16	17.47	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp17	20.38	44.5	150	0.93	0.6	9.27
Tubería Cp18	12.41	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp19	15.78	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp20	17.81	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp21	14.27	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp22	11.15	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp23	7.083	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp24	15.74	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp25	27.89	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp26	17.27	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp27	15.18	44.5	150	0.93	0.6	9.28

Tubería Cp28	15.62	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp29	18.06	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp30	16.86	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp31	20.83	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp32	18.55	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp33	16.15	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp34	3.839	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp35	22.16	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp36	11.83	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp37	18.04	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp38	10.57	44.5	150	0.93	0.6	9.29
Tubería Cp39	17.2	44.5	150	0.93	0.6	9.28
Tubería Cp40	34.58	44.5	150	0.78	0.5	6.7
TOTAL	671.997					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Cota, altura y presión en la red de distribución tramo C

RED DE DISTRIBUCIÓN				
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión C1	1166.923	0	1198.29	31.37
Conexión C2	1166.311	0	1198.16	31.85
Conexión C3	1165.994	0	1198.14	32.14
Conexión C4	1166.041	0	1198.07	32.03
Conexión C5	1167.327	0	1197.94	30.61
Conexión C6	1168.371	0	1197.85	29.47
Conexión C7	1168.348	0	1197.7	29.35
Conexión C8	1168.908	0	1197.54	28.63
Conexión C9	1169.512	0	1197.4	27.89
Conexión C10	1169.778	0	1197.33	27.55
Conexión C11	1170.274	0	1197.16	26.88
Conexión C12	1170.312	0	1196.57	26.26
Conexión C13	1169.721	0	1196.45	26.73
Conexión C14	1168.207	0	1196.28	28.07
Conexión C15	1165.221	0	1196.03	30.81
Conexión C16	1163.534	0	1195.93	32.39
Conexión C17	1161.728	0	1195.76	34.04
Conexión C18	1158.451	0	1195.58	37.12
Conexión C19	1156.412	0	1195.46	39.05
Conexión C20	1155.074	0	1195.31	40.24

Conexión C21	1154.47	0	1195.15	40.68
Conexión C22	1154.578	0	1195.02	40.44
Conexión C23	1153.704	0	1194.91	41.21
Conexión C24	1152.027	0	1194.85	42.82
Conexión C25	1149.229	0	1194.7	45.47
Conexión C26	1149.229	0	1164.23	15
Conexión C27	1145.234	0	1163.97	18.74
Conexión C28	1143.146	0	1163.81	20.66
Conexión C29	1142.461	0	1163.67	21.21
Conexión C30	1141.629	0	1163.52	21.89
Conexión C31	1141.05	0	1163.36	22.31
Conexión C32	1138.632	0	1163.2	24.57
Conexión C33	1134.371	0	1163.01	28.64
Conexión C34	1130.808	0	1162.83	32.03
Conexión C35	1128.619	0	1162.68	34.07
Conexión C36	1128.617	0	1162.65	34.03
Conexión C37	1127.328	0	1162.44	35.12
Conexión C38	1126.826	0	1162.33	35.51
Conexión C39	1125.469	0	1162.17	36.7
Conexión C40	1124.131	0	1162.07	37.94
Conexión C41	1121.365	0.15	1161.91	40.54

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Tubería en la red de distribución tramo D

D ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería Dp1	23.88	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp2	14.05	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp3	27.69	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp4	15.45	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp5	7.532	44.5	150	0.78	0.5	6.69
Tubería Dp6	13.75	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp7	11.42	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp8	13.52	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp9	18.42	44.5	150	0.78	0.5	6.69
Tubería Dp10	12.76	44.5	150	0.78	0.5	6.7

Tubería Dp11	24.67	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp12	17.96	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp13	8.604	44.5	150	0.78	0.5	6.69
Tubería Dp14	14.44	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp15	19.55	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp16	9.513	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp17	11.04	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp18	18.59	44.5	150	0.78	0.5	6.7
Tubería Dp19	18.42	44.5	150	0.62	0.4	4.38
TOTAL	301.259					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12: cota, altura y presión en la red de distribución tramo D

	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPS	m	m
Conexión D1	1117.335	0	1161.68	44.34
Conexión D2	1117.335	0	1133.34	16
Conexión D3	1112.6	0	1133.18	20.58
Conexión D4	1109.922	0	1133.08	23.16
Conexión D5	1106.864	0	1132.9	26.03
Conexión D6	1108.024	0	1132.79	24.77
Conexión D7	1107.462	0	1132.74	25.28
Conexión D8	1108.816	0	1132.65	23.83
Conexión D9	1110.245	0	1132.57	22.33
Conexión D10	1112.645	0	1132.48	19.84
Conexión D11	1115.305	0	1132.36	17.05
Conexión D12	1116.541	0	1132.27	15.73
Conexión D13	1118.643	0	1132.11	13.47
Conexión D14	1119.961	0	1131.99	12.03
Conexión D15	1120.514	0	1131.93	11.42
Conexión D16	1122.035	0	1131.83	9.8
Conexión D17	1125.177	0	1131.7	6.53

Conexión D18	1126.017	0	1131.64	5.62
Conexión D19	1125.276	0	1131.57	6.29
Conexión D20	1121.367	0.16	1131.44	10.07

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Tubería en la red de distribución tramo E

E ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería Ep1	13.95	44.5	150	0.62	0.4	4.37
Tubería Ep2	24.02	44.5	150	0.62	0.4	4.38
Tubería Ep3	15.71	44.5	150	0.62	0.4	4.38
Tubería Ep4	13.7	44.5	150	0.62	0.4	4.38
Tubería Ep5	12.54	44.5	150	0.62	0.4	4.38
Tubería Ep6	14.7	44.5	150	0.62	0.4	4.37
Tubería Ep7	11.62	44.5	150	0.62	0.4	4.38
Tubería Ep8	14.69	44.5	150	0.62	0.4	4.38
Tubería Ep9	2.613	44.5	150	0.62	0.4	4.39
Tubería Ep10	10.62	44.5	150	0.62	0.4	4.38
Tubería Ep11	31.41	44.5	150	0.62	0.4	4.38
Tubería Ep12	11.88	44.5	150	0.51	0.33	3.04
TOTAL	177.453					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: cota, altura y presión en la red de distribución tramo E

E ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión E1	1118.058	0	1132.36	14.3
Conexión E2	1116.287	0	1132.3	16.01
Conexión E3	1115.543	0	1132.19	16.65
Conexión E4	1114.89	0	1132.13	17.24
Conexión E5	1113.733	0	1132.07	18.33
Conexión E6	1112.031	0	1132.01	19.98
Conexión E7	1110.078	0	1131.95	21.87
Conexión E8	1108.237	0	1131.9	23.66
Conexión E9	1106.508	0	1131.83	25.32
Conexión E10	1106.337	0	1131.82	25.48
Conexión E11	1105.216	0	1131.77	26.56
Conexión E12	1107.961	0.11	1131.64	23.67
Conexión F21	1089.569	0.36	1130.71	41.1

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15 : Tubería en la red de distribución tramo F

f ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería Fp1	8.377	44.5	150	0.51	0.33	3.06
Tubería Fp2	19.1	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp3	2.189	44.5	150	0.51	0.33	3.06
Tubería Fp4	1.997	44.5	150	0.51	0.33	3.06
Tubería Fp5	13.74	44.5	150	0.51	0.33	3.05

Tubería Fp6	10.41	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp7	19.3	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp8	15.53	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp9	10.56	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp10	15.26	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp11	13.26	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp12	10.11	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp13	6.662	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp14	11.41	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp15	13.19	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp16	11.29	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp17	20.35	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp18	36.18	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp19	32.51	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp20	20.19	44.5	150	0.51	0.33	3.05
Tubería Fp21	21.12	44.5	150	0.15	0.1	0.32
TOTAL	312.735					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16 : Cota, altura y presión en la red de distribución tramo F

f ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión F1	1108.812	0	1131.6	22.79
Conexión F2	1108.978	0	1131.57	22.6
Conexión F3	1108.178	0	1131.52	23.34
Conexión F4	1108.208	0	1131.51	23.3
Conexión F5	1108.032	0	1131.5	23.47
Conexión F6	1107.312	0	1131.46	24.15
Conexión F7	1107.154	0	1131.43	24.27
Conexión F8	1106.9	0	1131.37	24.47
Conexión F9	1104.831	0	1131.32	26.49
Conexión F10	1104.198	0	1131.29	27.09
Conexión F11	1102.375	0	1131.24	28.87
Conexión F12	1100.768	0	1131.2	30.44
Conexión F13	1099.611	0	1131.17	31.56
Conexión F14	1098.707	0	1131.15	32.45
Conexión F15	1096.836	0	1131.12	34.28
Conexión F16	1094.895	0	1131.08	36.18
Conexión F17	1094.095	0	1131.04	36.95
Conexión F18	1096.197	0	1130.98	34.78
Conexión F19	1098.184	0	1130.87	32.69
Conexión F20	1093.786	0	1130.77	36.99

Fuente: Elaboración propia

Anexo 17 : Tubería en la red de distribución tramo G

	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
ID Línea	m	mm		LPS	m/s	m/km
Tubería Gp1	16.85	44.5	150	0.15	0.1	0.32
Tubería Gp2	14.39	44.5	150	0.15	0.1	0.32
Tubería Gp3	15.89	44.5	150	0.15	0.1	0.31
Tubería Gp4	6.109	44.5	150	0.15	0.1	0.32
Tubería Gp5	3.126	44.5	150	0.15	0.1	0.31
Tubería Gp6	6.317	44.5	150	0.08	0.05	0.09
Tubería Gp7	7.498	44.5	150	0.08	0.05	0.09
Tubería Gp8	4.406	44.5	150	0.08	0.05	0.08
Tubería Gp9	9.051	44.5	150	0.08	0.05	0.08
Tubería Gp10	3.888	44.5	150	0.08	0.05	0.1
Tubería Gp11	3.516	44.5	150	0.08	0.05	0.08
Tubería Gp12	6.244	44.5	150	0.08	0.05	0.1
Tubería Gp13	4.664	44.5	150	0.08	0.05	0.08
TOTAL	101.949					

Fuente: Elaboración propia

Anexo: Cota, altura y presión en la red de distribución tramo F

	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
ID Nudo	m	LPS	m	m

Conexión G1	1086.28	0	1128.7	42.42
Conexión G2	1082.222	0	1128.7	46.48
Conexión G3	1082.222	0	1097.22	15
Conexión G4	1079.171	0	1097.22	18.05
Conexión G5	1076.812	0	1097.21	20.4
Conexión G6	1075.956	0	1097.21	21.25
Conexión G7	1075.803	0	1097.21	21.41
Conexión G8	1076.236	0	1097.21	20.97
Conexión G9	1077.627	0	1097.21	19.58
Conexión G10	1078.676	0	1097.21	18.53
Conexión G11	1080.38	0	1097.21	16.83
Conexión G12	1080.887	0.075	1097.21	16.32
Conexión G13	1075.469	0	1097.21	21.74
Conexión G14	1074.003	0	1097.21	23.21
Conexión G15	1073.274	0.075	1097.21	23.93

Fuente: Elaboración propia

Anexo 18: Juego de planos



Planos topográficos

- 1/16 planta general
- 2/16 línea conducción
- 3/16 Red tramo 1
- 4/16 Red tramo 2
- 5/16 Red tramo 3
- 6/16 Red tramo 4
- 7/16 Diseño planta general
- 8/16 diseño perfil línea conducción
- 9/16 Perfil diseño tramo 1
- 10/16 perfil diseño tramo 2
- 11/16 perfil diseño tramo 2
- 12/16 perfil diseño tramo 3
- 13/16 Planta FIME/ vista Isométrico
- 14/16 Detalles fuente C
- 15/16 Detalles de válvulas
- 16/16 Detalles conexión domiciliar y T

Anexo 19: Presupuesto

ETAPA	SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTAS	COSTO/GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITA RIO	COSTO/TOTAL
						C\$	C\$	C\$
			PRELIMINARES					
	31001		LIMPIEZA INICIAL					
		92224	LIMPIEZA MANUAL INICIAL	M2	3507	22.025	70.623	77312.30
310	31002		TRAZO Y NIVELACIÓN					
		93599	TRAZO DE EJE DE TUBERIA DE AGUA POTABLE (INCLUYE ESTACAS DE MADERA) (NO INCLUYE EQUIPO DE TOPOGRAFIA)	ML	906.46	16.1569	46.723	14692.31
320			LINEA DE CONDUCCIÓN					
	32001		EXCAVACION PARA TUBERIA					
		92227	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	M3	181.292	116.292		21082.81

ETAPA	SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTAS	COSTO/GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
		92227	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	m3	181.292	116.292		21082.81
	32011		RELLENO Y COMPACTACION					
		92226	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	M3	97.44	104.3456		10167.44
	32013		INSTALACION DE TUBERIA					
			INSTALACION DE TUBERIA DE PVC Diám. =2 " (SDR-26),(NO INCL.EXC.) (SOLO MANO DE	ML	42.25	609.424		25748.16
	32023		PRUEBAS HIDROSTATICAS					
		96	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA Diam= MENORES DE 2 PULG PARA PROY. A. P	C/U	2	227.7268	4800	5255.45
	32014		TUBERIA DE 2"					

ETAPA	SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTAS	COSTO/GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
		96165	TUBERIA DE PVC Diám. =2" (SDR-26) (ASTM D2241) (JUNTA CEMENTADA) (NO INCL. EXCAVACIÓN)	ML	110	245.4465	25000	51999.12
	32025		VÁLVULAS Y ACCESORIOS					
		94311	VALVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diám. =½"+ ABRAZADERA DE HIERRO GALVANIZADO+UNION DE BRONCE	C/U	3	4,762.36	2500	16787.07
			CAJA DE VÁLVULA Y BORDILLOS	c/u	6	2,350.00	1200	15300.00
		95934	VALVULA DE LIMPIEZA DE HIERRO FUNDIDO Diám. =1/2"	C/U	2	1,162.76	1800	4125.53
			VALVULA REGULADORA (o LIMITADORA) DE CAUDAL DE HIERRO FUNDIDO Diám. =2"	C/U	1	70,202.22	1800	72002.22

ETAPA	SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTAS	COSTO/GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
		93598	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO C/ANCLAJE P/ACCESORIOS DE TUBOS (USANDO MADERA DE PINO)	C/U	150	535.2614		80289.21
330			LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN					
	33001	92227	EXCAVACION PARA TUBERIA					
			EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	m3	2211.2	116.292		257144.87
	33009		RELLENO Y COMPACTACIÓN					
		92226	RELLENO Y COMPACTACIÓN MANUAL DE 0.80 DE ANCHO * 1 m PROFUNDO	m3	443	104.3456		46225.10
	33014		TUBERIA DE 1 ½" DE DIÁMETRO					

ETAPA	SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTAS	COSTO/GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
		96166	TUBERIA DE PVC Diam= 1 1/2 " (SDR-26) CON JUNTA CEMENTADA (NO INCLUYE EXCAVACION)	ML	461	181.6422	25800	109537.05
	33021		INSTALACION DE TUBERIA					
		96489	INSTALACION DE TUBERIA DE PVC Diám. =1½" (SDR-26), (NO INCL.EXC.)(SOLO MANO DE	ml	2763.414	32.1911		88957.34
	33022		PRUEBAS HIDROSTÁTICAS					
		96930	PRUEBAS HIDROSTÁTICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA DE DIAM= MENORES <=2", L Hasta 300 m PARA PROYECTO DE A. P	C/U	10	227.7268	7000	9277.27
	33023		VÁLVULAS Y ACCESORIOS					

ETAPA	SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTAS	COSTO/GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
		94311	VALVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diám. =1/2"+ ABRAZADERA DE HIERRO GALVANIZADO+UNION DE BRONCE	C/U	6	4,762.36	5206	33780.15
		95934	VALVULA DE LIMPIEZA DE HIERRO FUNDIDO Diám. =1/2"	C/U	4	1,162.76	2052	6703.05
		96203	VALVULA REGULADORA DE PRESION DE HIERRO FUNDIDO Diám. =1 1/2"	C/U	3	65,202.22	1600	197206.65
		96998	CODO LISO DE PVC Diám. =1 1/4", 45° (SCH 40) (ASTM D2466) JUNTA CEMENTADA	C/U	18	81.45	1600	3066.12
		96992	CODO LISO DE PVC Diám. =1 1/4", 90° (SCH 40) (ASTM D2466) JUNTA CEMENTADA	C/U	5	85.95	1600	2029.76
			YEE DE PVC LISA DE 1 1/2"	C/U	1	118.96	300	418.96
			caja de válvulas y bordillos	c/u	6	2,350.00	1200	15300.00
		93514	TAPON HEMBRA LISO DE PVC Diám. =1 1/2" (SCH 40) (ASTM D2466) JUNTA CEMENTADA	C/U	30	50.2666	569	2077.00

ETAPA	SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTAS	COSTO/GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
335			TANQUE DE ALMACENAMIENTO					
	33501		MOVIMIENTO DE TIERRA PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO					
		93951	TRAZO Y NIVELACION	M2	22	104.5385	300	2599.85
			EXCAVACION MANUAL CON PROFUNDIDAD DE 1m	M3	36	72.13	150	2746.68
		95268	MEZCLA MANUAL DE SUELO-CEMENTO PROPORCION 1:10 (C:S) (1 DE CEMENTO y 10 DE SUELO)	M3	8	1496.9491	3300	15275.59
			ACARREO DE MAT. SELEC.	KM	40	175.68		7027.20
			FUNDACIONES					

ETAPA	SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTAS	COSTO/GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
			LOZA DE CONCRETO DE 5M X 4M X 0.20M	M3	4	47752.6		191010.40
		94390	BOTAR MAT. SOBRANTE DE EXC. A 100 M (MANUAL)	M3	24	129.9475		3118.74
	33511	94374	TANQUE DE PLASTICO Cap.=10,000 LITROS PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA (NO INCLUYE ACCESORIOS)	C/U	1	83111.34	35000	118111.34
335	33508		CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES					
		92066	CERCO (A) DE POSTES DE MADERA (Azadirachta, conocido como nim o neem) RÚSTICA, Diam.=4", Alt.=2.20m @2.50m CON 7 HILADAS DE ALAMBRE DE PÚAS Cal.#13½	M	80	276.083	3479	25565.64

ETAPA	SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTAS	COSTO/GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
		93714	PUERTA DE LÁMINA DE ACERO Cal. 24 DE 8 TABLEROS (INCL.CERRADURA Y HALADERA)	C/U	1	6,148.88	7200	13348.88
340			FUENTE Y OBRAS DE TOMA					
	34001		OBRAS DE CAPTACIÓN	C/U	1	500,000.00	50000	
350			CONEXIONES					
	35001		CONEXIONES DOMICILIARIAS					
		97351	CONEXION DOMICILIAR DE 1½"x½"+TUBO DE PVC Diám. =½" PARA AGUA POTABLE L=12m(NO INCL.MEDIDOR,NI VÁL)(NO INCL.EX)	C/U	60	968.6606	3691.29	61810.93

ETAPA	SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTAS	COSTO/GUIA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
			ABRAZADERA DE 1½" A ½"	C/U	60	237	3100	17320.00
		92728	MEDIDOR DE AGUA POTABLE Diam=1/2" CON 2 ADAPTADORES (NO INC. CAJA) DOMICILIAR	C/U	60	1428.4	2241.99	87945.99
		96204	CAJA TRONCO-CONICA DE PLASTICO 0.2 m x 0.36 m. Alt=0.14 m. PARA PROTEGER MEDIDOR DE AGUA POTABLE	C/U	60	2,160	10538.52	140138.52
		95934	VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE Diám. =½"	C/U	60	1,162.76	5000	74765.80
360			PLANTA DE PURIFICACIÓN					
	36013		FILTRACIÓN GRUESA DINAMICA	GLB	2	115,000.00		230000.00

	36014		FILTRACIÓN GRUESA ASCEDENTE EN CAPA	GLB	2	140,000.00		280000.00
	36015		FILTRACIÓN LENTA	GLB	2	140,000.00		280000.00
370			LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA					
	37001		LIMPIEZA FINAL					
		92224	LIMPIEZA MANUAL FINAL	350 7	3350	22.025		73783.75
310			ROTULO					
	31005	4277	ROTULO TIPO FISE DE 1.22 m x 2.44 m (ESTRUCTURA METALICA & ZINC LISO) CON BASE DE CONCRETO REF.	C/U	1	15,500		15500.00
SUBTOTAL				C\$				3,255,770.49

ADMINISTRACION 10%				C\$		325,577.05
IMPUESTO ALCALDIA 1%				C\$		32,557.70
IMPUESTO RENTA 2%				C\$		65,115.41
UTILIDADES 10%				C\$		325,577.05
TOTAL				C\$		4,004,597.70

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 20: VISITA A LA CAPTACION LA TABALAZON

FIGURA 33 CAPTACIÓN Y CALIDAD DE AGUA



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 34 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE MAG



Fuente: Elaboración propia