



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

Diseño de un Mini Acueducto por Gravedad (MAG), en la Comunidad El Barro, Municipio de Quilalí, Departamento de Nueva Segovia

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Bryan José Gutiérrez Chavarría

Br. Pablo Arcadio Aguilar Padilla

Tutor:

M.Sc. Ing. José Ángel Baltodano

Asesor:

Ing. Juan Leonardo Chow

Managua, agosto 2020.

Agradecimiento

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

Gracias a nuestros padres y madres por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

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

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

Br. Bryan José Gutiérrez Chavarría

Br. Pablo Arcadio Aguilar Padilla

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios por ser el inspirador y darnos la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados de nuestras vidas.

A nuestros padres y madres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes que nos han inculcado muy buenos valores hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que hoy somos.

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

Br. Bryan José Gutiérrez Chavarría

Br. Pablo Arcadio Aguilar Padilla

Resumen ejecutivo

El presente trabajo monográfico contiene el diseño de un mini acueducto por gravedad (MAG), para abastecer una población de 416 habitantes de la comunidad “El Barro”, del municipio de Quilalí, departamento de Nueva Segovia.

Para realizar el diseño del MAG se obtuvo información secundaria de la Alcaldía Municipal de Quilalí, así como información primaria del levantamiento de 81 encuestas socioeconómicas aplicadas a la población de la comunidad. Para el diseño hidráulico se utilizó la norma rural del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA). La población y vida útil fue proyectada a 20 años, con lo cual se espera atender a una población futura de 682 habitantes.

Como resultado del diseño se obtuvo una línea de conducción de 5003.22 m con tubería PVC de 2 pulgadas SDR 17 ASTM 2241, para transportar un caudal de 0.85 l/s, además, una red abierta con tres ramales principales con una longitud total de 6360.94 m con tubería PVC de 2 pulgadas SDR 26 ASTM 2241, para satisfacer una demanda de 1.36 l/s y cumplir con 81 conexiones domiciliarias. Así mismo, se ubicó en la cota 540.69 msnm un tanque de almacenamiento de 18 m³ con su respectivo hipo clorador. También debido a las altas presiones hidrostáticas fue necesario diseñar 5 pilas rompe presión en la línea de conducción y 6 pilas rompe presión en la red de distribución. Para la operación y funcionamiento adecuado del sistema se instalaron 34 válvulas de aire, 36 de limpieza, 12 de compuerta y 1 reductora de caudal.

El costo total de las obras con precios del FISE se estimó en C\$ 26,796,096.22, equivalentes a \$ 788,120.477 dólares americanos, con una tasa de cambio oficial de C\$ 34, a la fecha de junio del 2020.

CONTENIDO

CAPITULO I. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
CAPITULO II. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DEL PROYECTO	6
CAPITULO III. MARCO TEORICO	8
3.1. Estudio socioeconómico.....	9
3.2. Topografía	9
3.3. Aforo de fuente	10
3.4. Análisis fisicoquímico y bacteriológico	10
3.5. Diseño hidráulico.....	11
3.5.1. Población de diseño.....	11
3.5.2. Caudal de diseño.....	11
3.5.3. Línea de conducción.....	12
3.5.4. Golpe de ariete	12
3.5.5. Depósito de almacenamiento	13
3.5.6. Desinfección.....	13
3.5.7. Red de distribución.....	14
3.5.8. Diseño de la red de distribución abierta.....	14
3.5.9. Acometidas domiciliarias	15
3.6. Presupuesto	15
CAPITULO IV. DISEÑO METODOLOGICO	16

4.1. Tipo de estudio	17
4.2. Estudio socioeconómico.....	17
4.3. Topográfico	17
4.4. Aforo de la fuente	18
4.5. Análisis físico-químico y bacteriológico.....	18
4.6. Diseño hidráulico.....	19
4.6.1. Población de diseño.....	19
4.6.2. Dotación y consumo	20
4.6.3. Caudales de diseño.....	21
4.6.4. Cálculo hidráulico de la línea de conducción	22
4.6.5. Golpe de ariete	23
4.6.6. Cálculo hidráulico de la red de distribución abierta.....	24
4.6.7. Tanque de almacenamiento.....	26
4.6.8. Desinfección	26
4.6.9. Válvulas y accesorios	27
4.7. Presupuesto	27
CAPITULO V. RESULTADOS DEL ESTUDIO	28
5.1. Estudio socioeconómico.....	29
5.1.1. Características demográficas.....	29
5.1.2. Condiciones de saneamiento	32
5.1.3. Servicios básicos	34
5.1.4. Tipo de abastecimiento.....	36
5.1.5. Distancia y acarreo de agua	37
5.1.6. Hora y forma de abastecimiento	39
5.1.7. Calidad de agua.....	41

5.1.8. Tendencia del consumo.....	42
5.2. Estudio topográfico	44
5.3. Aforo de fuente	47
5.4. Análisis Físico - Químico	48
5.5. Población de diseño	49
5.5.1. Caudal de diseño.....	51
5.5.2. Diseño de la línea de conducción	54
5.5.3. Tanque de almacenamiento.....	63
5.5.4. Simulación hidráulica con EPANET.....	66
5.5.5. Conexiones domiciliarias	84
5.6. Presupuesto	85
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
6.1. Conclusiones	87
6.2. Recomendaciones	88
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXO	I

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Total personas núcleo familiar	29
Tabla 2: Otros familiares que viven en el hogar	30
Tabla 3: Total de personas por vivienda	31
Tabla 4: Saneamiento por vivienda	32
Tabla 5: Calidad de letrina	33
Tabla 6: Acceso al servicio de Electricidad y Agua	35
Tabla 7: Fuente de abastecimiento.....	36
Tabla 8: Distancia a la fuente de abastecimiento	37
Tabla 9: Total de bidones por jefes de familia	38
Tabla 10: Horas de abastecimiento	39
Tabla 11: Formas de acarreo de agua	40
Tabla 12: Calidad de agua.....	41
Tabla 13: Horas de máximo consumo	43
Tabla 14: Planos de alineamiento y perfiles longitudinales	47
Tabla 15: Aforo de fuente.....	48
Tabla 16: Proyección de la población	50
Tabla 17: Cálculos de golpe de ariete	61
Tabla 18: Válvulas ubicadas en la línea de conducción	62
Tabla 19: Desinfección con hipoclorito	65
Tabla 20: Características hidráulicas de la línea de conducción de 0.85 Ips con diámetro de tubería PVC 2 plg.....	67
Tabla 21: Caudales en las redes de distribución.....	70
Tabla 22: Características hidráulicas de la red de distribución 1	71
Tabla 23: Características hidráulicas de la red de distribución 2	73
Tabla 24: Características hidráulicas de la red de distribución 3	75

Tabla 25: Presiones hidrostáticas mínimas y máximas por cada sector de red	78
Tabla 26: Válvulas ubicadas en la red de distribución	80
Tabla 27: Conexiones Domiciliares	84
Tabla 28: Tabla de resumen del presupuesto por etapas	85
Tabla 29: Análisis físico - químico y bacteriológico	VI
Tabla 30: Demanda y caudales de diseño	VII
Tabla 31: Cota, altura y presión en la línea de conducción	VIII
Tabla 32: Cota, altura y presión en la red de distribución 1	X
Tabla 33: Cota, altura y presión en red de distribución 2	XII
Tabla 34: Cota, altura y presión en red de distribución 3	XIII
Tabla 35: Tubería en la línea de conducción	XV
Tabla 36: Tubería en la red de distribución 1	XVIII
Tabla 37: Tubería en la red de distribución 2	XXII
Tabla 38: Tubería en la red de distribución 3	XXIV
Tabla 39: Conexiones de tubería con longitud y diámetro de las tuberías en la línea de conducción	XXVII
Tabla 40: Conexiones de tubería con longitud y diámetro de las tuberías en red de distribución 1	XXVIII
Tabla 41: Conexiones de tubería con longitud y diámetro de las tuberías en red de distribución 2	XXXI
Tabla 42: Conexiones de tubería con longitud y diámetro de las tuberías en red de distribución 3	XXXII
Tabla 43: Caudal cero de red de distribución 1	XXXIV
Tabla 44: Caudal cero de red de distribución 2	XXXVI
Tabla 45: Caudal cero de red de distribución 3	XXXVII
Tabla 46: Válvulas en el sistema	XXXIX
Tabla 47: Diferencia de presiones y velocidades	XXXIX

Tabla 48: Número de casa y cota en red de distribución 1.....	XL
Tabla 49: Número de casas y cotas en red de distribución 2.....	XLI
Tabla 50: Número de casa y cota en red de distribución 3.....	XLII
Tabla 51: Presupuesto.....	XLIII

CONTENIDO DE GRÁFICO

Gráfico 1: Total personas núcleo familiar.....	30
Gráfico 2: Otros familiares que viven en el hogar.....	31
Gráfico 3: Total de personas por vivienda.....	32
Gráfico 4: Saneamiento por vivienda.....	33
Gráfico 5: Calidad de letrina.....	34
Gráfico 6: Acceso al servicio de electricidad y Agua.....	35
Gráfico 7: Fuente de abastecimiento.....	36
Gráfico 8: Distancia a la fuente de abastecimiento.....	37
Gráfico 9: Total de bidones por jefes de familia.....	39
Gráfico 10: Horas de abastecimiento.....	40
Gráfico 11: Formas de acarreo de agua.....	41
Gráfico 12: Calidad de agua.....	42
Gráfico 13: Porcentajes de opiniones de ambos sexos referente a la hora de máximo consumo.....	43

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Configuración de EPANET	66
Ilustración 2: Línea piezométrica y cota	68
Ilustración 3: Velocidades y presiones en la línea de conducción	68
Ilustración 4: Perfil longitudinal de presiones en la línea de conducción....	69
Ilustración 5: Línea piezométrica y cota en red de distribución 1.....	71
Ilustración 6: Velocidades y presiones en la red de distribución 1	72
Ilustración 7: Perfil longitudinal de presiones en la Red de Distribución 1 .	72
Ilustración 8: Línea piezométrica y cota en red de distribución 2.....	73
Ilustración 9: Presiones y velocidades en la red de distribución 2.....	74
Ilustración 10: Perfil longitudinal de presiones en la red de distribución 2 .	74
Ilustración 11: Línea piezométrica y cota en red de distribución 3.....	75
Ilustración 12: Presiones y velocidades en la red de distribución 3.....	76
Ilustración 13: Perfil longitudinal de presiones en la red de distribución 3 .	76
Ilustración 14: Mapa dosificador de cloro.....	81
Ilustración 15: Dosificación de cloro a 13 horas de su funcionamiento en la red 1	81
Ilustración 16: Dosificación de cloro a 24 horas de su funcionamiento en la red 1	82
Ilustración 17: Dosificación de cloro a 13 horas de su funcionamiento en la red 2.....	82
Ilustración 18: Dosificación de cloro a 24 horas de su funcionamiento en la red 2.....	83
Ilustración 19: Dosificación de cloro a 13 horas de su funcionamiento en la red 3.....	83
Ilustración 20: Dosificación de cloro a 24 horas de su funcionamiento en la red 3.....	84

Ilustración 21: Aforo de fuente	IV
Ilustración 22: Toma de muestra de agua.....	V
Ilustración 23: Levantamiento topográfico	V

CONTENIDO DE MAPAS

Mapa 1: Macro y micro localización de El Barro	7
Mapa 2: Ortofoto satelital Google EARTH.....	44

CAPITULO I.

GENERALIDADES

1.1. Introducción

La comunidad “El Barro” objeto del presente estudio se encuentra ubicada a 9.2 kilómetros del municipio de Quilalí, Nueva Segovia a 273 kilómetros de la capital Managua, con las coordenadas 13°32'2.12"N y 85°58'32.92"O, cuenta con una población de 416 habitantes y 81 viviendas; así mismo según la alcaldía la cobertura de agua potable alcanza el 30% en el área rural y el 90% en el área urbana.

Con relación al servicio de agua potable, las familias de la comunidad tienen un abastecimiento diario de aproximadamente 60 litros, lo que corresponde a 10 lppd, si se compara con la norma que establece un rango entre 50 y 60 lppd, se observa un déficit que oscila entre el 80% y 90% de la dotación para la zona rural (INAA, 1999 a, pág. 3.1).

En este contexto la comunidad “El Barro” tiene un servicio de agua potable a través de un MAG que ya dio su vida útil por lo que se presenta poca cobertura, además el agua se entrega sin tratamiento, también el servicio se presta únicamente dos horas día de por medio, por consiguiente, la población recurre al abastecimiento de tres pozos excavados.

Por lo antes expuesto se hará una propuesta para el diseño de un mini acueducto por gravedad, con el cual se asegurará la dotación que manda la norma contribuyendo a mejorar las condiciones de vida de los pobladores, debido a que se reducirán las enfermedades de origen hídrico, el trabajo infantil y de mujeres que se necesita para el acopio de agua.

1.2. Antecedentes

En Nicaragua existen 1663 mini acueductos por gravedad (MAG), de acuerdo a los datos del SIASAR (NUEVO FISE, 2019). Del total de acueductos antes mencionados 173 corresponden al departamento de Nueva Segovia y equivalen al 10.4%, así mismo existen en el municipio de Quilalí 12 mini acueductos lo que corresponde a un 6.94% del total existente en Nueva Segovia.

En la actualidad, la comunidad “El Barro” tiene un servicio de agua potable que no cumple con la cobertura y la dotación necesaria, ni con la calidad de acuerdo a la norma nacional.

El sistema de agua potable ha cumplido con su vida útil lo que ha generado fugas en la línea de conducción por gravedad, grietas, fugas en los tanques y fugas en la red de distribución.

Por lo anterior, la mayor parte de los habitantes de la comunidad deben recorrer distancias que oscilan entre 50 y 200 metros para abastecerse de agua principalmente de puestos públicos que no cuentan con la calidad adecuada para el consumo, así mismo en la época lluviosa los pobladores recogen agua de lluvia para uso doméstico y aseo personal. Esta situación ocasiona a la población problemas de salud, las cuales son: Diarrea, vómito, parasitosis, mareos.

1.3. Justificación

Debido al déficit y contaminación de agua que consume la comunidad, se propone un sistema de abastecimiento de agua potable a través de un mini acueducto por gravedad (MAG), aprovechando una fuente superficial ubicada en la comunidad “El Naranjo”.

El sistema estará dotado de: obra de captación, línea de conducción por gravedad, hipo clorador, tanque de almacenamiento, red abierta de distribución y conexiones domiciliarias. Tanto la línea de conducción como la red de distribución estarán dotadas de válvulas de aire, válvulas de limpieza, válvulas de compuerta y válvulas de control de flujo.

Con el diseño e implementación del mencionado sistema se lograrán los beneficios siguientes:

- Lograr el acceso equitativo al agua potable a un precio accesible para todos, mejorando la calidad del agua, reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos; así mismo aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores.
- Se reducirá la incidencia de enfermedades que se presentan en la época de lluvias, tales como diarrea, parasitosis y hepatitis, se estará disminuyendo de manera progresiva el nivel de riesgo de estas enfermedades en la comunidad al contar con un sistema adecuado.
- Se mejorará el acceso al agua en cantidad y calidad, ya que la fuente cuenta con los parámetros de las pruebas de potabilización establecidos por las normas técnicas del INAA (1999 a), para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un Mini Acueducto por Gravedad (MAG), en la Comunidad de “El Barro”, Municipio de Quilalí, departamento de Nueva Segovia, 2019.

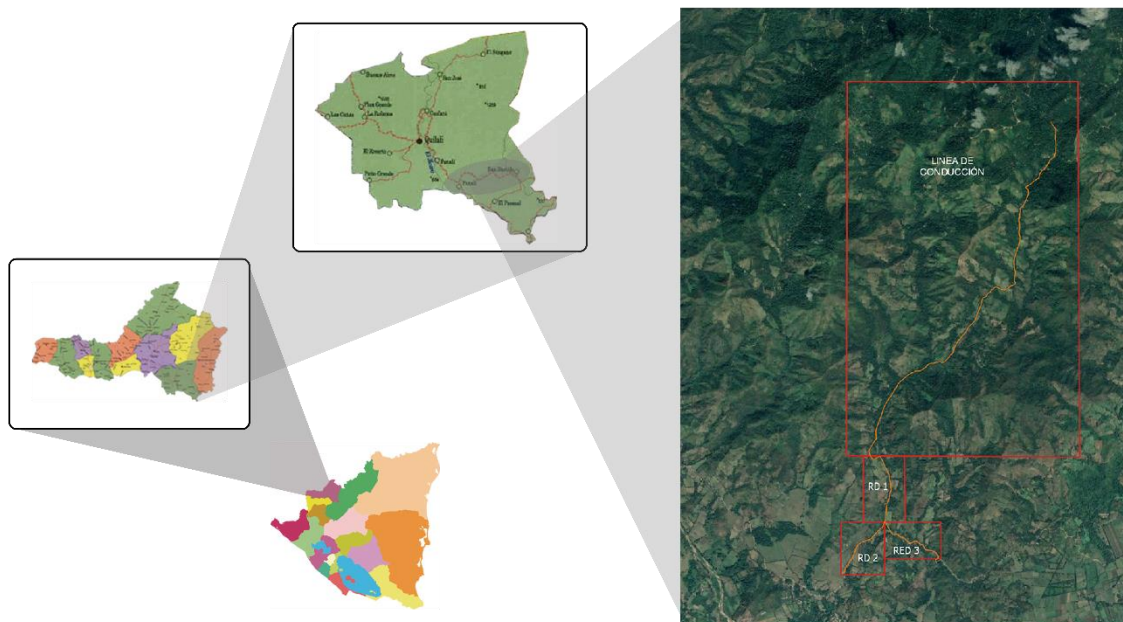
1.4.2. Objetivos específicos

- a. Realizar una encuesta para determinar las condiciones socioeconómicas, así como la demanda de servicios de agua potable y saneamiento, de las familias de la comunidad de “El Barro”.
- b. Hacer un estudio topográfico de la zona donde se realizará el MAG, con el propósito de obtener las características del relieve y datos para el diseño.
- c. Realizar aforos de la fuente en el periodo de estiaje con el fin de determinar el caudal mínimo generado en la época más crítica y que se utilizará para el abastecimiento del Mini Acueducto por Gravedad (MAG).
- d. Realizar el análisis físico – químico y bacteriológico de la fuente superficial de abastecimiento, a fin de garantizar un suministro de agua apta para el consumo humano, de acuerdo a la norma CAPRE y lo establecido por el INAA.
- e. Realizar el análisis Hidráulico para el diseño de los diferentes componentes del sistema de agua potable.
- f. Elaborar un presupuesto del Mini Acueducto por Gravedad.

CAPITULO II.
CARACTERÍSTICAS
DEL ÁREA DEL
PROYECTO

La comunidad “El Barro” se encuentra ubicada a 9.2 kilómetros del municipio de Quilalí, Nueva Segovia a 273 kilómetros de la capital Managua, con las coordenadas 13°32'2.12"N y 85°58'32.92"O, cuenta con una población de 416 habitantes y 81 viviendas. Su altitud mayor es de 540.69 msnm.

Mapa 1: Macro y micro localización de El Barro



Fuente: Elaboración propia con imágenes del GOOGLE EARTH e INETER

Los límites de la comunidad son los siguientes:

- Al Norte: Comunidad la Palanca
- Al Sur: Comunidad la Vigía
- Al Este: Comunidad de Panalí
- Al Oeste: Comunidad de San Bartolo

CAPITULO III. MARCO TEORICO

3.1. Estudio socioeconómico

El estudio socioeconómico reúne la información necesaria para caracterizar y conocer las condiciones en que viven las familias, el mismo detallará la situación y caracterización de las familias de la población, las necesidades de salud, educación y otros servicios (CENEPRED, 2016).

Encuesta

La encuesta es una de las técnicas de investigación social que mediante la entrevista personal es la que genera una mayor calidad de los datos, a través de la interrogación de los sujetos cuya finalidad es la de obtener de manera sistemática medidas sobre los conceptos que se derivan de una problemática de investigación previamente construida (Roldan & Fachelli, 2015).

Entrevista

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

3.2. Topografía

Los levantamientos topográficos deben dar una perfecta idea de conjunto y tener detalles suficientes para una ejecución posterior bien ubicada. Se deberá utilizar como punto de partida de cualquier levantamiento topográfico, la Red Geodésica Nacional, tanto en el levantamiento planimétrico como altimétrico y deberá cumplir con las recomendaciones que al respecto indique el INETER. El levantamiento

topográfico se deberá amarrar a la Red Geodésica Nacional de por lo menos dos puntos o mojones aprobados por INETER, convenientemente referenciados y protegidos de tal manera que pueda reconstruirse a partir de ellos el levantamiento de campo realizado, presentándose los resultados en coordenadas UTM (INAA, 1999 a).

3.3. Aforo de fuente

Aforar es medir los caudales para distribuir el agua. Existen métodos de aforo de río y canales además hay métodos de aforo propios para descarga de equipos de bombeo (IMTA, 1992).

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

3.4. Análisis fisicoquímico y bacteriológico

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

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

3.5. Diseño hidráulico

Para el diseño hidráulico de un mini acueducto por gravedad (MAG), el cual es un sistema para proporcionar agua potable a la comunidad, partiendo de una fuente natural de agua, se requiere de una serie de normas y procedimientos establecidos por el INAA, que es el ente regulador del sector.

3.5.1. Población de diseño

La población a servir, es el parámetro básico para dimensionar los elementos que constituyen el sistema. La metodología generalmente aplicada, requiere la investigación de las tasas de crecimiento histórico, las que sirven de base para efectuar la proyección de población. La información de datos poblacionales se puede obtener de las siguientes fuentes de información tales como: Censos Nacionales del INIDE y el MINSA (INAA, 1999 a).

3.5.2. Caudal de diseño

El caudal de diseño de las obras de aducción depende del sistema de abastecimiento de agua.

Para calcular el caudal de diseño de una línea de conducción se toma en cuenta la población futura y la dotación, que de acuerdo a la norma nacional cuando el servicio se ofrece por conexiones domiciliarias ésta oscila entre 50 y 60 lppd (INAA, 1999 a, pág. 10).

Además de las dotaciones se toma en consideración los factores de demanda, pueden ser institucional, comercial e industrial (INAA, 1999 b, pág. 12).

Finalmente, para determinar el caudal de diseño de la línea de conducción se utiliza el factor de 1.5 y para la red de distribución el factor de 2.5 (INAA, 1999 a, pág. 14).

3.5.3. Línea de conducción

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día. Se le deberá proveer de los accesorios y obras de arte necesarios para su buen funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías, tomándose en consideración la protección y mantenimiento de las mismas. Cuando la topografía del terreno así lo exija se deberán instalar válvulas de “aire y vacío” en las cimas y válvulas de “limpieza” en los columpios. De acuerdo a la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento, se distinguen dos clases de líneas de conducción, conducción por gravedad y conducción por bombeo (INAA, 1999 a, págs. 7-1).

3.5.4. Golpe de ariete

Los cambios repentinos de presión o golpes de ariete, son producidos por variaciones en la presión hidrostática de la tubería. Las causas más frecuentes de los golpes de ariete son: apertura y cierre rápido de válvulas, arranque y parada de una bomba, acumulación y movimiento de bolsa de aire dentro de las tuberías. La sobrepresión generada por el golpe de ariete está relacionada con la máxima razón de cambio del flujo; mientras que la razón de movimiento de la onda de presión está relacionada con la velocidad del sonido dentro de un fluido (modificada para el material de la tubería).

La columna de líquido que se mueve dentro de la tubería posee cierta inercia, proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene repentinamente, la inercia se convierte en un incremento de presión (AMANCO, 2006).

3.5.5. Depósito de almacenamiento

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, tienen como objetivos; suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua (INAA, 1999 a, págs. 8-1).

3.5.6. Desinfección

El agua que se utiliza para el consumo doméstico de una población, debe estar exenta de organismos patógenos para evitar brotes epidémicos causados por enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, se debe desinfectar el agua para garantizar su buena calidad.

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado, debido a sus propiedades oxidantes y su efecto residual que ayuda a eliminar contaminaciones posteriores. Además, es la sustancia química que ofrece mejor control y seguridad en la desinfección del agua (INAA, 1999 a).

3.5.7. Red de distribución

La red de distribución de agua está conformada por un conjunto de tuberías, accesorios y estructuras, que sirve para conducir el agua hasta las conexiones domiciliarias o hidrantes públicos. A los usuarios de la red, se les deberá proporcionar un servicio constante con cantidad y calidad adecuada con presiones apropiadas (AYLLÓN, 2008).

3.5.8. Diseño de la red de distribución abierta

Según la norma nacional INAA, (1999 b) se definen los caudales de cálculo por cada área tributaria y para cada una de las condiciones de trabajo. El caudal de diseño será el consumo máximo horario, el cuál dependerá de la población, de la dotación de los factores de la demanda, así mismo se toma en cuenta las variaciones de consumo y pérdidas en el sistema.

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes, esto constituye la fuga o desperdicio en el sistema. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje de consumo del día promedio. En el caso de Nicaragua el porcentaje se fija el 20% (INAA, 1999 b, pág. 14).

Para la simulación hidráulica se utiliza el consumo máximo horario y cero consumos (Garzón Orduña, 2014).

Se determinarán las longitudes de los tramos y las elevaciones de cada uno de los puntos de intersección. También se calculará la gradiente hidráulica promedio disponible la que deberá estar entre el 1 y 7%, dependiendo esto de la presión que debe de mantenerse en el sistema, en especial la mínima sobre el punto crítico, las velocidades permisibles en las tuberías (INAA, 1999 b, pág. 50).

3.5.9. Acometidas domiciliarias

Las acometidas domiciliarias son tomas de agua que en ocasiones esporádicas están sujetas a ciertas condiciones, tales como: disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones, capacidad de pago de la población y número de usuarios del servicio (INAA, 1999 a).

3.6. Presupuesto

Es la estimación programada en forma sistemática de las condiciones de operación y de los resultados a obtener por un organismo en un periodo determinado.

También es una herramienta que sirve para la planeación y control de actividades que reflejan el comportamiento de indicadores económicos, como las fluctuaciones en los índices de inflación, devaluación y tasas de interés. Así mismo, juega un papel importante en aspectos administrativos, contables y financieros (Sánchez & Sánchez, 2009).

CAPITULO IV.
DISEÑO
METODOLOGICO

4.1. Tipo de estudio

4.2. Estudio socioeconómico

Esta actividad se realizó mediante un censo a la población, en el cual se indagaron las siguientes temáticas:

- Cantidad de personas con acceso al agua.
- Calidad del agua.
- Servicios sanitarios.
- Condición socioeconómica.
- El censo se aplicó según el instrumento anexo I.
- Así mismo se realizó entrevista con las temáticas antes indicadas a los líderes de la comunidad anexo I.

4.3. Topográfico

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

Etapas de campo.

El levantamiento se realizó con el uso de una estación total TRIMBLE modelo C5. Se inició el levantamiento con un BM geodésico el cual fue localizado mediante un receptor GPS de precisión, con el cual se obtuvieron las coordenadas con proyección UTM y DATUM WGS84.

Se ubicaron estaciones cada 20 m, en terrenos más irregulares a cada 10 m y se tomó lectura de la posición y elevación a través de la poligonal abierta que incluye el trazado preliminar de la línea de conducción y red de distribución, así como la localización de la obra de captación y tanque de abastecimiento.

Etapas de gabinete

La etapa de gabinete se realizó mediante dos actividades:

- Descarga de datos de estación total y procesamiento de datos con Excel y Civil 3D.
- Elaboración de planos y perfiles que describan el terreno natural y sirvan de base para el diseño del sistema.

4.4. Aforo de la fuente

Se utilizó una fuente superficial denominada quebrada El Naranjo, que actualmente se usa para el lavado del café y usos agropecuarios diversos.

El aforo de la fuente se realizó mediante el método volumétrico recomendado por CONAGUA (Dirección General de infraestructura agraria y riego, 2015). Este método se basa en medir el tiempo que demora en llenarse un balde de un volumen conocido. Al dividir la capacidad del balde (litros) por el tiempo empleado (segundos), se obtiene el caudal en l/s.

4.5. Análisis físico-químico y bacteriológico

Los análisis mínimos se hicieron cuando se ameritaron, así mismo se hizo un análisis bacteriológico (INAA, 1999 a, págs. 10-1).

Se solicitaron los siguientes análisis:

- Coliforme total.
- Coliforme fecal.
- Dureza.
- Hierro y Manganeseo.
- Color.
- Turbiedad.
- pH.
- Conductividades eléctricas.
- SST.
- DBO₅

4.6. Diseño hidráulico

4.6.1. Población de diseño

Para el cálculo de las poblaciones futuras se usó el método geométrico expresado en la ecuación número 1 establecida en la norma (INAA, 1999 a, págs. 2-2).

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

Donde:

P_n: Población del año “n”

P_o: Población al inicio del período de diseño

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

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

4.6.2. Dotación y consumo

Para sistemas de abastecimiento de agua potable en la zona rural de acuerdo con las normas técnicas de abastecimiento de agua se asignó un caudal de 50 a 60 lppd (INAA, 1999 a, págs. 3-1).

Consumo promedio diario

El consumo promedio diario se calculó mediante la ecuación número 2.

$$CPD = CD + CI \qquad \text{Ecuación (2)}$$

Dónde:

CPD: Consumo Promedio Diario (l/s)

CI: Consumo Institucional (l/s)

CD: Consumo Doméstico (l/s)

Factor de consumo institucional

Se usó el factor del 7% de consumo doméstico (CD).

Variaciones de consumo

Se aplicaron las siguientes expresiones que establece la norma para calcular las variaciones de consumo:

- Consumo Máximo Dia (CMD): 1.5 CPD (consumo promedio diario) más pérdidas utilizado para la línea de conducción.

- Consumo Máximo Hora (CMH): 2.5 CPD (consumo promedio diario) más pérdidas, utilizado para Red de Distribución.

4.6.3. Caudales de diseño

El caudal de diseño de la línea de conducción para el último día del periodo de diseño del proyecto es el CMD, como se muestra en la ecuación 3.

$$CMD = 1.5 (CPD) + Pérdidas \quad \text{Ecuación (3)}$$

Dónde:

CMD: Consumo Máximo Diario (l/s)

CPD: Consumo Promedio Diario (l/s)

Pérdida: Pérdida o fugas en el sistema (l/s)

Así mismo el caudal de diseño de la red de distribución para el último día del periodo de diseño del proyecto es el CMH, como se aprecia en la ecuación 4.

$$CMH = 2.5 (CPD) + Pérdidas \quad \text{Ecuación (4)}$$

Dónde:

CMH: Consumo Máximo Horario (l/s)

CPD: Consumo Promedio Diario (l/s)

Pérdida: Pérdida o fugas en el sistema (l/s)

4.6.4. Cálculo hidráulico de la línea de conducción

- Se diseñó para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (CMD= 1.5 CPD + pérdidas).
- En los puntos críticos se deberá mantener una presión mínima de 5 m.
- La presión estática máxima está en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, se mantendrá una presión máxima recomendada de 70 m.
- Si la presión máxima excede los 70 m, se diseñará tanquilla rompe presión.
- Para el dimensionamiento de la tubería de las líneas de conducción se aplicará la formula exponencial de Hazen – Williams.

$$h_f = 10.675 \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \right) L \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

h_f : Pérdida de carga en metros

L: Longitud en metros

Q: Gasto en m³/s

D: Diámetro en metros

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

– **Velocidad de flujo**

$$v = \frac{Q}{A}$$

Ecuación (6)

Donde:

v: Velocidad, m/s

Q: Caudal m³/s

A: Área m²

4.6.5. Golpe de ariete

Para calcular la celeridad se utilizó la fórmula de Allievi que se muestra en la ecuación número 7.

$$a: \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \frac{D}{e}}}$$

Ecuación (7)

Siendo:

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 el cual es el tiempo necesario para que no ocurra el golpe de ariete.

En el caso de cierre lento (Tiempo de Cierre $T > \frac{2L}{a}$) se utilizará la ecuación 8 de Michaud, para calcular la sobre presión.

$$\Delta H = \frac{2 L v}{g T} \quad \text{Ecuación (8)}$$

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/s²

4.6.6. Cálculo hidráulico de la red de distribución abierta

- Se diseñó la red de distribución tomando en consideración el consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario (CHM=2.5 CPD, más las fugas).
- Debido a que el diseño se hizo con distribución de los hogares de forma heterogénea se diseñó una red abierta.
- La red contiene válvulas, accesorios y obras necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

- El análisis de la red se hizo mediante simulación EPANET, creando nodos concentrados tomando en cuenta las características de localidades pequeñas con densidades uniformes, por lo que los consumos concentrados se darán en base al consumo por cantidad de viviendas.
- Las demandas concentradas se localizan en distancias entre 200 metros a 300 metros entre nodos.
- Las velocidades mínimas a considerar son de 0.4 m/s a 2 m/s, con presiones mínimas entre 5 y 50 metros.
- Las pérdidas de carga en la red se calcularon mediante la ecuación de Hazen - Williams.
- Se hizo una simulación con la demanda máxima horaria y otra con la demanda mínima, esta última para determinar las presiones hidrostáticas máximas que se presentan en el sistema cuando no hay consumo.
- Se realizó la simulación del cloro residual en la red con EPANET.
- No se realizó simulación extendida debido a que en la zona de estudio y en el área rural de todo Nicaragua no existe curva de demanda consumo.
- El procedimiento de simulación se realizó trazando una red abierta basado en los datos topográficos con el software AUTOCAD, posteriormente exportar en formato dxf a EpaCAD, exportar a formato net de EPANET y configuración de EPANET para simulación con pérdidas de carga calculadas mediante Hazen - Williams.

4.6.7. Tanque de almacenamiento

La capacidad del tanque de almacenamiento según (INAA, 1999 a, págs. 8-2) deberá de satisfacer las condiciones siguientes:

- Volumen compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimó en el 15% del consumo promedio diario.
- Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimó igual al 20 % del consumo promedio diario.
- De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimó igual al 35% del consumo promedio diario.

4.6.8. Desinfección

Para la desinfección se usará hipoclorito de sodio (líquido), debido a que la norma la recomienda (INAA, 1999 b) para poblaciones pequeñas. Se tendrá en cuenta la capacidad requerida de la estación de cloración, tal como se muestra en la ecuación 9.

$$Ca = \frac{Q \times C}{1000} \quad \text{Ecuación (9)}$$

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 gpm 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 (INAA, 1999 b, págs. 10-2).

4.6.9. Válvulas y accesorios

Los accesorios y válvulas se ubicaron tomando en cuenta los criterios de diseño que establece la norma (INAA, 1999 b, pág. 51).

4.7. Presupuesto

El presupuesto se realizó en base a las cantidades de obras las cuales se determinaron a partir de los planos constructivos y las especificaciones técnicas correspondientes. A las cantidades de obras se le aplicaron los precios unitarios por actividades, las cuales están agrupadas en etapas y subetapas de acuerdo al catálogo del Nuevo FISE.

CAPITULO V.

RESULTADOS DEL

ESTUDIO

5.1. Estudio socioeconómico

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la encuesta socioeconómica realizada en la comunidad “El Barro”, en él se presentan las características demográficas, saneamiento, servicios básicos, abastecimiento, distancia y acarreo de agua, calidad de agua y tendencia del consumo.

5.1.1. Características demográficas

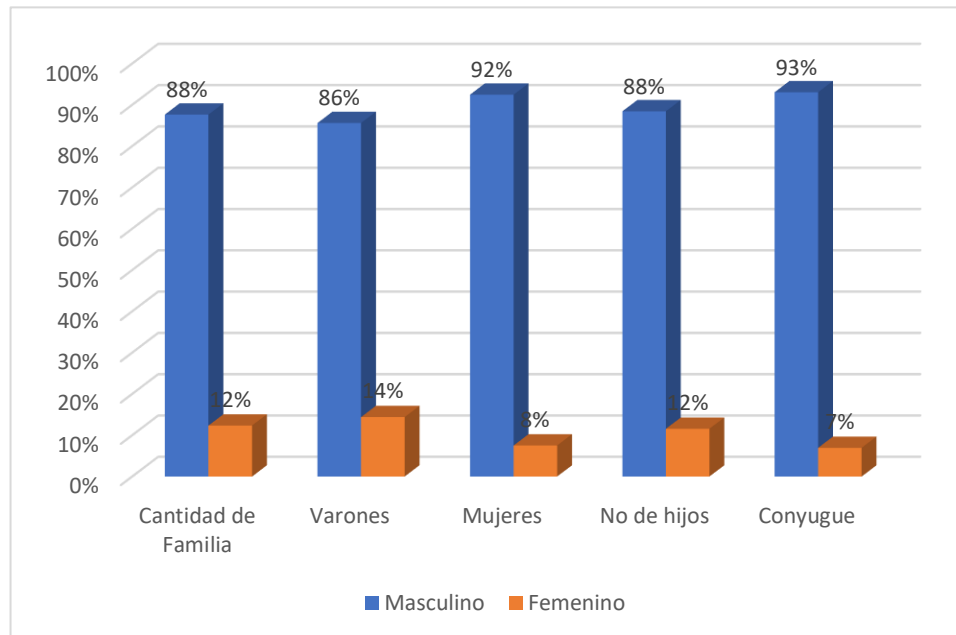
Se encontró un total de 81 familias de las cuales 71 son lideradas por varones equivalente al 88% y 10 por mujeres equivalente al 12%, con una población total de los núcleos familiares de 378 respectivamente, como se muestra en la tabla 1 y gráfico 1.

Tabla 1: Total personas núcleo familiar

Jefes de familia	Cantidad de Familia	Varones	Mujeres	No de hijos	Conyugue	Total
Masculino	71	113	86	199	67	337
Femenino	10	19	7	26	5	41
Total	81	132	93	225	72	378
Promedio de Hijos						3

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Total personas núcleo familiar



Fuente: Elaboración propia

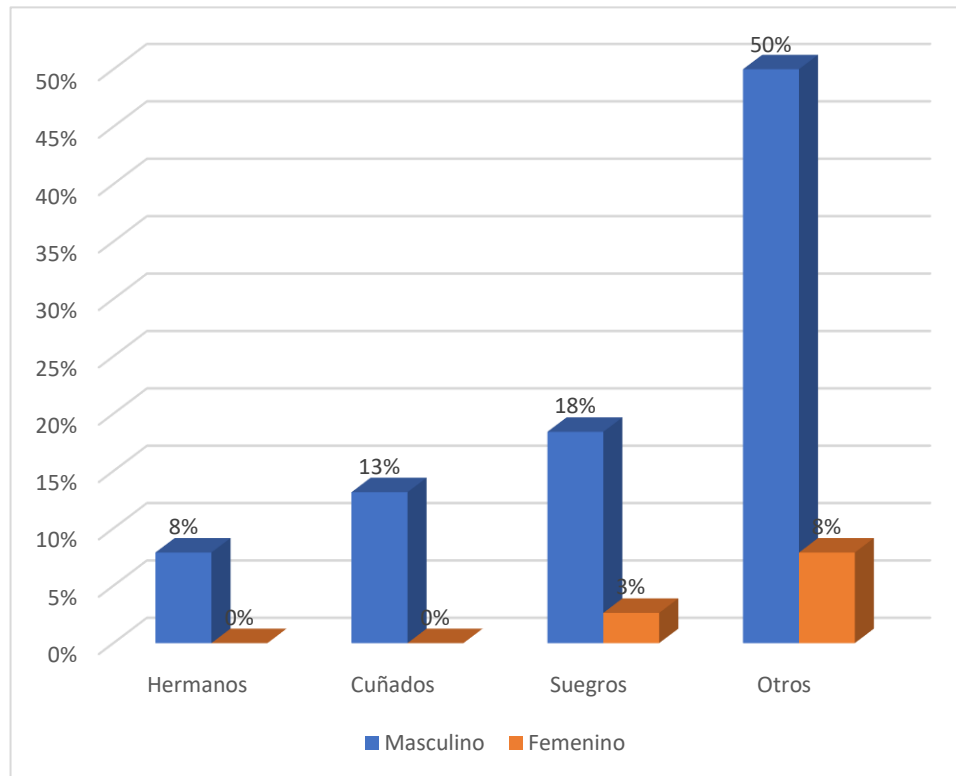
Además, existen 38 personas que corresponde a otros familiares de los cuales el 89% viven con familias lideradas por varones, mientras que el 11% viven con familias lideradas por mujeres, como se muestra en la tabla 2 y gráfico 2.

Tabla 2: Otros familiares que viven en el hogar

Jefe de familia	Hermanos	Cuñados	Suegros	Otros	Personas que viven en el hogar
Masculino	3	5	7	19	34
Femenino	0	0	1	3	4
Total	3	5	8	22	38

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Otros familiares que viven en el hogar



Fuente: Elaboración propia

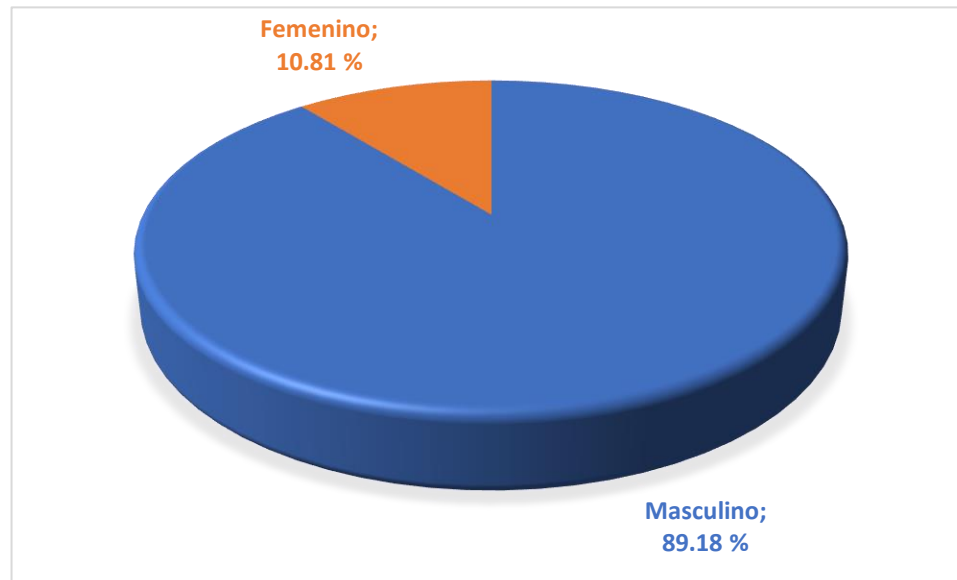
Por tanto, el total de personas que habitan la comunidad corresponde a 416 personas de las cuales el 89.18% viven en los hogares liderados por hombres; mientras que el 10.81% viven en los hogares liderados por mujeres, como se muestra en la tabla 3 y gráfico 3.

Tabla 3: Total de personas por vivienda

Jefe de familia	Núcleo Familiar	%	Otros Familiares	%	Total	%
Masculino	337	89.15	34	89.47	371	89.18
Femenino	41	10.84	4	10.57	45	10.81
Total	378	100	38	100	416	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Total de personas por vivienda



Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Condiciones de saneamiento

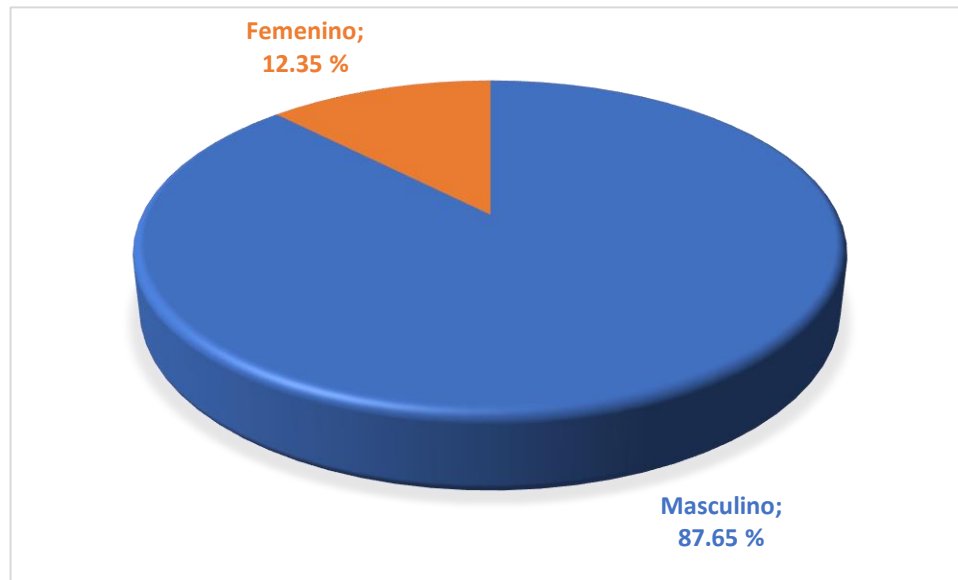
Las condiciones de saneamiento se midieron por la presencia o ausencia de letrinas, encontrándose que en la comunidad todos los hogares cuentan con letrinas; lo que corresponde al 87.65% para los hogares liderados por varones y 12.35% para los hogares liderados por mujeres como se muestra en la tabla 4 y gráfico 4.

Tabla 4: Saneamiento por vivienda

Jefe de familia	Letrina por Familia	Porcentaje
Masculino	71	87.65
Femenino	10	12.35
Total	81	100

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Saneamiento por vivienda



Fuente: Elaboración propia

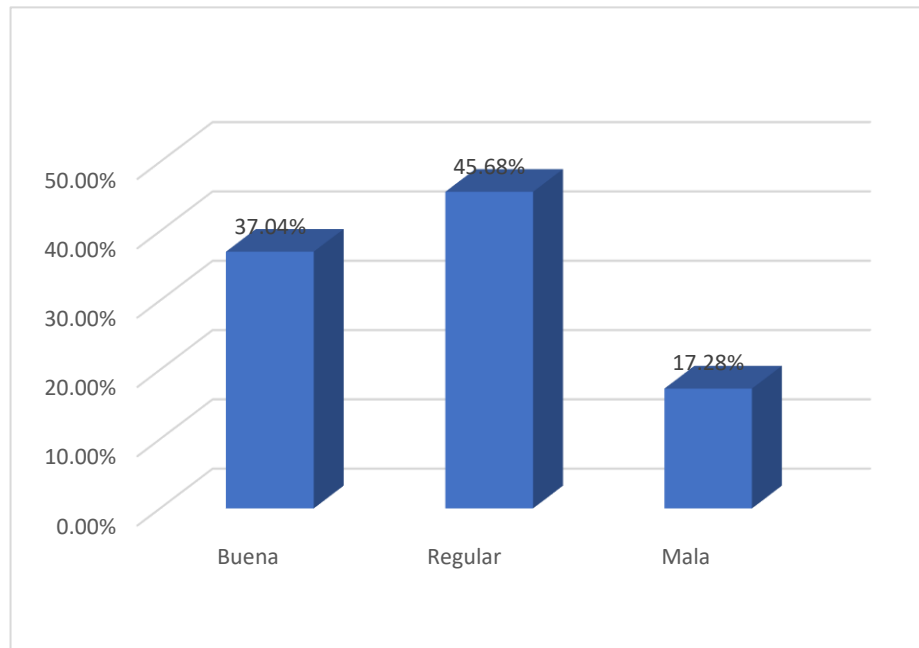
Con respecto a la calidad observada de las letrinas, se obtuvieron los resultados que el 37.04% es buena en lo que abarca los materiales de la cual están confeccionadas, el 45.68% la calidad es regular y el 17.28% la calidad es mala, ya que se observó que estaba hechas de madera mala y plástico con orificios considerables.

Tabla 5: Calidad de letrina

Letrina			
Buena	Regular	Mala	Total
30	37	14	81

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Calidad de letrina



Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Servicios básicos

En lo relacionado a los servicios básicos se tomó en consideración el acceso a electricidad y agua potable (tabla 6 y gráfico 6). El servicio de telefonía no se tomó en cuenta debido a que no existe señal telefónica, aunque pudo conocerse que los pobladores poseen teléfonos móviles que los utilizan en áreas con coberturas telefónicas.

Con relación a los servicios de electricidad se encontró que solamente una familia carecía de éste, como se observa en la tabla 6 y esto equivale al 1.23% de todos los hogares como se aprecia en el gráfico 6.

Respecto a los servicios de agua el 64.2% de las familias tiene acceso, como se observa en el gráfico 6.

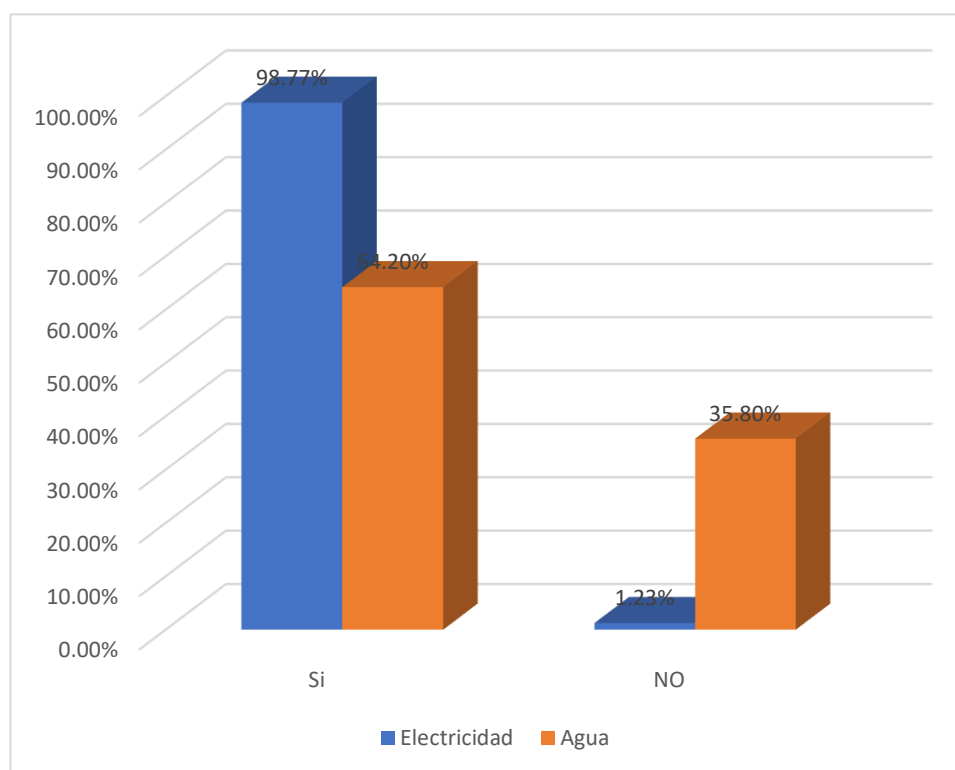
Por lo tanto, el servicio de agua potable es el más deficitario debido a que solamente el 64.2% de las familias tienen acceso al agua la cual además no se certifica como potable, el resto se abastece de fuentes particulares sin ningún tipo de tratamiento para su potabilización.

Tabla 6: Acceso al servicio de Electricidad y Agua

Servicios	Electricidad		Agua		Total
	Si	No	Si	No	
Familias	80	1	52	29	81

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Acceso al servicio de electricidad y Agua



Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Tipo de abastecimiento

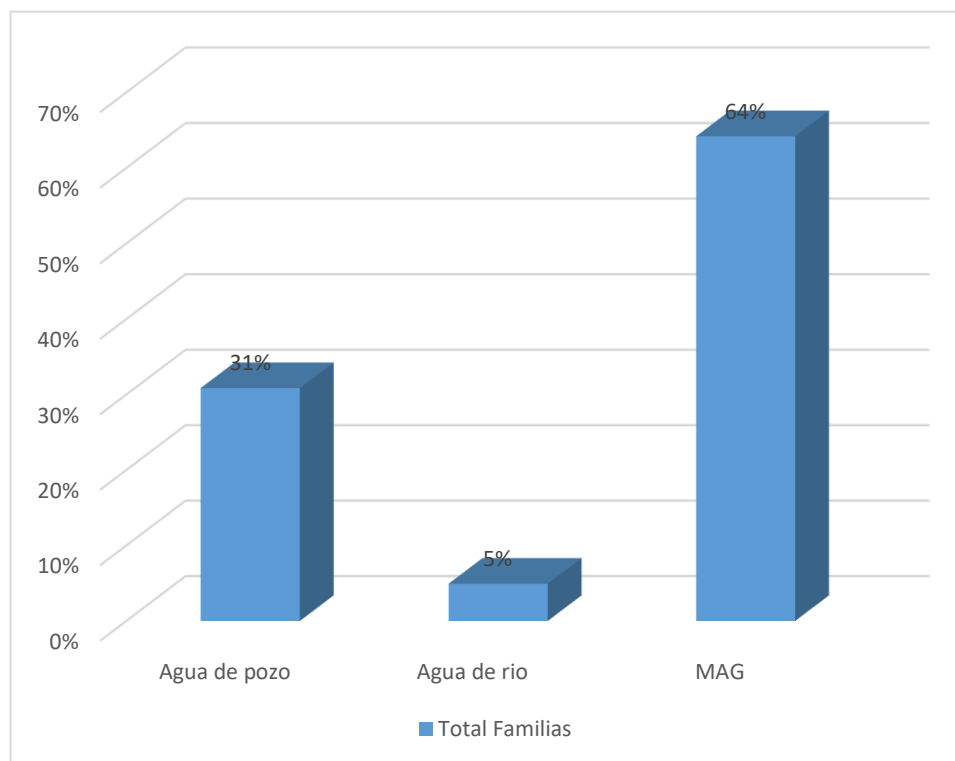
Con relación al tipo de fuente de abastecimiento (tabla 7) se observa que el MAG abastece a 52 familias lo que equivale a 64% seguido por agua de pozo donde se abastecen 25 familias equivalente al 31%, el resto de las familias que son 4 se abastecen del río lo que equivale al 5% (gráfico 7).

Tabla 7: Fuente de abastecimiento

Fuente				
Tipo	Agua de pozo	Agua de río	MAG	Total
Familias	25	4	52	81

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7: Fuente de abastecimiento



Fuente: Elaboración propia

5.1.5. Distancia y acarreo de agua

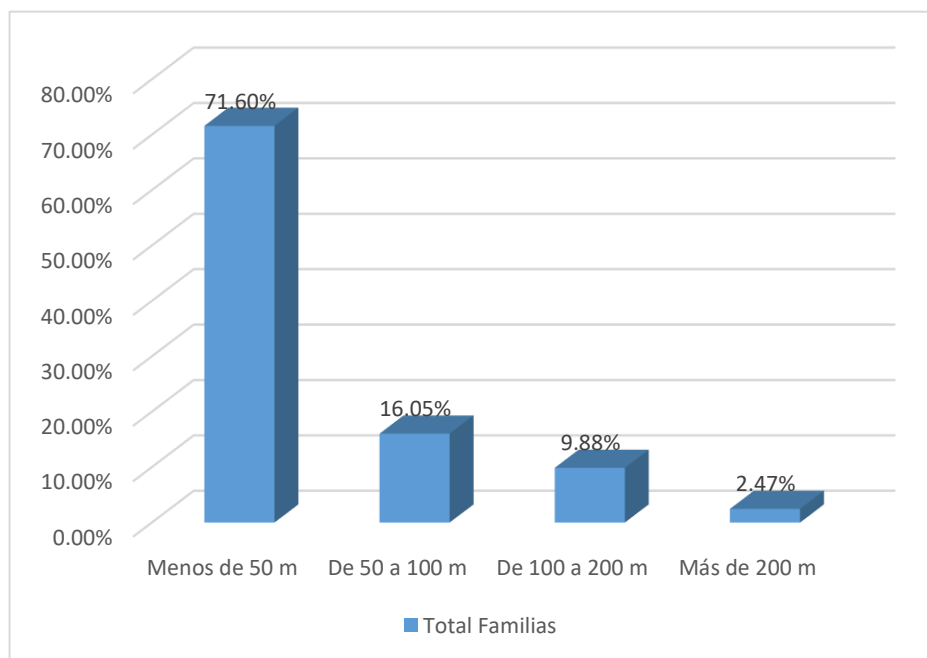
Las distancias se tomaron como una variable para observar la cantidad de trabajo que las familias realizan para abastecerse de agua. Se encontró que 58 familias equivalente a un 71.6% recorren distancias menores de 50 m, mientras que 13 familias equivalentes a 16.05% recorren distancias que oscilan entre 50 y 100 m, 8 familias que corresponden al 9.88% recorren distancias entre 100 y 200 m y solamente 2 familias equivalente al 2.47% recorren una distancia de 200 m, como se muestra en la tabla 8 y gráfico 8.

Tabla 8: Distancia a la fuente de abastecimiento

Distancia					
Clases	Menos de 50 m	De 50 a 100 m	De 100 a 200 m	Más de 200 m	Total
Familias	58	13	8	2	81

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8: Distancia a la fuente de abastecimiento



Fuente: Elaboración propia

Los miembros de las 81 familias que corresponden a 416 habitantes acarrearón un total de 739 bidones de 20 litros por día lo que equivale a 14,780 l/d y a 35.5 lppd, valor por debajo del mínimo requerido según la norma que es de 50 lppd.

Del total de agua acarreada por las familias 633 bidones fueron acarreados por familias lideradas por hombres lo que equivale al 86% del total acarreado, mientras que el 14% fue acarreado por familias lideradas por mujeres.

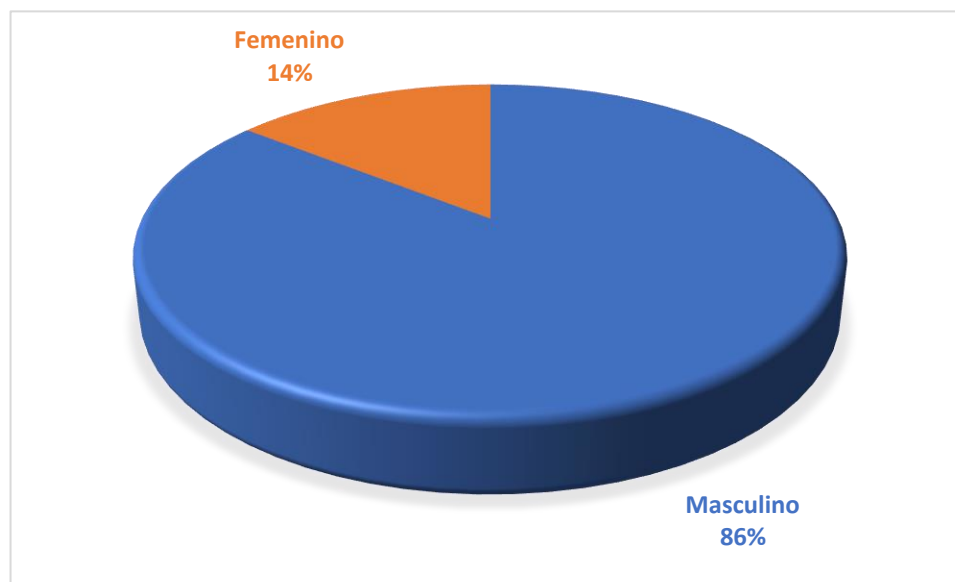
El promedio de acarreo de agua fue de 3.28 bidones por hijos en el caso de las familias lideradas por varones el promedio fue de 3.18 y en las lideradas por mujeres fue de 4.08, observándose que éstas últimas acarrearán más agua por persona (tabla 9 y gráfico 9).

Tabla 9: Total de bidones por jefes de familia

Descripción	Jefes de familia		Total
	Masculino	Femenino	Ambos sexos
Familias	71	10	81
Bidones	633	106	739
Hijos	113	19	132
Hijas	86	7	93
Total	199	26	225
Bidones por hijos	3.18	4.08	3.28

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9: Total de bidones por jefes de familia



Fuente: Elaboración propia

5.1.6. Hora y forma de abastecimiento

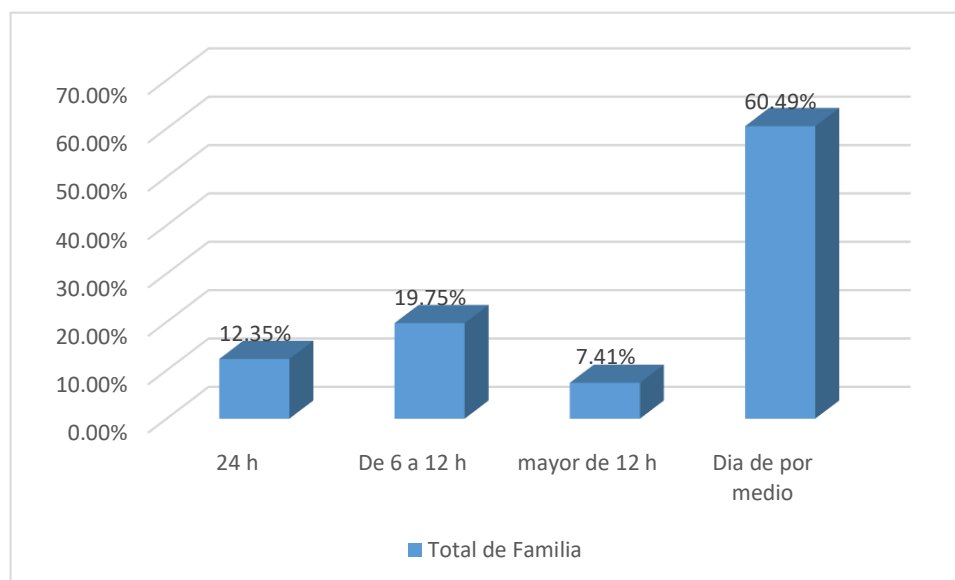
Con relación a la cantidad de horas de servicio de agua 10 familias mencionaron que reciben 24 horas lo que equivale al 12.35%; además 16 familias manifestaron abastecerse de 6 a 12 horas lo que corresponde al 19.75%, un 7.41% de las familias dijeron abastecerse más de 12 hora y finalmente 49 familias que equivalen 60.49% o sea la mayoría, opinó tener el servicio día de por medio (tabla 10 y gráfico 10).

Tabla 10: Horas de abastecimiento

Abastecimiento					
	24 h	De 6 a 12 h	Mayor de 12 h	Día de por medio	Total
Familia	10	16	6	49	81

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10: Horas de abastecimiento



Fuente: Elaboración propia

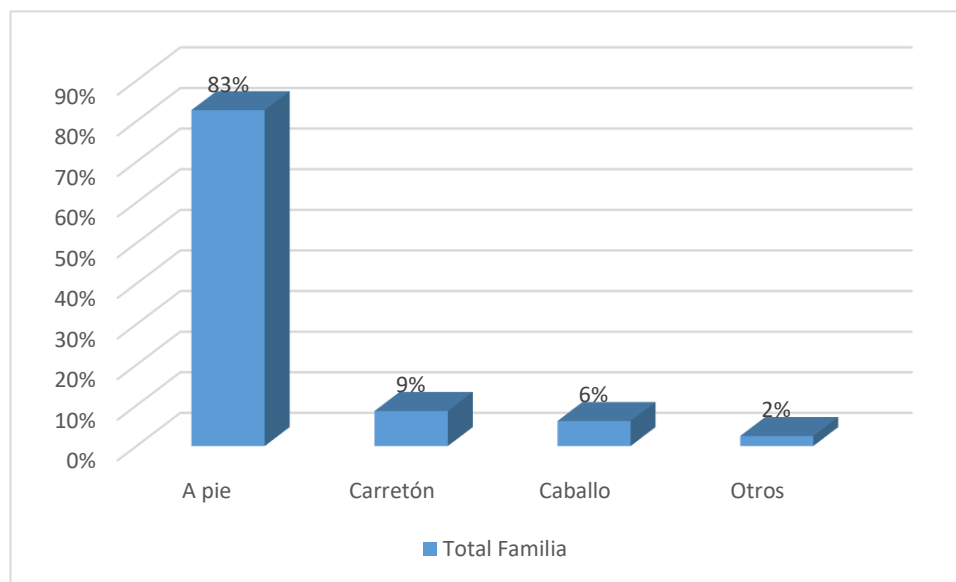
Con relación al acarreo a pie del agua 67 familias lo realizan de este modo lo que corresponde a un 83%; además se encontraron 7 familias que transportan el agua en carretón correspondiendo al 9%, otras 5 familias también utilizan caballos para el acarreo del agua equivalente al 6%, finalmente en la categoría de otros que puedes incluirse vehículos automotores se encontraron unicamente 2 familias que corresponden al 2% (tabla 11 y gráfico 11).

Tabla 11: Formas de acarreo de agua

Acarreo					
	A pie	Carretón	Caballo	Otros	Total
Familias	67	7	5	2	81

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11: Formas de acarreo de agua



Fuente: Elaboración propia

5.1.7. Calidad de agua

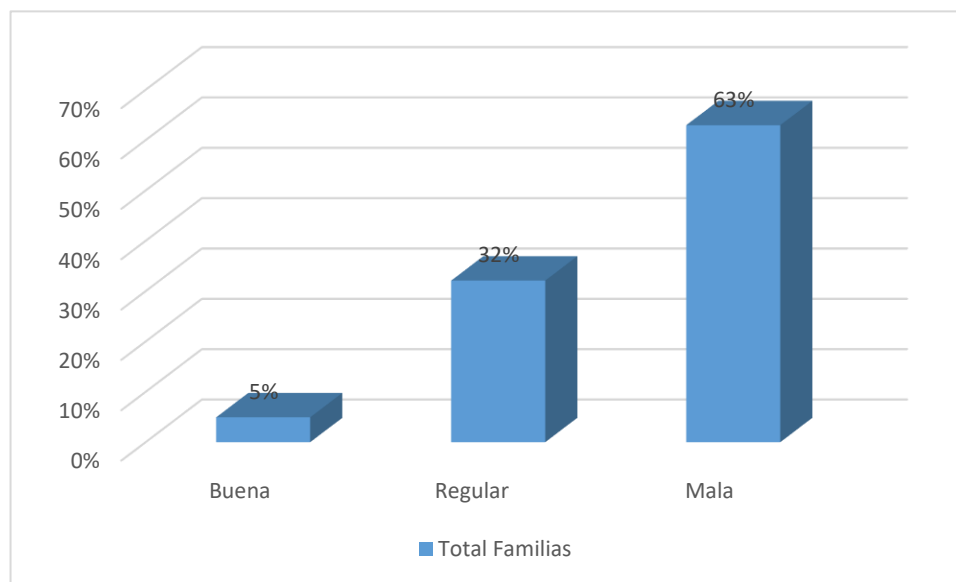
En cuanto a la calidad del agua se encontró que 4 familias equivalente a un 5% dijeron que el agua es buena, también se encuentran 26 familias equivalente al 32%, que opinaron que el agua era de calidad regular, además, se observó que 51 familias equivalente al 63% opinaron que el agua es mala, ellas corresponden a la mayor población de la comunidad (tabla 12 y gráfico 12).

Tabla 12: Calidad de agua

	Calidad			
	Buena	Regular	Mala	Total
Familias	4	26	51	81

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12: Calidad de agua



Fuente: Elaboración propia

5.1.8. Tendencia del consumo

En cuanto a las máximas horas de consumo se obtuvo que 18 familias consumen en un rango de 4 a 5 am con un porcentaje que equivale al 22.2%, 34 familias opinaron que ellas consumen en el rango de 5 a 6 am equivalente al 42% de éstas, 19 familias dijeron que su máximo consumo se encontraba en el rango de 6 a 7 am que equivale a un 23.5%, las familias restantes que son 10 opinaron que su máximo consumo era en el rango de 1 a 2 pm, que en porcentaje estas familias es el 12.3% (tabla 13 y gráfico 13).

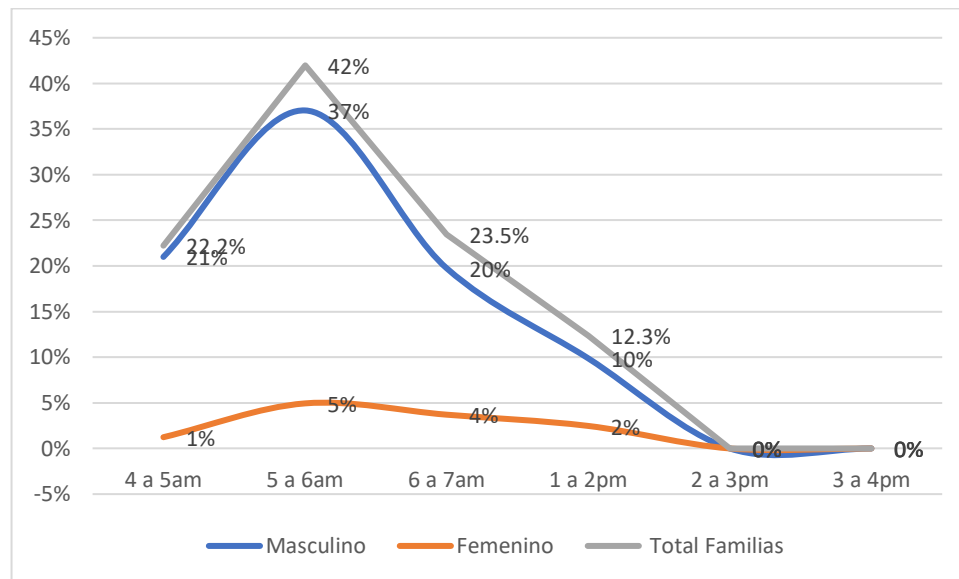
Por tanto, se puede concluir que la demanda inicia a las 4 am alcanzando pico entre 5 am y 6 am, con una posterior reducción del consumo de las 7 am a las 2 pm.

Tabla 13: Horas de máximo consumo

Sexo	Máximo consumo					
	4 a 5am	5 a 6am	6 a 7am	1 a 2pm	2 a 3pm	3 a 4pm
Masculino	17	30	16	8	0	0
Femenino	1	4	3	2	0	0
Total, Familias	18	34	19	10	0	0
Total	81					

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 13: Porcentajes de opiniones de ambos sexos referente a la hora de máximo consumo

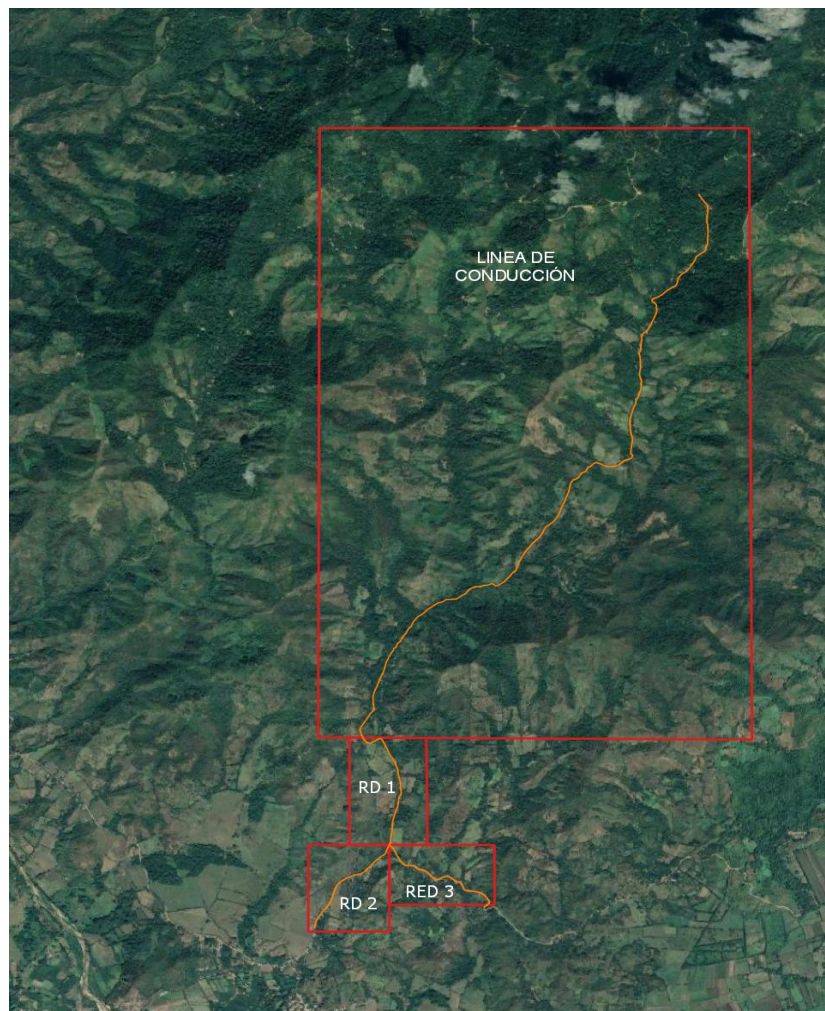


Fuente: Elaboración propia

5.2. Estudio topográfico

El estudio topográfico se realizó en dos fases, una de campo y una de gabinete. En la fase de gabinete se realizó una foto interpretación de la imagen satelital con el fin de identificar la mejor forma de realizar el levantamiento topográfico en la zona de estudio, con lo cual se identificaron cuatro zonas de levantamiento siendo estas las siguientes: Línea de conducción, red de distribución 1, red de distribución 2 y red de distribución 3. Como se muestra en el mapa 2.

Mapa 2: Ortofoto satelital Google EARTH



Fuente: Elaboración Propia con imagen GOOGLE EARTH

A nivel de campo se realizó el levantamiento con una estación total marca Trimble modelo C5, para lo cual se tomaron tres mojones geodésicos tomado mediante GPS con las coordenadas siguientes:

– Mojón 1:

$$x = 610403.230 \text{ m}$$

$$y = 1497828.85 \text{ m}$$

$$z = 489 \text{ msnm}$$

– Mojón 2:

$$x = 610400.038 \text{ m}$$

$$y = 1497811.921 \text{ m}$$

$$z = 488.228 \text{ msnm}$$

– Mojón 3:

$$x = 610395.410 \text{ m}$$

$$y = 1497931.911 \text{ m}$$

$$z = 503.787 \text{ msnm}$$

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

Una vez concluido el levantamiento se retornó a gabinete donde se realizó la descarga de datos en formato csv, los cuales fueron procesados mediante CIVIL 3D con el cual se obtuvieron los planos cuya lista se presenta en la tabla número 14.

– **Tramo línea de conducción**

En el tramo línea de conducción (fuente – tanque) el cual tiene una longitud de 5.10 km se encontró un relieve montañoso muy irregular con elevación máxima de 919.66 msnm y una elevación mínima de 540.69 msnm alcanzo una diferencia de nivel de 378.97 m, lo que sugiere tomar en cuenta en el diseño la ubicación de pilas rompe presión (planos topográficos alineamiento y perfil lámina 3 y 4).

– **Tramo de red de distribución 1**

Este tramo de red es el primero en dar servicio a la comunidad a través de las conexiones domiciliarias el cual tiene un alineamiento al camino real de la comunidad y tiene una longitud de 3.8 km presentando una elevación máxima de 540.69 msnm y una elevación mínima de 415.2 msnm con una diferencia de 89.398 m, por lo que se recomienda que para el diseño hidráulico se ubiquen pilas rompe presión (planos topográficos alineamiento y perfil lámina 5 y 6).

– **Tramo de red de distribución 2**

Este tramo parte de una bifurcación en el alineamiento del tramo uno, el tramo red de distribución 2 se orienta al sur – oeste y tiene una longitud de 1.2 km al igual que el tramo anterior se alinea al camino real de la comunidad. El tramo mencionado tiene una elevación máxima de 419.46 msnm y elevación mínima de 398 msnm con una diferencia de 21.46 m (planos topográficos alineamiento y perfil lámina 7 y 8).

– Tramo de red de distribución 3

Este tramo se encuentra al sur – este de la bifurcación del tramo red de distribución 1, tiene una longitud de 1.3 km y está alineado a lo largo del camino real comunal, presenta una elevación máxima de 439.93 msnm y una mínima de 404.242 msnm con una diferencia de 35.69 m (planos topográficos alineamiento y perfil lámina 9 y 10).

Tabla 14: Planos de alineamiento y perfiles longitudinales

Zona de levantamiento	Anexo número de planos - alineamiento	Anexo número de planos - perfil
Línea de conducción	Lámina 4	Lámina 5
Red de distribución 1	Lámina 7	Lámina 8
Red de distribución 2	Lámina 10	Lámina 11
Red de distribución 3	Lámina 13	Lámina 14

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, debido a las características irregulares del relieve y a las diferencias de nivel entre las cotas máximas y mínimas, se sugiere que para el diseño hidráulico de la línea de conducción y redes se tome en consideración la ubicación de pilas rompe presión.

5.3. Aforo de fuente

La fuente que se utilizará para el diseño del acueducto se ubica en las coordenadas 13°35'49.7" N y 85°57'5.6" O y es un arroyo de flujo superficial ubicada en un sitio conocido como "El Naranja".

Para determinar el caudal de la fuente se utilizó el método volumétrico utilizando la ecuación 10, cuyo resultado fue de 2.02 l/s como se muestra en la tabla 15 y en

los cálculos realizados con dicha ecuación. Debido a pequeñas fugas difíciles de controlar en el proceso de medición es probable que el caudal mencionado sea un poco mayor.

Tabla 15: Aforo de fuente

Ensayos	Volumen (l)	Tiempo (s)
1	7	3.54
2	7	3.51
3	7	3.49
4	7	3.39
5	7	3.45
6	7	3.23
7	7	3.61
Total	49	24.22
Q=		2.023 l/s

Fuente: Elaboración Propia

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

Ecuación (10)

Dónde:

V: Volumen (l)

T: Tiempo (s)

$$Q = \frac{49 \text{ l}}{24.22 \text{ s}} = 2.023 \text{ l/s}$$

5.4. Análisis Físico - Químico

Para el presente estudio se realizaron tomas de muestras de agua de la fuente quebrada El Naranjo ubicada en las coordenadas $x = 613431.31 \text{ m}$; $y = 1503432.08 \text{ m}$, con una elevación de 919.66 msnm . Las muestras fueron enviadas al laboratorio PIENSA de la Universidad Nacional de Ingeniería el 09/03/2020;

emitiendo el certificado de análisis el 19/03/2020. Los resultados se presentan en anexo tabla número 29.

Como se observa en los resultados descritos en la tabla anterior todos los valores fueron comparados con la norma CAPRE y los mismos se encuentran en los valores aceptados según la mencionada norma (INAA, 1999 b, págs. 10 - 12).

Se concluye que el agua es apta para el consumo humano y de acuerdo a la norma nacional deberá ser tratada únicamente con cloro con una dosis de 1 kg/día por 8.2 l/s (INAA, 1999 b, págs. 86 - 88).

5.5. Población de diseño

Para determinar la tasa de crecimiento poblacional de esta comunidad se usaron los datos de encuesta obtenidos en el año 2018 por el Ministerio de Salud (MINSA), de los cuales dio como resultado un total de 400 habitantes y los que se obtuvieron de la encuesta que realizamos con un total de 416 pobladores, con ellos se determinó la tasa de crecimiento poblacional de la comunidad, como se muestra en la ecuación 11.

$$rg = \left(\left(\frac{P_f}{P_o} \right)^{1/(n2-n1)} - 1 \right) (100) \quad \text{Ecuación (11)}$$

$$rg = \left(\left(\frac{416}{400} \right)^{\frac{1}{2020-2018}} - 1 \right) (100) = 1.98\% < 2.5\%$$

Como se puede apreciar la tasa de crecimiento calculada con la encuesta realizada por el MINSA y la que se realizó por nosotros mismos es de 1.98% menor a lo establecido por la norma, por lo tanto, se procede a utilizar 2.5% que es el

valor mínimo que establece la norma para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional (INAA, 1999 a, págs. 9 - cap. 2.2).

También se optó por un periodo de diseño de 20 años basado en el tipo de fuente superficial como lo recomienda la norma (INAA, 1999 a, págs. 14 - cap. 4.1).

Se calculó una población futura basada en la ecuación 1 de 682 habitantes, los resultados detallados se presentan en la tabla 16.

Tabla 16: Proyección de la población

No	Año	Población
1	2021	426
2	2022	437
3	2023	448
4	2024	459
5	2025	471
6	2026	482
7	2027	494
8	2028	507
9	2029	520
10	2030	533
11	2031	546
12	2032	559
13	2033	573
14	2034	588
15	2035	602
16	2036	618
17	2037	633
18	2038	649
19	2039	665
20	2040	682

Fuente: Elaboración propia

$$P_n = 416(1 + 0.025)^{20} = 682 \text{ habitantes}$$

5.5.1. Caudal de diseño

– Consumo doméstico

Para determinar el caudal de diseño se asumió una dotación de 60 lppd que corresponde a la máxima que establece la norma para la zona rural (INAA, 1999 a, págs. 10 - cap. 3.1).

Aplicando la ecuación 12 se encontró que el consumo doméstico fue de 0.47 l/s, como se muestra a continuación.

$$CD = \frac{P_f(Dotación)}{86400} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Dónde:

CD: Consumo Doméstico (l/s)

P_f: Población futura (hab)

Dotación: 60 lppd

$$CD = \frac{682(60)}{86400} = 0.47 \text{ l/s}$$

– Consumo Institucional (CI)

También se tomó en cuenta el consumo institucional, que corresponde al 7% del consumo doméstico (INAA, 1999 b, págs. 12 - cap. 2.3.2) cuya expresión se presenta en la ecuación 13.

El resultado del consumo institucional fue de 0.0329 l/s, se presenta a continuación.

$$CI = \frac{7}{100}(CD) \quad \text{Ecuación (13)}$$

Dónde:

CI: Consumo Institucional (l/s)

CD: Consumo Doméstico (l/s)

$$CI = \frac{7}{100}(0.47) = 0.0329 \text{ l/s}$$

– **Consumo Promedio Diario (CPD)**

El consumo promedio diario corresponde al consumo doméstico más el factor de la demanda que en este caso es el consumo institucional, la expresión se muestra en la ecuación 2.

El consumo promedio diario calculado corresponde a 0.503 l/s y se presenta a continuación.

$$CPD = 0.47 + 0.033 = 0.503 \text{ l/s}$$

– **Fugas**

Las fugas o pérdidas de agua en el sistema corresponden al 20% del Consumo Promedio Diario (CPD) de acuerdo a la norma (INAA, 1999 a, págs. 16 - cap. 4.7), como se muestra en la ecuación 14.

Las pérdidas calculadas corresponden a 0.101 l/s como se muestra a continuación.

$$P\acute{e}rdidas = \frac{20}{100}(CPD) \quad \text{Ecuaci3n (14)}$$

D3nde:

CPD: Consumo Promedio Diario (l/s)

P3rdida: P3rdida o fugas en el sistema (l/s)

$$P\acute{e}rdidas = \frac{20}{100}(0.503) = 0.101 \text{ l/s}$$

– Consumo M3ximo Diario

El consumo m3ximo diario (CMD) corresponde al 1.5 veces al consumo promedio diario (CPD) m3s las p3rdidas del sistema, de acuerdo a la norma (INAA, 1999 a, p3gs. 14 - cap. 4.2), como se muestra en la ecuaci3n 3.

El Consumo M3ximo Diario calculado fue de 0.855 l/s, como se muestra a continuaci3n.

$$CMD = 1.5 (0.503) + 0.101 = 0.855 \text{ l/s}$$

– Consumo M3ximo Horario

El consumo m3ximo horario (CMH) corresponde al 2.5 veces al consumo promedio diario (CPD) m3s las p3rdidas del sistema, de acuerdo a la norma (INAA, 1999 a, p3gs. 14 - cap. 4.2), como se muestra en la ecuaci3n 4.

El Consumo Máximo Horario calculado fue de 1.358 l/s, como se muestra a continuación.

$$CMH = 2.5 (0.503) + 0.101 = 1.358 \text{ l/s}$$

5.5.2. Diseño de la línea de conducción

A continuación, se describen los diferentes componentes de la línea de conducción, iniciando con la obra de captación, concluyendo en el tanque de almacenamiento, en este acápite se presenta todo el diseño hidráulico de la línea de conducción lo que incluye cálculos y planos (anexo tablas 31, 35 y 39).

5.5.2.1. Obra de captación

La obra de captación se ubicará en la cota 919.66 msnm como se presenta en el perfil longitudinal lámina 5 y será construida de concreto armado, como se muestra en el plano lámina 16.

Así mismo la diferencia de nivel con relación al tanque de almacenamiento el cual se encuentra en la cota 540.69 msnm es de 378.97 msnm, lo que representa una carga estática considerable por lo que se proyectaron cinco pilas rompe presión a lo largo de 5 km (planos de diseño laminas 4 – 5).

5.5.2.2. Pérdidas de carga en la línea de conducción

Debido a la longitud de la línea de conducción de 5 km y a la carga estática en la misma la cual alcanzó 378.97 m, fue necesario ubicar 5 pilas rompe presión en 6 tramos de tubería que a continuación se describen (planos laminas 3 – 5).

Así mismo todos los tramos se diseñaron con tubería PVC SDR – 17 diámetro 2 plg norma ASTM 2241, con una velocidad de flujo de 0.38 m/s.

– Velocidad de Flujo

$$v = \frac{0.000855}{3.1416 \left(\frac{0.0532^2}{4} \right)} = 0.38 \text{ m/s}$$

– Tramo 1. 0+000 – 0+462

Este tramo de 461.77 m alcanzó una pérdida de carga por fricción de 1.57 m y una carga estática de 71.34 m que corresponde a la diferencia de nivel de la obra de captación y la pila rompe presión. Se presenta en el plano de diseño lámina 4 el alineamiento.

A continuación, se presentan los resultados del diseño del tramo 1 aplicando la ecuación 5 de Hazen – Williams.

– **Pérdida de carga por fricción**

$$h_f = 10.675 \left(\frac{0.000855^{1.85}}{150^{1.85} 53.2^{4.87}} \right) 461.77 = 1.57 \text{ m}$$

– **Tramo 2. 0+462 – 0+797.96**

Este tramo de 335.96 m alcanzó una pérdida de carga por fricción de 1.14 m y una carga estática de 46.88 m. Se presenta en el plano lámina 4 el alineamiento.

A continuación, se presentan los resultados del diseño del tramo 2 aplicando la ecuación 5 de Hazen – Williams.

– **Pérdida de carga por fricción**

$$h_f = 10.675 \left(\frac{0.000855^{1.85}}{150^{1.85} 53.2^{4.87}} \right) 335.96 = 1.14 \text{ m}$$

– **Tramo 3. 0+797.96 – 1+247**

Este tramo de 449.09 m alcanzó una pérdida de carga por fricción fue de 1.52 m y una carga estática de 50.68 m. Se presenta en el plano lámina 4 el alineamiento.

A continuación, se presentan los resultados del diseño del tramo 3 aplicando la ecuación 5 de Hazen – Williams.

– **Pérdida de carga por fricción**

$$h_f = 10.675 \left(\frac{0.000855^{1.85}}{150^{1.85} 53.2^{4.87}} \right) 449.09 = 1.52 \text{ m}$$

– **Tramo 4. 1+247 – 2+102.4**

Este tramo de 855.67 m alcanzó una pérdida de carga por fricción fue de 2.9 m y una carga estática de 64.36 m. Se presenta en el plano de diseño lámina 4 el alineamiento.

A continuación, se presentan los resultados del diseño del tramo 4 aplicando la ecuación 5 de Hazen – Williams.

– **Pérdida de carga por fricción**

$$h_f = 10.675 \left(\frac{0.000855^{1.85}}{150^{1.85} 53.2^{4.87}} \right) 855.67 = 2.90 \text{ m}$$

– **Tramo 5. 2+102.4 – 4+447.6**

Este tramo de 2345.13 m alcanzó una pérdida de carga por fricción fue de 7.96 m y una carga estática de 84.90 m. Se presenta en el plano de diseño lámina 4 el alineamiento.

A continuación, se presentan los resultados del diseño del tramo 5 aplicando la ecuación 5 de Hazen – Williams.

– **Pérdida de carga por fricción**

$$h_f = 10.675 \left(\frac{0.000855^{1.85}}{150^{1.85} 53.2^{4.87}} \right) 2345.13 = 7.95 \text{ m}$$

– **Tramo 6. 4+447.6 – 5+003**

Este tramo de 649.78 m alcanzó una pérdida de carga por fricción fue de 2.20 m y una carga estática de 60.89 m. Se presenta en el plano de diseño lámina 4 el alineamiento del mismo.

A continuación, se presentan los resultados del diseño del tramo 6 aplicando la ecuación 5 de Hazen – Williams.

– **Pérdida de carga por fricción**

$$h_f = 10.675 \left(\frac{0.000855^{1.85}}{150^{1.85} 53.2^{4.87}} \right) 649.78 = 2.20 \text{ m}$$

5.5.2.3. Golpe de ariete

El golpe de ariete en un sistema por gravedad está relacionado al tiempo de cierre de la válvula, maniobra que es controlada manualmente por un operador, debido a esta condición es posible reducir la sobrepresión aumentando el tiempo de cierre haciendo que este sea mayor que el tiempo de oscilación completa de la onda de presión que recorre la tubería, como se indica en la ecuación 5. Así mismo para conocer el valor de la ecuación 5 será necesario conocer el valor de la celeridad de la onda de presión que se indica en dicha ecuación.

Debido a que el valor de la celeridad está en función del material y el diámetro de la tubería y que en el diseño de la línea de conducción por gravedad del presente estudio el diámetro fue constante a lo largo de la línea y el material utilizado para la tubería fue de PVC SDR – 17 el valor de la celeridad en los 6 tramos fue de 410.7 m/s, resultado que se aproxima a 410 m/s este último valor de celeridad proporcionado por el fabricante (AMANCO, 2006, pág. 31).

A continuación, se presenta el resultado de la celeridad para tubería PVC SDR – 17.

$$a: \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.33 * \frac{60.32}{3.55}}} = 410.7 \text{ m/s}$$

– Tiempo de oscilación completa de la onda

Debido a que los tramos tienen longitudes diferentes, de acuerdo a la ecuación 15 podrá decirse que el tiempo de oscilación completa de la onda varía en cada tramo a pesar de que la celeridad es la misma para todos los tramos. Conocer el tiempo de la oscilación de la onda es importante para que la maniobra de cierre se haga en un tiempo mayor al mencionado tiempo y reducir la sobre presión en la tubería causada por el golpe de ariete.

De esta forma se encontró que para el tramo uno el tiempo de oscilación de la onda fue de 2.2 s, el tramo dos fue de 1.6 s, en el tramo tres fue de 2.2 s, en el tramo cuatro fue de 4.2 s, en el tramo cinco fue de 11.4 s y finalmente en el tramo seis es de 3.2 s.

Por tanto, la maniobra del cierre de la válvula debe tener una duración mayor que el tiempo de oscilación de la onda de presión, tomando en consideración los tiempos calculados que a continuación se describen por tramos.

A continuación, se describe los resultados por cada tramo.

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

Ecuación (15)

t: Tiempo de oscilación completa de la onda, s

L: Longitud, m

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

Finalmente se aconseja como se explicó en los incisos anteriores un cierre lento, se recomienda que la maniobra tenga una duración de por lo menos 30 s para reducir la sobrepresión al máximo, teniendo en cuenta el tiempo antes mencionado la sobrepresión para el cierre lento se recomienda la ecuación 8 de Michaud.

A continuación, se presentan los resultados de la sobrepresión para cada tramo, considerada esta como cierre lento.

Tabla 17: Cálculos de golpe de ariete

Tramo	Tiempo de oscilación completa de la onda	Ecuación Michaud	ΔP del sistema = $\Delta P + H_g$
0+000 – 0+462	$t: \frac{2(461.77)}{410.7} = 2.2 \text{ s}$	$\Delta H: \frac{2 (461.77) (0.38)}{9.81 (30)} = 1.2 \text{ mca}$	72.5 mca
0+462 – 0+778	$t: \frac{2(335.96)}{410.7} = 1.6 \text{ s}$	$\Delta H: \frac{2 (335.96) (0.38)}{9.81 (30)} = 0.9 \text{ mca}$	47.8 mca
0+778 – 1+247	$t: \frac{2(449.09)}{410.7} = 2.2 \text{ s}$	$\Delta H: \frac{2 (449.09) (0.38)}{9.81 (30)} = 1.2 \text{ mca}$	51.8 mca
1+247 – 2+102.4	$t: \frac{2(855.67)}{410.7} = 4.2 \text{ s}$	$\Delta H: \frac{2 (855.67) (0.38)}{9.81 (30)} = 2.2 \text{ mca}$	66.6 mca
2+102.4 – 4+447.6	$t: \frac{2(2345.13)}{410.7} = 11.4 \text{ s}$	$\Delta H: \frac{2 (2.345.13) (0.38)}{9.81 (30)} = 6.1 \text{ mca}$	91 mca
4+447.6 – 5+003	$t: \frac{2(649.78)}{410.7} = 3.2 \text{ s}$	$\Delta H: \frac{2 (649.78) (0.38)}{9.81 (30)} = 1.7 \text{ mca}$	62.6 mca

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en la tabla 17, las sobrepresiones alcanzadas tuvieron un valor relativamente bajo, siendo la menor de 0.9 mca y la mayor de 6.1 mca, debe indicarse además que la sobre presión es un incremento sobre la carga hidrostática del tramo, por lo que la presión total será igual a la carga hidrostática más la sobrepresión como se muestra de igual forma en la tabla 17.

5.5.2.4. Válvulas en la línea de conducción

En el diseño de la línea de conducción se utilizaron tres tipos de válvulas, las válvulas de admisión y expulsión de aire construida bajo la norma ASTM C231 – 14 y AISI 410, las cuales se ubicaron en las cimas y valles de la línea de conducción para reducir sobrepresiones o implosiones en la línea mencionada. También se ubicaron válvulas de compuerta construida bajo la norma ASTM A536 y ASTM 304 que soportan una presión máxima de 200 psi las cuales se utilizaron para la limpieza de la tubería, otras en la obra de captación y en la llegada al

tanque; esta última con el propósito de realizar el control de flujo a través de la línea de conducción. Finalmente, en el último tramo de la línea de conducción en la llegada al tanque se incluyó una válvula de regulación de caudal, la cual asegurará la llegada al tanque un flujo de 1.358 l/s (INAA, 1999 b, pág. 44). En la tabla 18 se presenta un listado de las válvulas que se instalarán en los diferentes tramos en la línea de conducción, además la ubicación de la mismas se presenta en el plano lámina 5.

Así mismo, se incluyeron cinco pilas rompe presión con la finalidad de mantener las presiones hidrostáticas en un rango mayor a 5 m y menor de 70 m (INAA, 1999 b, pág. 45). La ubicación de la misma se presenta en los planos laminas 3 – 5 y los planos constructivos se presentan en la lámina 15.

Tabla 18: Válvulas ubicadas en la línea de conducción

Tramos	Válvula de aire	Válvula de limpieza	Válvula de compuerta	Válvula reductora de caudal
0+000 – 0+462	2	1	1	
0+462 – 0+778	1		1	
0+778 – 1+247	1	1	1	
1+247 – 2+102.4	5	4	1	
2+102.4 – 4+447.6	3	4	1	
4+447.6 – 5+003	2	3	1	1
Total	14	13	6	1

Fuente: Elaboración propia

5.5.3. Tanque de almacenamiento

El tanque se dimensionó tomando en consideración los parámetros establecidos en la norma la cual considera un 15% del consumo promedio diario como volumen de compensación y un 20% de consumo promedio diario para reserva para eventualidades alcanzando un 35% del consumo promedio diario como el volumen total de almacenamiento (INAA, 1999 a, pág. 36).

Los resultados encontrados fueron 6.52 m³ para el volumen de compensación calculado de acuerdo a la ecuación número 16, así como 8.69 m³ según la ecuación número 17 para el volumen destinado a eventualidades, teniendo un volumen total de almacenamiento para el último día del periodo de diseño de 15.21 m³, que equivale al 35% del consumo promedio diario.

Los cálculos se presentan a continuación:

$$Vol\ Compensador = \frac{(CPD)(15\%)(86400)}{1000} \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$Vol\ Compensador = \frac{(0.5029)(0.15)(86400)}{1000} = 6.52\ m^3$$

$$Vol\ de\ Reserva = \frac{(CPD)(20\%)(86400)}{1000} \quad \text{Ecuación (17)}$$

$$Vol\ de\ Reserva = \frac{(0.5029)(0.20)(86400)}{1000} = 8.69\ m^3$$

El tanque será construido de concreto reforzado de acuerdo al plano de diseño lámina 19. El tanque se ubicará en la cota 540.69 msnm, cota con la que se alcanza la altura hidrostática necesaria para cumplir con las presiones en la red de acuerdo con los parámetros establecidos en la norma (INAA, 1999 a, pág. 4.3).

5.5.3.1. Desinfección

Debido a que el resultado de los análisis del agua mostró que todos los parámetros físico – químico y biológico se encuentran en los rangos que manda la norma CAPRE como se mencionó en el capítulo 3.4 del presente documento, se procedió únicamente a realizar la desinfección con hipoclorito de sodio de acuerdo a las dosis recomendada en la norma (INAA, 1999 b, págs. 96 - 99).

De acuerdo al caudal de diseño ($Q = 1.358$ l/s) y basado en la recomendación de la norma se requerirá 0.17 kg/día de cloro, lo que en términos de hipoclorito de sodio comercial con una concentración de 130 g/l equivale a 1.31 l/día, el cual será diluido en 100 litros de agua para alcanzar una concentración de 1.31% , el producto diluido se aplicará a una tasa de 4.16 l/h durante las 24 horas de servicio, los cálculos detallados se presentan en la tabla 19 y los cálculos de requerimiento se realizaron mediante la ecuación:

$$Ca: \frac{117.3312 \times 1.45}{1000} = 0.17 \text{ Kg cloro/día}$$

Tabla 19: Desinfección con hipoclorito

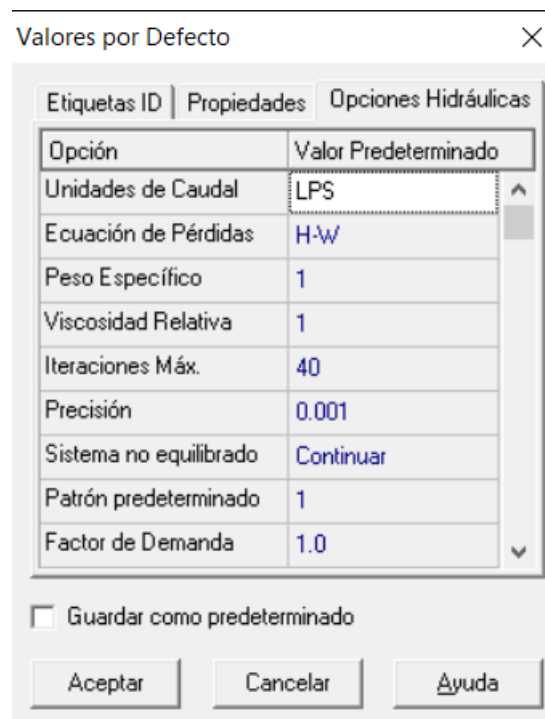
ITEMS	Cantidades
Se asume:	
Hipo cloración para capacidades menores	1 kg/día
Caudales como máximo	8.2 L/s
Para Q	1.358 L/s
Requerimiento	0.17 Kg/día
Concentración hipoclorito comercial	130 gr/L
Volumen necesario de hipoclorito comercial concentrado 130 gr/L	1.31 L/día
Cálculo de la capacidad	
Bombeo	24 h por día
Volumen x día	117331.2 L
Q	117.3312 m ³ /día
(Dosis de cloro a aplicar) Concentración hipoclorito	1.45 mg/L
(Ca) Capacidad	0.17 Kg Cloro/día
Forma de aplicación	
Dilución en:	100 L
Concentración de la solución de hipoclorito x 100 litros	1.31% La norma dice de 1% al 3%
Aplicación de la solución de cloro	4.16 L/h Aplicado en 24 horas

Fuente: Elaboración propia

5.5.4. Simulación hidráulica con EPANET

Se realizó la simulación hidráulica con EPANET de todos los componentes del MAG que incluyen línea de conducción y red de distribución, esta última para su análisis se dividió en tres tramos atendiendo a la distribución de la comunidad. EPANET se configuró para pérdidas de cargas calculadas con Hazen – Williams, caudales en litros por segundo y alturas de presión en metros, como se muestra en la ilustración 1.

Ilustración 1: Configuración de EPANET



5.5.4.1. Simulación de la línea de conducción

La línea de conducción con longitud de 5003.217 m, diseñada con tubería PVC SDR 17 ASTM 2241, diámetro de 2 plg se dividió en tramos debido a la necesidad de instalar pilas rompe presión la que se muestra en la ilustración 2.

Los resultados de la simulación fueron los siguientes:

La línea de conducción desde la fuente al tanque tiene una carga estática de 378.97 m, casi 5 veces y media superior al máximo establecido por la norma, debido a esta condición hidráulica para la simulación fue necesario instalar pilas rompe presión resultando de este procedimiento seis tramos a lo largo de 5003.217 m de línea de conducción, los resultados hidráulicos se presentan en la tabla número 20 y puede observarse que en cada tramo se cumplen las presiones que establece la norma (INAA, 1999 a, pág. 4.3). La distribución de presiones a lo largo de la línea de conducción se presenta en las ilustraciones 2, 3 y 4.

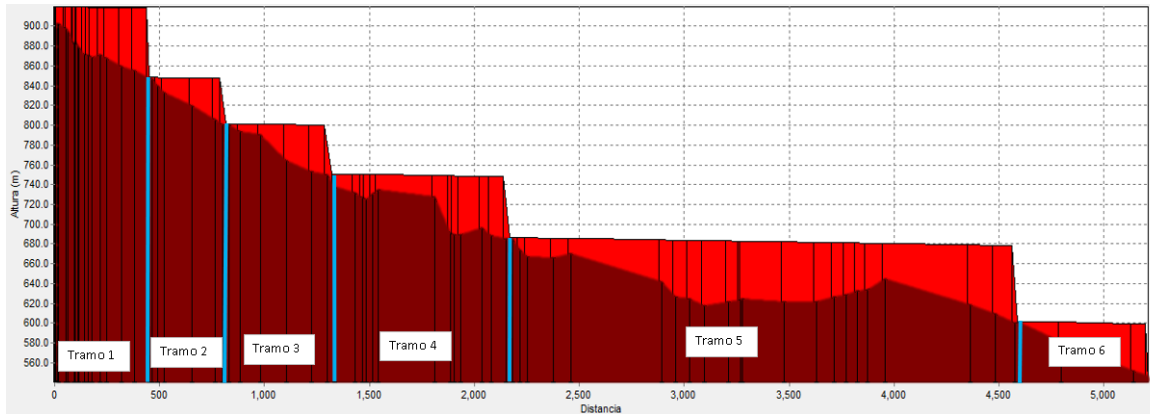
También se observa en la tabla antes mencionada y en la ilustración 3 que la velocidad de flujo fue de 0.38 m/s lo que se debe a que el diámetro de la tubería PVC fue de 2 plg en todos los tramos, con caudal constante igual al consumo máximo diario de 0.85 lps. La velocidad antes mencionada cumple con la norma (INAA, 1999 b, pág. 46).

Tabla 20: Características hidráulicas de la línea de conducción de 0.85 lps con diámetro de tubería PVC 2 plg

Tramos	Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Altura piezométrica mínima (m)	Altura piezométrica máxima (m)
1	467.41	0.38	15.24	69.8
2	312.73	0.38	7.42	45.85
3	440.89	0.38	6.82	49.2
4	828.47	0.38	11.8	61.6
5	2357.29	0.38	11.32	77.14
6	596.42	0.38	18.69	52.16

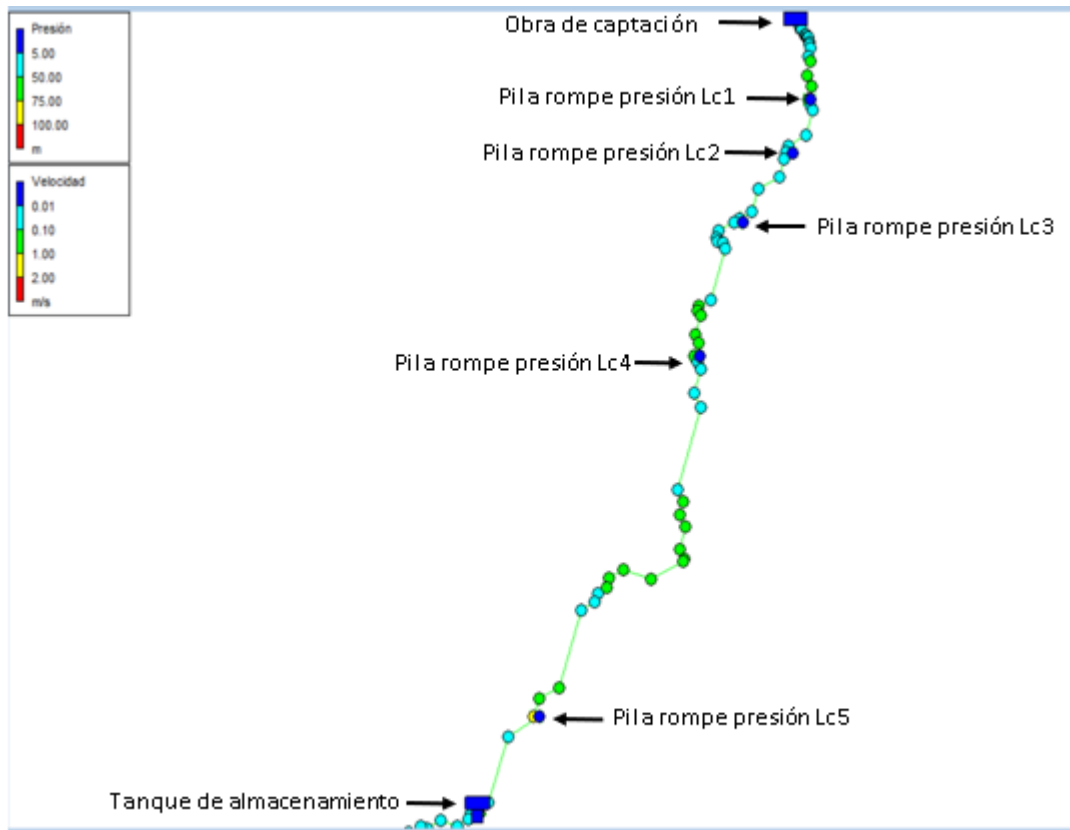
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2: Línea piezométrica y cota



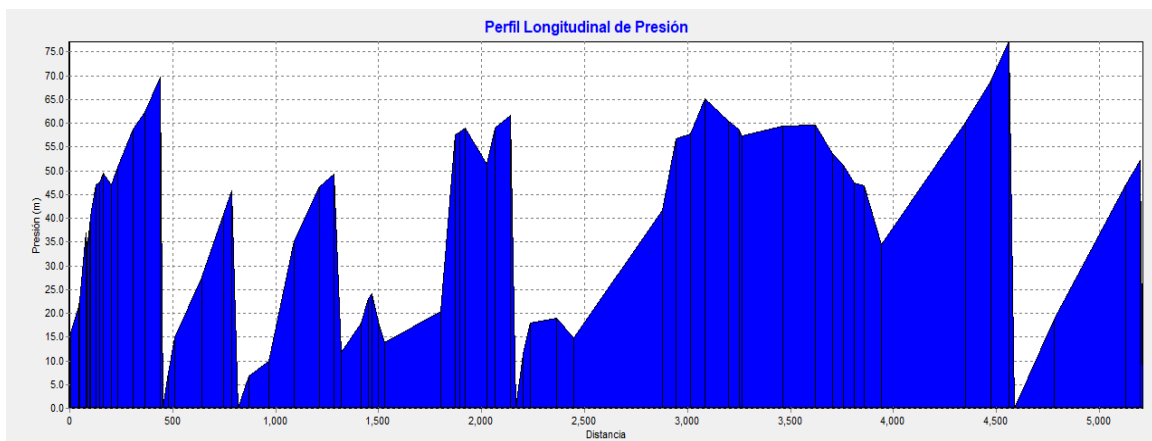
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3: Velocidades y presiones en la línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4: Perfil longitudinal de presiones en la línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

5.5.4.2. Simulación de la red de distribución

Como se indicó anteriormente la red de distribución se analizó en tres sectores los cuales se determinaron en la distribución espacial de los usuarios. La longitud total de la red es de 6360.93 m y se diseñó con diámetros de tubería PVC SDR 26 de 2 plg, a través de las cuales circula y se distribuye un caudal máximo horario equivalente a 1.358 lps.

En la tabla número 21 se presenta la repartición del caudal máximo horario según la demanda de cada uno de los tres sectores de la red, la asignación de caudales a cada sector se basó en el número de viviendas que recibirán el servicio, optándose por este método debido a que las longitudes no se relacionan con la cantidad de viviendas que en ellas hay; pudiendo por ejemplo haber una gran longitud con pocas viviendas o una longitud pequeña con muchas viviendas.

Tabla 21: Caudales en las redes de distribución

	Long (m)	Factor de ponderación	Caudal por Red (lps)
Red 1	3834.02	0.2963	0.402
Red 2	1193.91	0.3210	0.436
Red 3	1333.00	0.3827	0.520
Total	6360.93		1.358

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen los caudales:

- En el sector uno con una longitud de 3834.02 m y 24 viviendas se asignó un caudal de 0.402 lps.
- En el sector dos con longitud de 1193.91 m y 26 viviendas se estableció 0.436 lps.
- En el sector tres con una longitud de 1333.00 m con un total de viviendas de 31 se fijó un caudal de 0.520 lps.

A continuación, basado en los caudales asignados a cada sector de la red se describirán las características hidráulicas de cada una resultante de la simulación con EPANET.

– **Red de distribución 1**

En la tabla 22 e ilustraciones 5, 6 y 7 pueden observarse que el sector 1 de la red de distribución se dividió en 5 tramos con el propósito de mantener las presiones menores de 70 m y mayores de 5 m, las cuales alcanzaron un mínimo de 5 m y un máximo de 44.8 m como se observa en las últimas columnas de la tabla indicada (INAA, 1999 a, pág. 4.3).

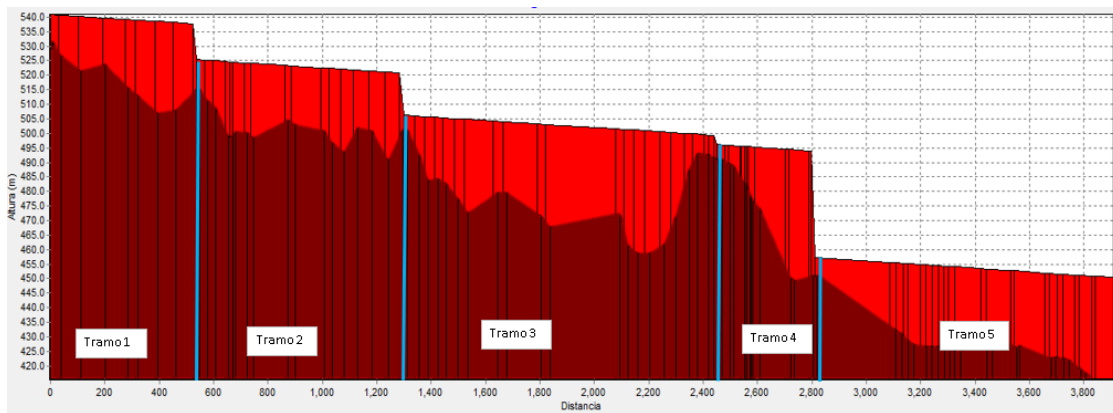
Así mismo en los 5 tramos de este sector de red se observó una velocidad de 0.56 m/s, la cual se presenta en la tabla número 22 e ilustración 6 (anexo tabla 32, 36 y 40); todas las velocidades cumplen con la norma (INAA, 1999 a, pág. 4.3).

Tabla 22: Características hidráulicas de la red de distribución 1

Tramos	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Caudal (lps)	Velocidad (m/s)	Altura piezométrica mínima (m)	Altura piezométrica máxima (m)
1	55.7	550.35	1.358	0.56	9.46	31.5
2	55.7	711.76	1.358	0.56	10	30.8
3	55.7	1119.12	1.358	0.56	5	42.16
4	55.7	352.39	1.358	0.56	5	44.8
5	55.7	1100.40	1.358	0.56	6	35.16

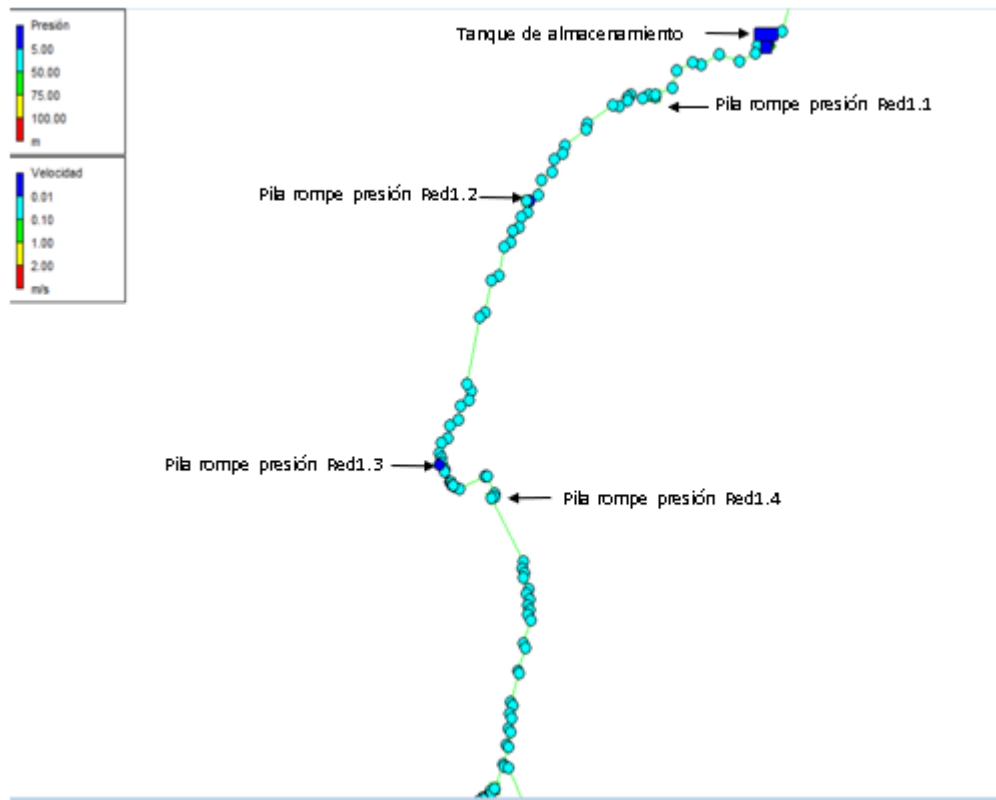
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5: Línea piezométrica y cota en red de distribución 1



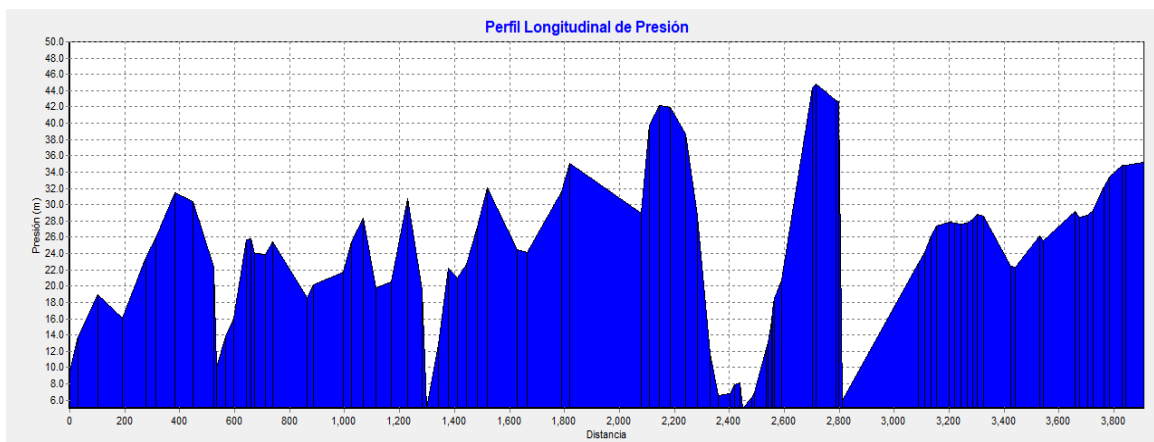
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6: Velocidades y presiones en la red de distribución 1



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7: Perfil longitudinal de presiones en la Red de Distribución 1



Fuente: Elaboración propia

– **Red de distribución 2**

En este sector de red de acuerdo a la tabla número 23 e ilustraciones 8, 9 y 10 se diseñaron 2 tramos, para mantener las presiones en el rango que establece la norma, encontrándose una presión mínima de 5 m y una máxima de 36.03 m, como se observa en las últimas dos columnas de la tabla antes mencionada (INAA, 1999 a, pág. 4.3).

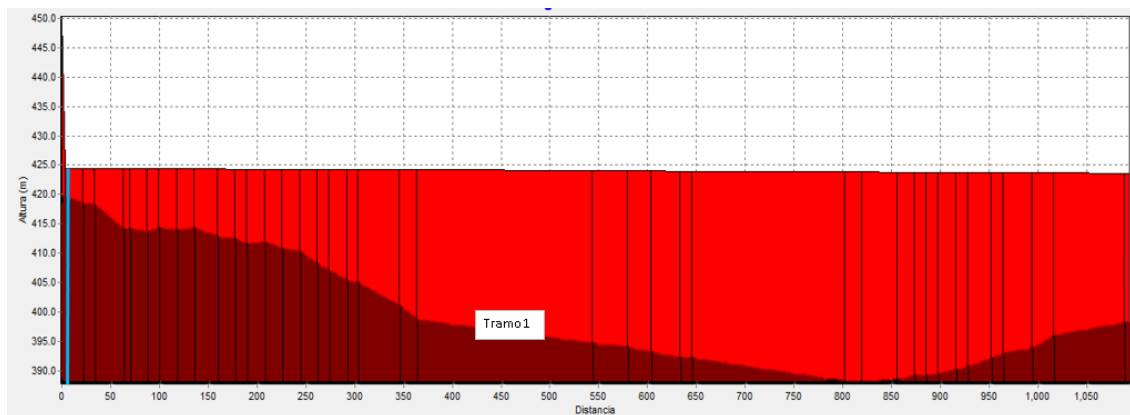
Igualmente, la velocidad en ambos tramos tuvo un valor de 0.18 m/s como se observa en la tabla 23 e ilustración 9 (anexo tabla 33, 37 y 41).

Tabla 23: Características hidráulicas de la red de distribución 2

Tramos	Diámetro (mm)	Caudal (lps)	Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Altura piezométrica mínima (m)	Altura piezométrica máxima (m)
1	55.7	0.44	102.11	0.18	30.86	30.86
2	55.7	0.44	1091.79	0.18	5	36.03

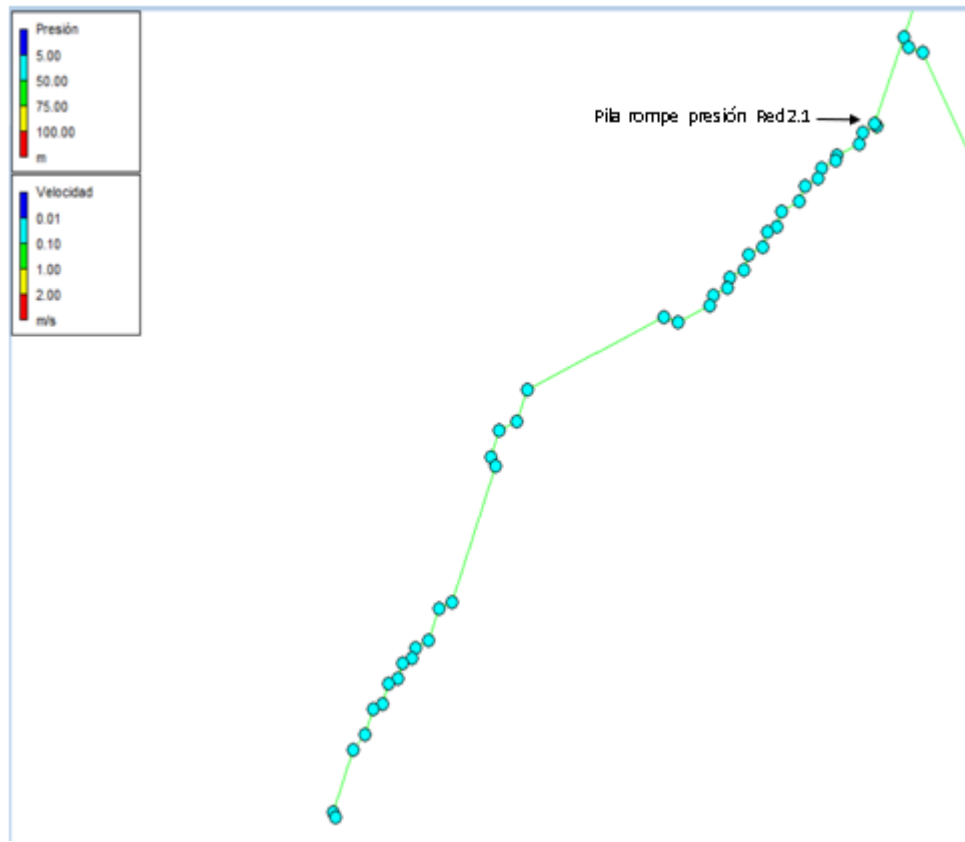
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8: Línea piezométrica y cota en red de distribución 2



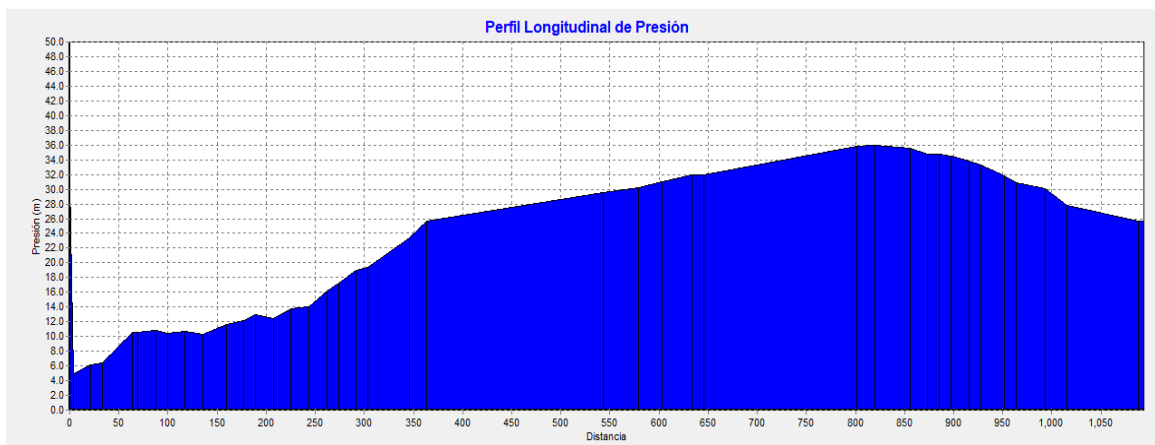
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9: Presiones y velocidades en la red de distribución 2



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10: Perfil longitudinal de presiones en la red de distribución 2



Fuente: Elaboración propia

– **Red de distribución 3**

Este sector de red se diseñó igual que la anterior con 2 tramos, con el propósito de las presiones se encuentren en el rango de la norma, las cuales tuvieron un mínimo de 5 m y un máximo de 39.2 m, como se observa en la tabla 24 e ilustraciones 11, 12 y 13 (INAA, 1999 a, pág. 4.3).

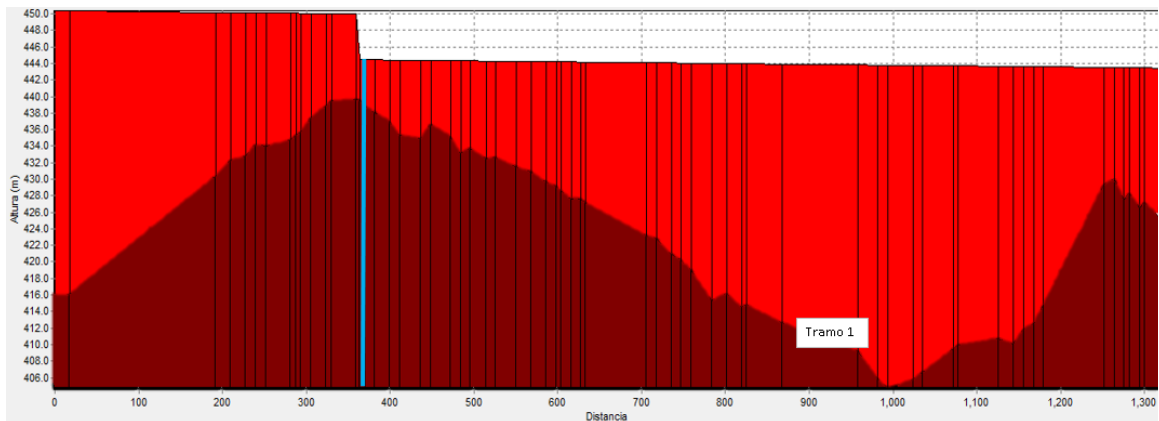
Además, en ambos tramos se observaron velocidades de 0.21 m/s, se describen en la tabla 24 e ilustración 12 (anexo tablas 34, 38 y 42).

Tabla 24: Características hidráulicas de la red de distribución 3

Tramos	Diámetro (mm)	Caudal (lps)	Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Altura piezométrica mínima (m)	Altura piezométrica máxima (m)
1	55.7	0.52	373.56	0.21	10.54	34.51
2	55.7	0.52	959.45	0.21	5	39.2

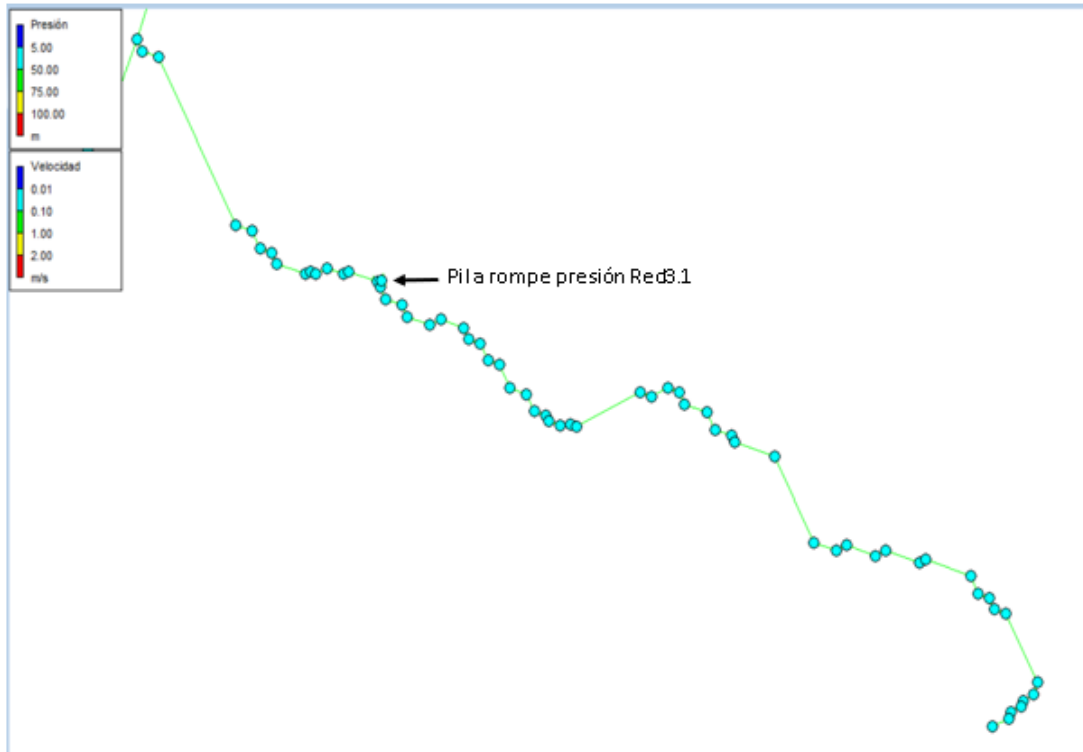
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11: Línea piezométrica y cota en red de distribución 3



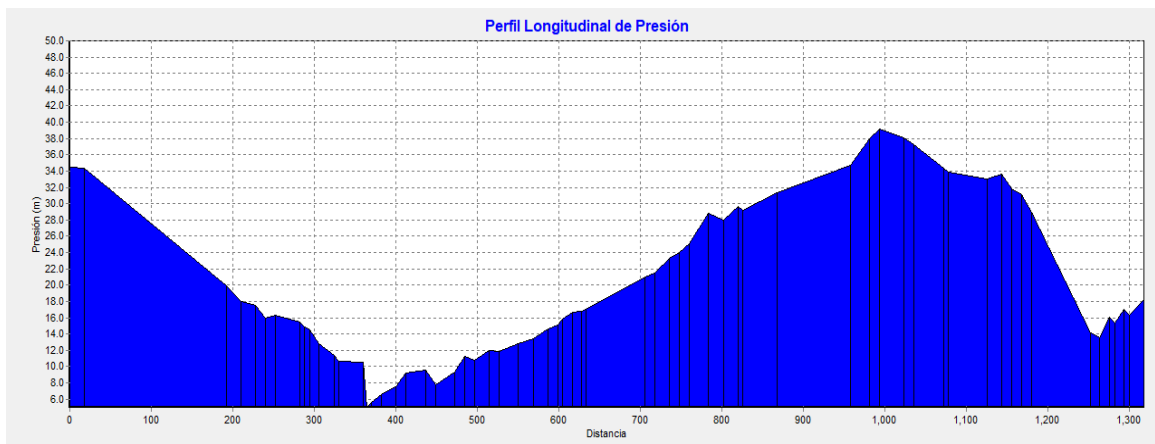
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12: Presiones y velocidades en la red de distribución 3



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13: Perfil longitudinal de presiones en la red de distribución 3



Fuente: Elaboración propia

5.5.4.3. Simulación al caudal cero

Con el propósito de conocer las máximas presiones hidrostáticas en la red se realizó una simulación con caudal cero, creando de este modo un escenario con consumo mínimo, lo que a su vez provoca el aumento de las presiones en la red al no existir pérdidas de carga por fricción por tanto, se trata de conocer cuáles son los valores máximos y compararlo con lo máximo permitido por la norma (INAA, 1999 a, pág. 4.3).

A continuación, se presentan las presiones máximas y mínimas por sector de red, teniendo en cuenta las presiones que se generan en los diferentes tramos de cada sector.

– Red de distribución 1

En el sector de red de distribución 1, tomando en consideración los 5 tramos de la misma se encontró una presión mínima de 5 m que ocurre en el tramo 3 y 4, una máxima de 46.48 m que se da en el tramo 4. Todas las presiones cumplen con la norma y los valores son menores a la capacidad máxima de presión para las tuberías PVC SDR 26, por lo que desde este punto de vista el diseño se considera satisfactorio. Los valores de las presiones se presentan en la tabla número 25 y corresponden a las filas de 1 a 5; correspondiente a la red de distribución 1 (anexo tabla 43).

– Red de distribución 2

El sector 2 de la red está compuesta de 2 tramos en los cuales se encontró una presión mínima de 5 m y una máxima de 37.83 m ambas presiones se encuentran en el rango de la norma y son menores a la capacidad máxima de presiones para

la tubería PVS SDR 26, por lo que este diseño se considera adecuado. Un resumen de los resultados se presenta en la tabla 25 en la fila 1 y 2 de la red de distribución 2 (anexo tabla 44).

– **Red de distribución 3**

En este sector de red se diseñaron 2 tramos encontrándose en ellos una presión mínima de 5 m y una máxima de 41.42 m, que al igual que las anteriores cumplen con la norma, siendo además menores que la capacidad máxima de resistencia a presiones de las tuberías PVC SDR 26, como se puede observar en la tabla 25 fila 1 y 2 de red de distribución 3 (anexo tabla 45).

Tabla 25: Presiones hidrostáticas mínimas y máximas por cada sector de red

Sector	Tramo	Presión mínima (m)	Presión máxima (m)
Red de distribución 1	1	9.71	34.06
	2	10	34.98
	3	5	47.3
	4	5	46.48
	5	6	42.09
Red de distribución 2	1	37.83	37.83
	2	5	36.65
Red de distribución 3	1	17.83	41.42
	2	5	39.87

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, las presiones hidrostáticas generadas con consumo mínimo cumplen con la normativa de INAA y además son menores que la capacidad máxima de soporte de presiones de la tubería PVC SDR 26, con la cual fue

diseñada toda la red. Además, puede observarse que los tramos existentes se deben a la presencia de pilas rompe presiones debido a que el terreno donde se diseñó la red es muy irregular, por lo que se generan presiones hidrostáticas mayores a la norma; por lo que debió ubicar las pilas rompe presión y mantener la operación en la red con las presiones recomendadas por el INAA.

5.5.4.4. Válvulas en la red de distribución

Con el propósito de realizar el control de flujo en la operación de la red se instalaron 6 válvulas de compuerta de bronce con capacidad de resistencia 250 psi (planos de diseño lámina 8, 11 y 14). Así mismo se instalaron 23 válvulas para limpieza de la red ubicada en los puntos más bajo de la misma las cuales fueron de tipo compuerta de bronce con capacidad de resistencia a las presiones de 250 psi.

Además, para preservar la característica estructural de la red minimizando el golpe de ariete por efecto neumático se instalaron 20 válvulas de ventosa las que permitirán la expulsión de aire al momento de llenado de la red y la admisión del aire en el vaciado de la red para mantenimiento rutinario o por desperfectos de la misma (planos de diseño lámina 8, 11 y 14).

En la tabla número 26 se presentan las válvulas en la red de distribución según su tipo.

Tabla 26: Válvulas ubicadas en la red de distribución

Redes	Válvula de aire	Válvula de limpieza	Válvula de compuerta
Red de distribución 1	8	11	4
Red de distribución 2	5	6	1
Red de distribución 3	7	6	1
Total	20	23	6

Fuente: Elaboración propia

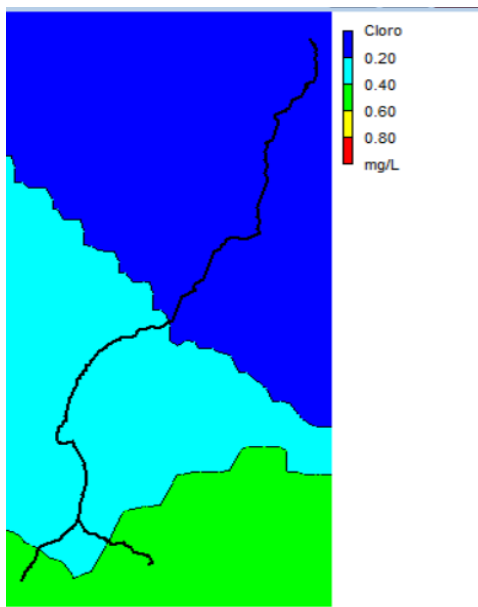
5.5.4.5. Simulación del cloro residual en la red de distribución

El cloro residual es la sustancia química que queda después que el cloro ha hecho su trabajo desinfectante, queda ese residuo que sirve para seguir su proceso de desinfección. Así mismo, la otra cantidad de cloro ha reaccionado con los microorganismos realizando su trabajo de desinfección y se ha transformado en otras sustancias.

A las 13 horas de la aplicación de hipoclorito de sodio del primer día de funcionamiento se llega al punto final de los dos ramales de la red de distribución con concentraciones 0.83 y 0.85 mg/l respectivamente. Así mismo a las 24 horas se llega al final de la red con una dosificación de 0.41 y 0.43 mg/l lo cual está en el rango que establece la norma (INAA, 1999 b, pág. 99).

En el mapa de la ilustración 14, la zona color azul corresponde al agua cruda en el tramo de la fuente al tanque de almacenamiento, mientras que las zonas color celeste y verde corresponden a las aguas tratadas con hipoclorito de sodio las cuales muestran una concentración de cloro en un rango de 0.2 a 0.6 mg/l, a las de 24 horas, valores que encuentran en el rango que manda la norma.

Ilustración 14: Mapa dosificador de cloro

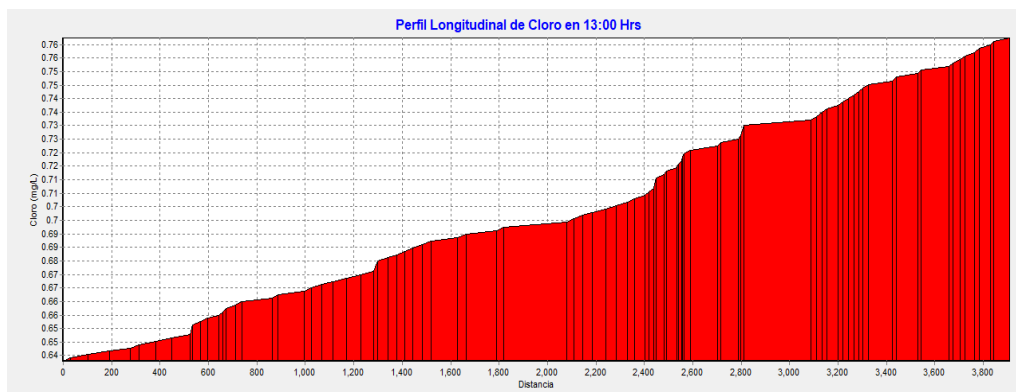


Fuente: Elaboración propia

En el nodo NRD1.56 después de 24 horas se registra la concentración más baja con un valor de 0.35 mg/l, cantidad suficiente de cloro disponible para continuar la desinfección.

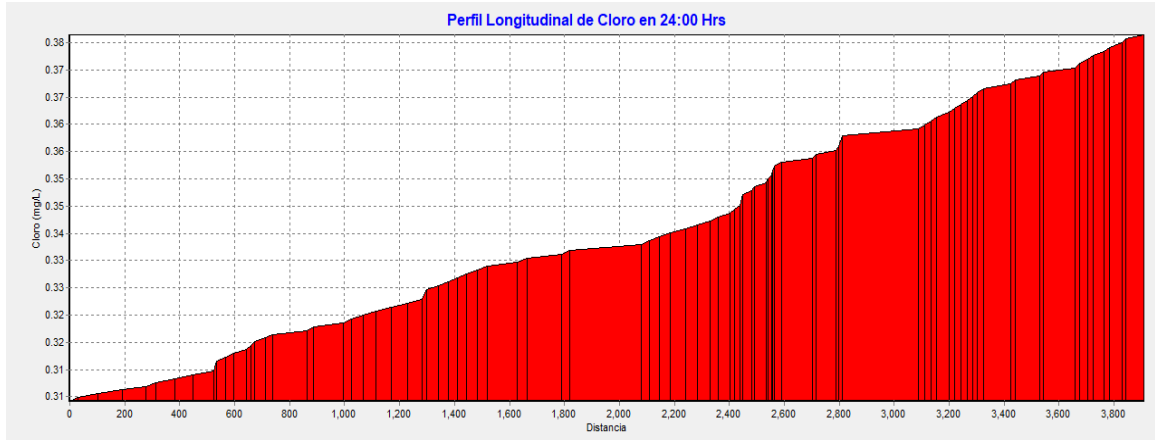
En las ilustraciones 15 - 20 se presenta el perfil de distribución de cloro a las 13 horas y 24 horas de la aplicación, observándose que todos los valores mínimos están en el rango que manda la norma.

Ilustración 15: Dosificación de cloro a 13 horas de su funcionamiento en la red 1



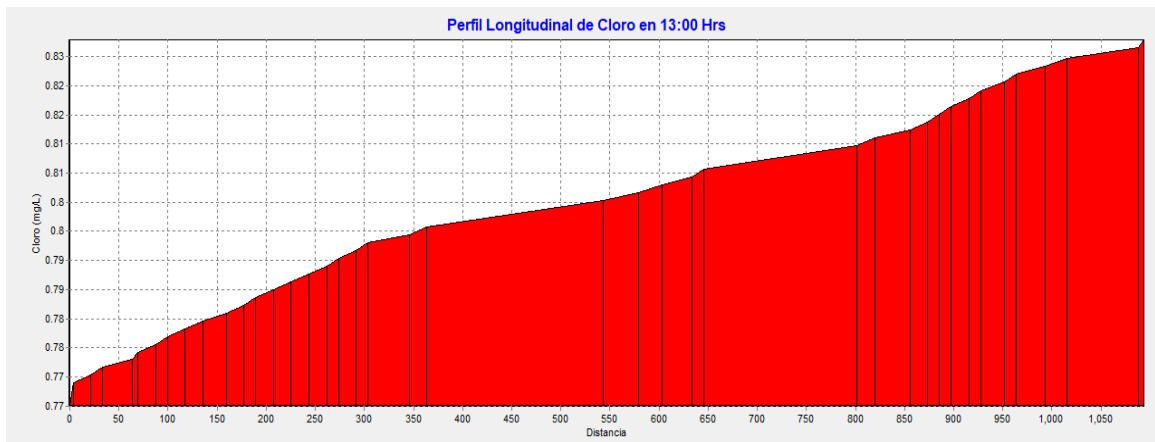
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16: Dosificación de cloro a 24 horas de su funcionamiento en la red 1



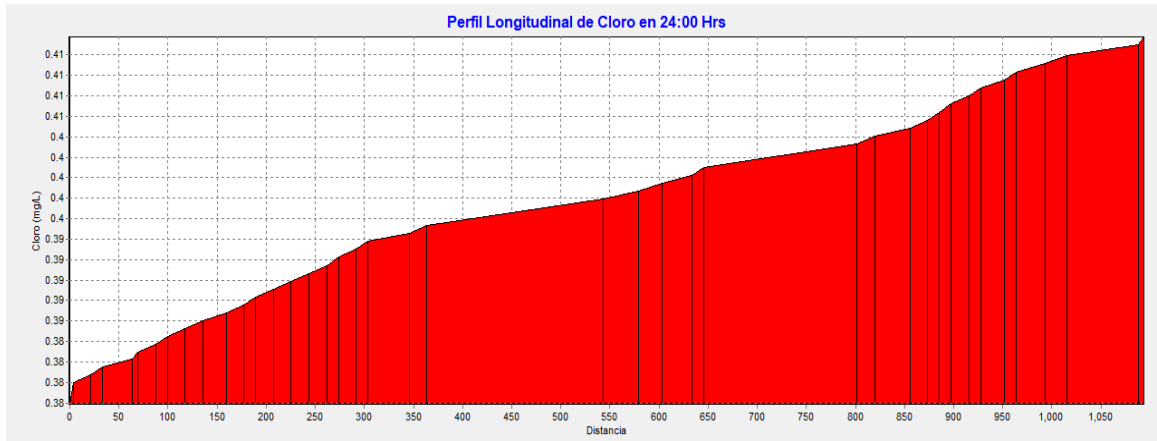
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17: Dosificación de cloro a 13 horas de su funcionamiento en la red 2



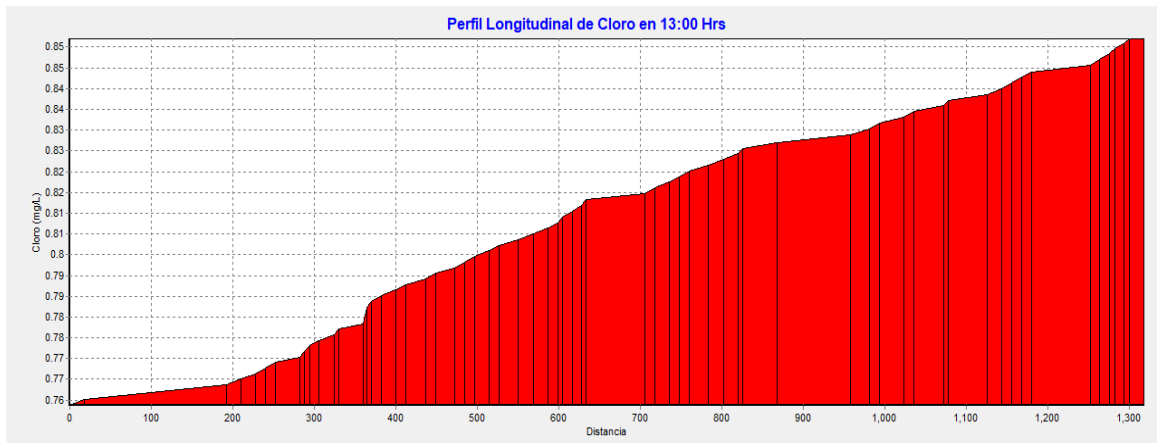
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 18: Dosificación de cloro a 24 horas de su funcionamiento en la red 2



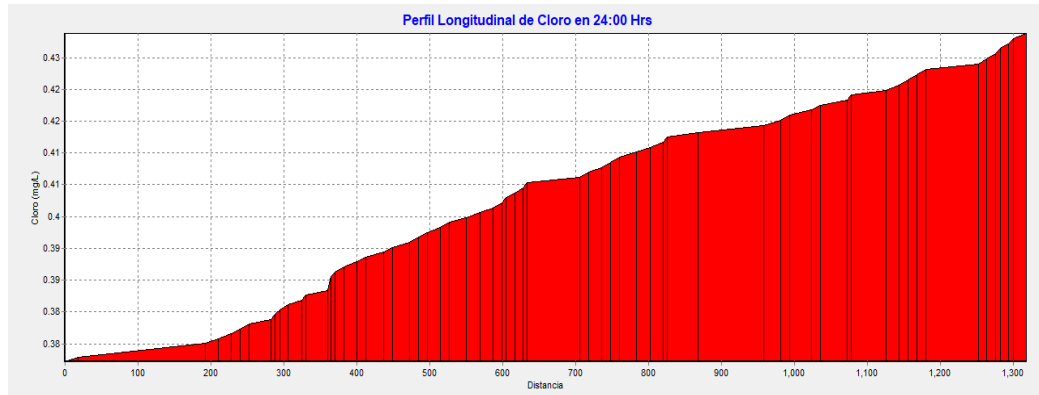
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19: Dosificación de cloro a 13 horas de su funcionamiento en la red 3



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 20: Dosificación de cloro a 24 horas de su funcionamiento en la red 3



Fuente: Elaboración propia

5.5.5. Conexiones domiciliarias

El diámetro mínimo de cada conexión será de ½ (12.5 mm) pulgada. Todas las conexiones domiciliarias tendrán en su diseño incluido un medidor con su correspondiente regulador de flujos (plano de diseño lámina 17).

En total se harán 81 conexiones domiciliarias como se observa en la tabla 27 equivalente a una por vivienda, con lo que se le dará cobertura a toda la comunidad de El Barro, así mismo el consumo de todas las conexiones será medido con el propósito de establecer las facturas de pago de acuerdo a las tarifas proporcionadas por el CAPS.

Tabla 27: Conexiones Domiciliarias

Redes	Longitud (m)	Medidores
Redes de Distribución 1	3834.02	24
Redes de Distribución 2	1193.91	26
Redes de Distribución 3	1333.00	31
Total	6360.93	81

Fuente: Elaboración propia

5.6. Presupuesto

El diseño del sistema de agua potable por gravedad de la comunidad de El Barro que incluye obra de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento, 3 redes de distribución y 81 conexiones domiciliarias, tiene un costo total estimado de C\$ 26,796,096.22, el cual se realizó basado en el costo unitario del catálogo del NUEVO FISE.

A continuación, en la tabla número 28 se muestra el presupuesto por etapas, así mismo el presupuesto detallado a nivel de actividades se presenta en el anexo tabla 51.

Tabla 28: Tabla de resumen del presupuesto por etapas

ETAPA	DESCRIPCION	TOTAL (C\$)
310	PRELIMINARES	1,055,757.235
320	LINEA DE CONDUCCION	5,713,555.324
330	RED DE DISTRIBUCION	10,837,525.57
335	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	2,759,075.85
340	OBRA DE CAPTACION	85,314.3
350	CONEXIONES	1,334,215.8
SUBTOTAL		21,785,444.08
ADMINISTRACION 10%		21,785,44.408
IMPUESTO ALCALDIA 1%		217,854.4408
IMPUESTO RENTA 2%		435,708.8816
UTILIDADES 10%		2,178,544.408
TOTAL		26,796,096.22

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI.
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- a. Se encontró que el 35.8% de la población de la comunidad de El Barro carece del servicio de agua potable y que un 64.20% se abastece de diversas fuentes superficiales y subsuperficial cuyas aguas se utilizan sin ningún tratamiento. No obstante, el 100% de las familias tienen letrinas sin embargo, el 17.28% de estas se encuentra en malas condiciones.
- b. El relieve encontrado tiene características montañosas con una elevación máxima de 919.66 msnm y una mínima de 387.78 msnm, con una diferencia de nivel de 531.88 m, tiene la suficiente carga hidrostática como para realizar un mini acueducto a lo largo de 11.3 km.
- c. Al aforar la fuente se encontró que el caudal es de 2.023 l/s, suficiente para la demanda del MAG que es de 1.358 l/s.
- d. La calidad de la fuente cumple con la norma CAPRE cuyo parámetro físico químico y biológico se encuentra en el rango establecido por la misma.
- e. En el diseño del MAG aprovechando la carga hidrostática de 531.88 m conllevó al diseño de 11 pilas rompe presión 5 en línea de conducción y 6 a lo largo de las 3 redes de distribución para dar cumplimiento de la norma. También debido a las características de la comunidad se optó por el diseño de una red abierta con 3 ramales principales. Se conectaron 81 familias mediante acometidas domiciliarias.
- f. El presupuesto total para la ejecución del MAG fue de C\$ 26, 796, 096.22 a precios actuales con una inversión per cápita de C\$ 64,413.70.

6.2. Recomendaciones

- a. Ejecutar el MAG a la mayor brevedad debido a la severa falta de agua potable que afecta a 416 personas. Además, crear un fondo de inversión comunal para el mejoramiento de todas letrinas de la comunidad.
- b. Realizar obras de protección para los tramos de tuberías más expuestos a posibles derrumbes de taludes y por el tránsito de ganado.
- c. Monitorear el caudal de la fuente año con año y asegurar el cuidado de la misma evitando el despale a sus alrededores y reforestando.
- d. Evitar la contaminación de la fuente creando un cerco perimetral que impida la llegada de animales y personas no autorizadas.
- e. Debido a las altas presiones hidrostáticas y las 11 pilas rompe presión se recomienda contratar un fontanero permanente para dar mantenimiento al sistema.
- f. Para mantener en óptimas condiciones de operación se recomienda la creación de un fondo comunitario de acuerdo a las normativas del CAPS y a los precios reales de los materiales para las reparaciones futuras. Establecer una tarifa en base al consumo.

BIBLIOGRAFÍA

- AMANCO. (2006). *Manual técnico tubosistema*. Guatemala: AMANCO.
- AYLLÓN, F. M. (2008). *Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza de la asignatura de Ingeniería Sanitaria I*. COCHABAMBA: Universidad Mayor de San Simón.
- Bravo, L. D., García, U. T., Fernández, M. M., & Ruíz, M. V. (2013). *Investigación en educación médica*. Distrito Federal.: Universidad Autónoma de México.
- CENEPRED. (2016). *Guía para elaborar el estudio socioeconómico, cultural y ambiental para el reasentamiento poblacional en zonas de muy alto riesgo no mitigable*. Lima: CENEPRED.
- Dirección General de infraestructura agraria y riego. (2015). *Medición de agua*. Lima: Ministerio de agricultura y riego.
- Garzón Orduña, A. J. (2014). *Evaluación de patrones de consumo y caudales máximos instantáneos de usuarios residenciales de la ciudad de Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- IMTA. (1992). *Manual de Aforo*. Mexico D.F: Subcoordinación editorial y gráfica del IMTA.
- INAA. (1999 a). *NTON 09-001-99 Norma Rural*. Managua: INAA.
- INAA. (1999 b). *Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99)*. Managua: INAA.
- OMS-OPS. (2015). *Boletín Informativo del Agua*. Managua: OMS-OPS.
- OPS. (2005). *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. Lima: OPS/CEPIS/UNATSABAR.
- Roldan, P. L., & Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Barcelona: Campus de la UAB.
- Sánchez, C. d., & Sánchez, R. d. (2009). *El Presupuesto*. Buenos Aires: CENGAGG Learning.

ANEXO

1. DATOS GENERALES

N° de Encuesta _____ Nombre del encuestador _____

Fecha _____ Comunidad _____

Hora de inicio _____ Hora de cierre _____

Jefe de familia _____

Apellidos del jefe de familia _____

Sexo	M	F
------	---	---

2. DATOS FAMILIARES

N°	Parentesco	Sexo	Nivel de escolaridad	Ocupación
1	Esposa/o			
2	Hijo			
3	Hija			
4	Hermano			
5	Hermana			
7	Suegra			
8	Suegro			
9	Sobrino			
10				

- Nivel de escolaridad: (1) Primaria, (2) Secundaria, (3) Técnico, (4) Universitario, (6) Otra, (7) Ninguna.
- Ocupación: (1) Agricultor, (2) Obrero de agricultor, (3) Trabajador del estado, (4) Profesional, (5) Otro.

3. ASPECTOS SOCIALES

a. Servicio higiénico de la vivienda

Hay servicio	Tipo de servicio	A qué distancia	Donde hace sus necesidades

- Tipo de servicio: (1) Letrina, (2) Inodoro con sumidero, (3) Inodoro con descarga a una fuente o aire libre, (4) Otro.
- Distancia entre la letrina y casa: (1) 5-10 metros, (2) 10-20 metros, (3) 21-30 metros, (4) +30 metros.
- Donde hace sus necesidades: (1) Aire libre, (2) Vecino.

Letrina Buena	Letrina Regular	Letrina Mala

b. Con cuales servicios básicos cuenta

Electricidad: _____ Teléfono: _____ Ninguno: _____

4. SITUACIÓN DEL AGUA EN EL HOGAR

a. De donde se abastece de agua

Agua de pozo	Agua de río	Manantial	Otros

b. Que distancia recorre para obtener el agua

Menos de 50 mts	De 50 a 100 mts	100 a 200 mts	Más de 200 mts

c. Si tiene puesto de agua, cuántas horas de abastece

Todo el día	De 6 a 12 horas	Más de 12 horas	Día de por medio

c. En qué acarrea el agua

A pie	En carretón	A caballo	Otros

d. Cuantos bidones acarrea

Bidones _____

Galones _____

Otros _____

e. Como valora la calidad de agua

Buena (tiene sabor agradable y clara)	Mala (tiene mal sabor y es turbia)	Regular (tiene sabor regular y es turbia)

f. Horas de máximo consumo

4 – 5 am	5 – 6 am	6 – 7 am	1 – 2 pm	2 – 3 pm	3 – 4 pm

Ilustración 21: Aforo de fuente



Ilustración 22: Toma de muestra de agua



Ilustración 23: Levantamiento topográfico



Tabla 29: Análisis físico - químico y bacteriológico



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FQAN2003-0036

CLIENTE		DIRECCIÓN			TELÉFONO
Bryan José Gutiérrez		Del parque infantil 3 1/2 c al Este. Estelí			NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL		CELULAR
Bryan José Gutiérrez		Tesista	gutierrezbryan288@gmail.com		8538-1478
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	
09/03/2020	09/03/2020	13/03/2020	19/03/2020	3870	Una(1)
Fecha y Hora de Muestreo			09/3/2020: 06:00 am		Rango o valor máximo permisible o recomendado
Muestreado por			Pablo Aguilar		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Comunidad El Barro		
Tipo de muestra			Agua superficial		
Observaciones de Ubicación			Quilalí- Nueva Segovia		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-2003-0272		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1	Norma CAPRE*	
Visual	Aspecto	NE	Claro con MS	NE	
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.80	6.5 - 8.5**	
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	244.0	400**	
2130-B	Turbiedad	UNT	0.148	5	
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	18.00	15	
2320-B	Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	93.60	NE	
2320-B	Carbonatos	mg/L CaCO ₃	<0.40	NE	
2320-B	Bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	93.60	NE	
4500-B	Nitratos	mg/L	8.34	50	
4500-B	Nitritos	mg/L	0.028	0.1	
4500-D	Cloruros	mg/L	10.9	250	
3500-B	Hierro Total	mg/L	0.202	0.3	
4500-D	Sulfatos	mg/L	<1.00	250	
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO ₃	79.84	400**	
2340-C	Dureza Calcica	mg/L CaCO ₃	50.10	NE	
3500-B	Calcio	mg/L	20.08	100**	
3500-B	Magnesio	mg/L	7.23	50	
3500-B	Manganeso	mg/L	0.052	0.5	
3500-X	Sodio	mg/L	11.50	200	
5210-B	Demanda Biológica de Oxígeno	mg/L	<0.10	NE	
3500-C	Potasio	mg/L	3.37	10	
4500-C	Fluor	mg/L	0.136	0.7	

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

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lidia Gómez
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000390

Dirección: (505) 2278-1462 • Área Académica: 2270-5613 y 8866-6702 (M) • Atención al Cliente: 8496-8568 (C) y 8152-7314 (M)
 Coordinación de Laboratorios: 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

Tabla 30: Demanda y caudales de diseño

No	Año	Población	CD	Consumo institucional	CPD	CPD (20% de pérdidas)	CMD	CMH
1	2021	426	0.30	0.0210	0.3210	0.064	0.546	0.867
2	2022	437	0.30	0.0210	0.3210	0.064	0.546	0.867
3	2023	448	0.31	0.0217	0.3317	0.066	0.564	0.896
4	2024	459	0.32	0.0224	0.3424	0.068	0.582	0.924
5	2025	471	0.33	0.0231	0.3531	0.071	0.600	0.953
6	2026	482	0.34	0.0238	0.3638	0.073	0.618	0.982
7	2027	494	0.34	0.0238	0.3638	0.073	0.618	0.982
8	2028	507	0.35	0.0245	0.3745	0.075	0.637	1.011
9	2029	520	0.36	0.0252	0.3852	0.077	0.655	1.040
10	2030	533	0.37	0.0259	0.3959	0.079	0.673	1.069
11	2031	546	0.38	0.0266	0.4066	0.081	0.691	1.098
12	2032	559	0.39	0.0273	0.4173	0.083	0.709	1.127
13	2033	573	0.40	0.0280	0.4280	0.086	0.728	1.156
14	2034	588	0.41	0.0287	0.4387	0.088	0.746	1.184
15	2035	602	0.42	0.0294	0.4494	0.090	0.764	1.213
16	2036	618	0.43	0.0301	0.4601	0.092	0.782	1.242
17	2037	633	0.44	0.0308	0.4708	0.094	0.800	1.271
18	2038	649	0.45	0.0315	0.4815	0.096	0.819	1.300
19	2039	665	0.46	0.0322	0.4922	0.098	0.837	1.329
20	2040	682	0.47	0.0329	0.5029	0.101	0.855	1.358

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Cota, altura y presión en la línea de conducción

Línea de conducción			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Embalse FUENTE	919.66	919.66	0
Conexión NLc1	904.336	919.58	15.24
Conexión NLc2	903.643	919.56	15.92
Conexión NLc3	897.889	919.42	21.53
Conexión NLc4	896.631	919.4	22.77
Conexión NLc5	882.43	919.3	36.87
Conexión NLc6	885.699	919.28	33.58
Conexión NLc7	881.037	919.24	38.2
Conexión NLc8	878.776	919.22	40.44
Conexión NLc9	872.189	919.14	46.95
Conexión NLc10	871.542	919.08	47.54
Conexión NLc11	869.437	919.02	49.58
Conexión NLc12	871.926	918.88	46.95
Conexión NLc13	868.141	918.78	50.64
Conexión NLc14	859.657	918.54	58.88
Conexión NLc15	856.119	918.36	62.24
Conexión NLc16	848.319	918.12	69.8
Conexión NLc17	848.319	848.32	0
Conexión NLc18	840.793	848.22	7.42
Conexión NLc19	833.217	848.12	14.9
Conexión NLc20	820.07	847.77	27.7
Conexión NLc21	806.669	847.41	40.74
Conexión NLc22	801.437	847.29	45.85
Conexión NLc23	801.437	801.44	0
Conexión NLc24	794.495	801.32	6.82
Conexión NLc25	791.118	801	9.88
Conexión NLc26	765.231	800.57	35.34
Conexión NLc27	753.617	800.24	46.62
Conexión NLc28	750.8	800	49.2
Conexión NLc29	750.8	750.8	0
Conexión NLc30	738.873	750.68	11.8
Conexión NLc31	732.319	750.36	18.04
Conexión NLc32	727.125	750.24	23.11
Conexión NLc33	726	750.18	24.18
Conexión NLc34	731.898	750.08	18.18
Conexión NLc35	736.075	749.98	13.9
Conexión NLc36	728.75	749.21	20.46
Conexión NLc37	691.356	748.96	57.6

Línea de conducción			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NLc38	690.709	748.89	58.18
Conexión NLc39	689.823	748.79	58.97
Conexión NLc40	697.007	748.45	51.45
Conexión NLc41	689.25	748.31	59.06
Conexión NLc42	686.475	748.07	61.6
Conexión NLc43	686.475	686.48	0
Conexión NLc44	675.027	686.35	11.32
Conexión NLc45	668.23	686.22	17.99
Conexión NLc46	666.915	685.8	18.89
Conexión NLc47	670.575	685.52	14.95
Conexión NLc48	642.521	684.09	41.57
Conexión NLc49	627.177	683.87	56.69
Conexión NLc50	625.855	683.65	57.79
Conexión NLc51	618.157	683.41	65.25
Conexión NLc52	622.611	683.03	60.42
Conexión NLc53	624.254	682.85	58.6
Conexión NLc54	625.422	682.82	57.39
Conexión NLc55	622.776	682.16	59.39
Conexión NLc56	622.034	681.73	59.7
Conexión NLc57	627.749	681.45	53.7
Conexión NLc58	630.084	681.27	51.19
Conexión NLc59	633.727	681.1	47.37
Conexión NLc60	634.167	680.94	46.77
Conexión NLc61	646.127	680.66	34.53
Conexión NLc62	619.211	679.35	60.14
Conexión NLc63	610	678.95	68.95
Conexión NLc64	601.576	678.72	77.14
Conexión NLc65	601.576	601.58	0
Conexión NLc66	582.286	600.98	18.69
Conexión NLc67	552.935	599.86	46.93
Conexión NLc68	547.45	599.61	52.16
Conexión NLc69	540.69	541.28	0.59
Depósito TANQUE1	540.69	541.19	0.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Cota, altura y presión en la red de distribución 1

Red de distribución 1			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD1:1	531.475	540.94	9.46
Conexión NRD1:2	526.974	540.75	13.78
Conexión NRD1:3	521.287	540.28	19
Conexión NRD1:4	523.709	539.72	16.01
Conexión NRD1:5	515.797	539.31	23.52
Conexión NRD1:6	513.13	539.09	25.96
Conexión NRD1:7	507.133	538.63	31.5
Conexión NRD1:8	507.888	538.22	30.33
Conexión NRD1:9	515.38	537.73	22.35
Conexión NRD1:10	515.38	525.38	10
Conexión NRD1:11	511.377	525.19	13.81
Conexión NRD1:12	508.974	525	16.03
Conexión NRD1:13	498.961	524.7	25.74
Conexión NRD1:14	498.783	524.6	25.82
Conexión NRD1:15	500.507	524.52	24.02
Conexión NRD1:16	500.416	524.26	23.84
Conexión NRD1:17	498.61	524.11	25.5
Conexión NRD1:18	504.793	523.34	18.54
Conexión NRD1:19	503	523.18	20.18
Conexión NRD1:20	500.801	522.51	21.71
Conexión NRD1:21	496.908	522.32	25.41
Conexión NRD1:22	493.677	522.05	28.38
Conexión NRD1:23	501.956	521.75	19.79
Conexión NRD1:24	500.836	521.41	20.57
Conexión NRD1:25	490.4	521.2	30.8
Conexión NRD1:26	501.305	520.92	19.62
Conexión NRD1:27	501.305	506.3	5
Conexión NRD1:28	493.273	506.04	12.76
Conexión NRD1:29	483.624	505.8	22.18
Conexión NRD1:30	484.519	505.58	21.06
Conexión NRD1:31	482.669	505.39	22.72
Conexión NRD1:32	477.845	505.12	27.28
Conexión NRD1:33	472.826	504.9	32.07
Conexión NRD1:34	479.703	504.22	24.51
Conexión NRD1:35	479.858	503.99	24.13
Conexión NRD1:36	471.66	503.2	31.54
Conexión NRD1:37	467.916	503.01	35.09
Conexión NRD1:38	472.6	501.58	28.98

Red de distribución 1			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD1:39	461.634	501.39	39.75
Conexión NRD1:40	459	501.16	42.16
Conexión NRD1:41	459	500.9	41.9
Conexión NRD1:42	461.923	500.56	38.64
Conexión NRD1:43	471.739	500.29	28.55
Conexión NRD1:44	488.183	499.97	11.79
Conexión NRD1:45	493.214	499.78	6.57
Conexión NRD1:46	492.763	499.52	6.76
Conexión NRD1:47	491.548	499.41	7.86
Conexión NRD1:48	491.131	499.29	8.16
Conexión NRD1:49	491.131	496.13	5
Conexión NRD1:50	489.605	495.94	6.34
Conexión NRD1:51	488.944	495.87	6.92
Conexión NRD1:52	483.278	495.6	12.32
Conexión NRD1:53	482.517	495.57	13.05
Conexión NRD1:54	479.723	495.49	15.76
Conexión NRD1:55	478.45	495.45	17
Conexión NRD1:56	476.945	495.41	18.46
Conexión NRD1:57	474.49	495.26	20.77
Conexión NRD1:58	450.172	494.53	44.35
Conexión NRD1:59	449.651	494.45	44.8
Conexión NRD1:60	451.238	494	42.76
Conexión NRD1:61	451.292	493.92	42.63
Conexión NRD1:62	451.292	457.29	6
Conexión NRD1:63	432.694	455.56	22.86
Conexión NRD1:64	431.225	455.4	24.18
Conexión NRD1:65	429.113	455.25	26.14
Conexión NRD1:66	427.716	455.14	27.42
Conexión NRD1:67	427	454.84	27.84
Conexión NRD1:68	427	454.73	27.73
Conexión NRD1:69	427	454.58	27.58
Conexión NRD1:70	426.632	454.43	27.79
Conexión NRD1:71	426.125	454.31	28.19
Conexión NRD1:72	425.42	454.2	28.78
Conexión NRD1:73	425.448	454.05	28.6
Conexión NRD1:74	430.949	453.45	22.5
Conexión NRD1:75	431.023	453.33	22.31
Conexión NRD1:76	426.556	452.77	26.21
Conexión NRD1:77	427.174	452.69	25.52

Red de distribución 1			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD1:78	422.845	451.98	29.13
Conexión NRD1:79	423.392	451.86	28.47
Conexión NRD1:80	423	451.68	28.68
Conexión NRD1:81	422.261	451.56	29.3
Conexión NRD1:82	419.081	451.3	32.22
Conexión NRD1:83	417.789	451.19	33.4
Conexión NRD1:84	416	450.89	34.89
Conexión NRD1:85	416	450.81	34.81
Conexión NRD1:86	415.203	450.4	35.19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Cota, altura y presión en red de distribución 2

Red de distribución 2			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD2:1	419.461	450.32	30.86
Conexión NRD2:2	419.461	424.46	5
Conexión NRD2:3	418.364	424.45	6.08
Conexión NRD2:4	418.055	424.44	6.38
Conexión NRD2:5	413.904	424.41	10.51
Conexión NRD2:6	413.87	424.41	10.54
Conexión NRD2:7	413.521	424.4	10.88
Conexión NRD2:8	414	424.39	10.39
Conexión NRD2:9	413.667	424.37	10.71
Conexión NRD2:10	414	424.36	10.36
Conexión NRD2:11	412.665	424.34	11.68
Conexión NRD2:12	412.201	424.33	12.13
Conexión NRD2:13	411.339	424.32	12.98
Conexión NRD2:14	411.875	424.3	12.43
Conexión NRD2:15	410.583	424.29	13.71
Conexión NRD2:16	410.234	424.28	14.04
Conexión NRD2:17	408.106	424.26	16.16
Conexión NRD2:18	406.947	424.25	17.31
Conexión NRD2:19	405.224	424.24	19.02
Conexión NRD2:20	404.83	424.23	19.4
Conexión NRD2:21	400.799	424.2	23.4
Conexión NRD2:22	398.537	424.19	25.65
Conexión NRD2:23	394.513	424.05	29.53
Conexión NRD2:24	393.786	424.02	30.23

Red de distribución 2			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD2:25	392.963	424	31.04
Conexión NRD2:26	392	423.98	31.98
Conexión NRD2:27	392	423.97	31.97
Conexión NRD2:28	387.993	423.85	35.86
Conexión NRD2:29	387.81	423.84	36.03
Conexión NRD2:30	388.234	423.81	35.57
Conexión NRD2:31	389	423.8	34.8
Conexión NRD2:32	389	423.79	34.79
Conexión NRD2:33	389.337	423.78	34.44
Conexión NRD2:34	390	423.76	33.76
Conexión NRD2:35	390.493	423.75	33.26
Conexión NRD2:36	391.982	423.74	31.75
Conexión NRD2:37	392.902	423.73	30.82
Conexión NRD2:38	393.676	423.7	30.03
Conexión NRD2:39	395.816	423.69	27.87
Conexión NRD2:40	398	423.63	25.63
Conexión NRD2:41	398	423.63	25.63

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Cota, altura y presión en red de distribución 3

Red de distribución 3			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD3:1	415.875	450.38	34.51
Conexión NRD3:2	416	450.37	34.37
Conexión NRD3:3	430.218	450.18	19.96
Conexión NRD3:4	432.162	450.16	18
Conexión NRD3:5	432.651	450.14	17.49
Conexión NRD3:6	434.125	450.13	16
Conexión NRD3:7	433.851	450.12	16.27
Conexión NRD3:8	434.596	450.08	15.49
Conexión NRD3:9	435.239	450.08	14.84
Conexión NRD3:10	435.538	450.07	14.53
Conexión NRD3:11	437.245	450.06	12.81
Conexión NRD3:12	438.722	450.04	11.32
Conexión NRD3:13	439.365	450.03	10.67
Conexión NRD3:14	439.46	450	10.54
Conexión NRD3:15	439.46	444.46	5
Conexión NRD3:16	438.799	444.45	5.65

Red de distribución 3			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD3:17	437.875	444.44	6.57
Conexión NRD3:18	436.947	444.42	7.47
Conexión NRD3:19	435.224	444.41	9.18
Conexión NRD3:20	434.858	444.38	9.53
Conexión NRD3:21	436.566	444.37	7.8
Conexión NRD3:22	435.043	444.35	9.3
Conexión NRD3:23	433.024	444.33	11.31
Conexión NRD3:24	433.553	444.32	10.77
Conexión NRD3:25	432.334	444.3	11.97
Conexión NRD3:26	432.452	444.29	11.84
Conexión NRD3:27	431.384	444.26	12.88
Conexión NRD3:28	430.837	444.24	13.41
Conexión NRD3:29	429.545	444.22	14.68
Conexión NRD3:30	429.053	444.21	15.16
Conexión NRD3:31	428.411	444.21	15.79
Conexión NRD3:32	427.495	444.19	16.7
Conexión NRD3:33	427.448	444.18	16.73
Conexión NRD3:34	427.142	444.17	17.03
Conexión NRD3:35	423.072	444.1	21.03
Conexión NRD3:36	422.651	444.09	21.43
Conexión NRD3:37	420.723	444.07	23.34
Conexión NRD3:38	420.083	444.05	23.97
Conexión NRD3:39	418.967	444.04	25.07
Conexión NRD3:40	415.202	444.01	28.81
Conexión NRD3:41	416.04	444	27.96
Conexión NRD3:42	414.358	443.98	29.62
Conexión NRD3:43	414.753	443.97	29.22
Conexión NRD3:44	412.56	443.93	31.37
Conexión NRD3:45	409.067	443.83	34.76
Conexión NRD3:46	405.849	443.8	37.96
Conexión NRD3:47	404.591	443.79	39.2
Conexión NRD3:48	405.681	443.76	38.08
Conexión NRD3:49	406.542	443.75	37.21
Conexión NRD3:50	409.341	443.71	34.37
Conexión NRD3:51	409.816	443.7	33.89
Conexión NRD3:52	410.576	443.65	33.08
Conexión NRD3:53	409.968	443.63	33.66
Conexión NRD3:54	411.756	443.62	31.86
Conexión NRD3:55	412.449	443.61	31.16

Red de distribución 3			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD3:56	414.631	443.59	28.96
Conexión NRD3:57	429.334	443.51	14.18
Conexión NRD3:58	429.987	443.5	13.51
Conexión NRD3:59	427.421	443.49	16.07
Conexión NRD3:60	428.165	443.48	15.32
Conexión NRD3:61	426.386	443.47	17.08
Conexión NRD3:62	427.109	443.46	16.35
Conexión NRD3:63	425.235	443.44	18.21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Tubería en la línea de conducción

Línea de conducción						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TLC1	24.26	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC2	6.04	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC3	43.017	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC4	6.131	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC5	28.562	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC6	6.496	53.2	150	0.85	0.38	3.3
Tubería TLC7	12.87	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC8	6.412	53.2	150	0.85	0.38	3.28
Tubería TLC9	24.89	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC10	18.01	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC11	18.12	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC12	42.09	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC13	30.24	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC14	72.63	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC15	55.21	53.2	150	0.85	0.38	3.29

Línea de conducción						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TLC16	72.43	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC17	30.93	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC18	30.94	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC19	105.843	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC20	108.75	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC21	36.38	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC22	36.66	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC23	96.23	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC24	129.13	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC25	101.804	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC26	72.18	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC27	37.34	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC28	96.1	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC29	36.37	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC30	18.04	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC31	30.57	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC32	30.29	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC33	234.68	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC34	75.83	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC35	20.5	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC36	30.01	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC37	102.85	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC38	42.71	53.2	150	0.85	0.38	3.29

Línea de conducción						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TLC39	72.68	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC40	37.78	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC41	38.516	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC42	128.47	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC43	84.08	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC44	435.71	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC45	67.89	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC46	66.36	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC47	72.48	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC48	114.68	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC49	54.03	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC50	12.06	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC51	198.63	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC52	131.06	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC53	84.35	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC54	54.05	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC55	54.12	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC56	48.01	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC57	85	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC58	398.474	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC59	120.66	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC60	70.884	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC61	181.36	53.2	150	0.85	0.38	3.29

Línea de conducción						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TLC62	339.608	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC63	75.73	53.2	150	0.85	0.38	3.29
Tubería TLC64	5	37.2	150	0.85	0.78	18.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Tubería en la red de distribución 1

Red de distribución 1						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TRD1.1	40.53	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.2	29.8	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.3	74.22	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.4	90.03	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.5	64.961	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.6	36.1	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.7	72.27	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.8	66	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.9	78.44	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.10	30.27	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.11	30.1	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.12	48.09	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.13	16.08	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.14	12.12	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.15	42	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.16	24.07	55.7	150	1.36	0.56	6.27

Red de distribución 1						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TRD1.17	123.552	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.18	24.07	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.19	108.07	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.20	30.25	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.21	42.12	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.22	48.71	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.23	54.01	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.24	32.944	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.25	45.3	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.26	42.76	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.27	37.27	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.28	36.01	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.29	30.06	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.30	42.28	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.31	36.35	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.32	108.47	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.33	36	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.34	126.9	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.35	30.25	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.36	228.071	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.37	30.19	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.38	36.1	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.39	42	55.7	150	1.36	0.56	6.27

Red de distribución 1						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TRD1.40	54.08	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.41	43.13	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.42	50.74	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.43	30.42	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.44	42	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.45	18.04	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.46	18	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.47	30.04	55.7	150	1.36	0.56	6.26
Tubería TRD1.48	12.02	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.49	42.39	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.50	5.837	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.51	12.49	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.52	6.134	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.53	6.185	55.7	150	1.36	0.56	6.26
Tubería TRD1.54	24.134	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.55	117.08	55.7	150	-1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.56	12.01	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.57	72.07	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.58	12.001	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.59	277.14	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.60	24.05	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.61	24.09	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.62	18.05	55.7	150	1.36	0.56	6.27

Red de distribución 1						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TRD1.63	48.01	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.64	18	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.65	24	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.66	24	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.67	18.01	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.68	18.01	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.69	24	55.7	150	1.36	0.56	6.26
Tubería TRD1.70	96.32	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.71	18	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.72	90.172	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.73	12.02	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.74	114.29	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.75	18.01	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.76	30	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.77	18.02	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.78	42.117	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.79	18.045	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.80	48.04	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.81	12	55.7	150	1.36	0.56	6.27
Tubería TRD1.82	64.01	55.7	150	1.36	0.56	6.27

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Tubería en la red de distribución 2

Red de distribución 2						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TRD2.1	102.11	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.2	18.03	55.7	150	0.44	0.18	0.77
Tubería TRD2.3	12	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.4	30.29	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.5	6.001	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.6	18	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.7	12.01	55.7	150	0.44	0.18	0.77
Tubería TRD2.8	18.004	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.9	18.009	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.10	24.031	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.11	18.002	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.12	12.03	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.13	18.007	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.14	18.05	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.15	18.004	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.16	18.13	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.17	12.06	55.7	150	0.44	0.18	0.77
Tubería TRD2.18	18.084	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.19	12.01	55.7	150	0.44	0.18	0.77
Tubería TRD2.20	42.2	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.21	18.14	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.22	180.11	55.7	150	0.44	0.18	0.76

Red de distribución 2						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TRD2.23	36	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.24	24.01	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.25	30.01	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.26	12	55.7	150	0.44	0.18	0.77
Tubería TRD2.27	156.071	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.28	18.004	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.29	36.005	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.30	18.02	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.31	12.001	55.7	150	0.44	0.18	0.77
Tubería TRD2.32	12	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.33	18.02	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.34	12.01	55.7	150	0.44	0.18	0.77
Tubería TRD2.35	24.046	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.36	12.03	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.37	30.01	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.38	22.28	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.39	72.071	55.7	150	0.44	0.18	0.76
Tubería TRD2.40	6	55.7	150	0.44	0.18	0.76

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Tubería en la red de distribución 3

Red de distribución 3						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TRD3.1	12.02	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.2	18	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.3	174.99	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.4	18.11	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.5	18.02	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.6	12.09	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.7	12.022	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.8	30.02	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.9	6.034	55.7	150	0.52	0.21	1.05
Tubería TRD3.10	6.008	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.11	12.12	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.12	18.068	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.13	6.034	55.7	150	0.52	0.21	1.05
Tubería TRD3.14	30.02	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.15	6.036	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.16	12.03	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.17	18.029	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.18	12.12	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.19	24.011	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.20	12.12	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.21	24.06	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.22	12.17	55.7	150	0.52	0.21	1.06

Red de distribución 3						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TRD3.23	12.01	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.24	18.041	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.25	12	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.26	24.03	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.27	18.01	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.28	18.05	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.29	12.01	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.30	6.034	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.31	12.038	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.32	11.09	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.33	6.007	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.34	72.16	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.35	12.01	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.36	18.1	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.37	12.02	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.38	12.05	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.39	24.3	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.40	18.02	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.41	18.08	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.42	6.046	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.43	41.9	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.44	90.06	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.45	24.22	55.7	150	0.52	0.21	1.06

Red de distribución 3						
ID Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit. (m/km)
Tubería TRD3.46	12.07	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.47	30.06	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.48	12.03	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.49	36.12	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.50	6.019	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.51	48.015	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.52	18.01	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.53	12.13	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.54	12.022	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.55	12.2	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.56	75.3	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.57	12.02	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.58	12.27	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.69	6.046	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.60	12.13	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.61	6.043	55.7	150	0.52	0.21	1.06
Tubería TRD3.62	18.1	55.7	150	0.52	0.21	1.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Conexiones de tubería con longitud y diámetro de las tuberías en la línea de conducción

Línea de conducción				
ID Línea	NI	NF	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Tubería TLC1	Embalse FUENTE	Conexión NLc1	24.26	53.2
Tubería TLC2	Conexión NLc1	Conexión NLc2	6.04	53.2
Tubería TLC3	Conexión NLc2	Conexión NLc3	43.017	53.2
Tubería TLC4	Conexión NLc3	Conexión NLc4	6.131	53.2
Tubería TLC5	Conexión NLc4	Conexión NLc5	28.562	53.2
Tubería TLC6	Conexión NLc5	Conexión NLc6	6.496	53.2
Tubería TLC7	Conexión NLc6	Conexión NLc7	12.87	53.2
Tubería TLC8	Conexión NLc7	Conexión NLc8	6.412	53.2
Tubería TLC9	Conexión NLc8	Conexión NLc9	24.89	53.2
Tubería TLC10	Conexión NLc9	Conexión NLc10	18.01	53.2
Tubería TLC11	Conexión NLc10	Conexión NLc11	18.12	53.2
Tubería TLC12	Conexión NLc11	Conexión NLc12	42.09	53.2
Tubería TLC13	Conexión NLc12	Conexión NLc13	30.24	53.2
Tubería TLC14	Conexión NLc13	Conexión NLc14	72.63	53.2
Tubería TLC15	Conexión NLc14	Conexión NLc15	55.21	53.2
Tubería TLC16	Conexión NLc15	Conexión NLc16	72.43	53.2
Tubería TLC17	Conexión NLc17	Conexión NLc18	30.93	53.2
Tubería TLC18	Conexión NLc18	Conexión NLc19	30.94	53.2
Tubería TLC19	Conexión NLc19	Conexión NLc20	105.843	53.2
Tubería TLC20	Conexión NLc20	Conexión NLc21	108.75	53.2
Tubería TLC21	Conexión NLc21	Conexión NLc22	36.38	53.2
Tubería TLC22	Conexión NLc23	Conexión NLc24	36.66	53.2
Tubería TLC23	Conexión NLc24	Conexión NLc25	96.23	53.2
Tubería TLC24	Conexión NLc25	Conexión NLc26	129.13	53.2
Tubería TLC25	Conexión NLc26	Conexión NLc27	101.804	53.2
Tubería TLC26	Conexión NLc27	Conexión NLc28	72.18	53.2
Tubería TLC27	Conexión NLc29	Conexión NLc30	37.34	53.2
Tubería TLC28	Conexión NLc30	Conexión NLc31	96.1	53.2
Tubería TLC29	Conexión NLc31	Conexión NLc32	36.37	53.2
Tubería TLC30	Conexión NLc32	Conexión NLc33	18.04	53.2
Tubería TLC31	Conexión NLc33	Conexión NLc34	30.57	53.2
Tubería TLC32	Conexión NLc34	Conexión NLc35	30.29	53.2
Tubería TLC33	Conexión NLc35	Conexión NLc36	234.68	53.2
Tubería TLC34	Conexión NLc36	Conexión NLc37	75.83	53.2
Tubería TLC35	Conexión NLc37	Conexión NLc38	20.5	53.2
Tubería TLC36	Conexión NLc38	Conexión NLc39	30.01	53.2

Línea de conducción				
ID Línea	NI	NF	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Tubería TLC37	Conexión NLc39	Conexión NLc40	102.85	53.2
Tubería TLC38	Conexión NLc40	Conexión NLc41	42.71	53.2
Tubería TLC39	Conexión NLc41	Conexión NLc42	72.68	53.2
Tubería TLC40	Conexión NLc43	Conexión NLc44	37.78	53.2
Tubería TLC41	Conexión NLc44	Conexión NLc45	38.516	53.2
Tubería TLC42	Conexión NLc45	Conexión NLc46	128.47	53.2
Tubería TLC43	Conexión NLc46	Conexión NLc47	84.08	53.2
Tubería TLC44	Conexión NLc47	Conexión NLc48	435.71	53.2
Tubería TLC45	Conexión NLc48	Conexión NLc49	67.89	53.2
Tubería TLC46	Conexión NLc49	Conexión NLc50	66.36	53.2
Tubería TLC47	Conexión NLc50	Conexión NLc51	72.48	53.2
Tubería TLC48	Conexión NLc51	Conexión NLc52	114.68	53.2
Tubería TLC49	Conexión NLc52	Conexión NLc53	54.03	53.2
Tubería TLC50	Conexión NLc53	Conexión NLc54	12.06	53.2
Tubería TLC51	Conexión NLc54	Conexión NLc55	198.63	53.2
Tubería TLC52	Conexión NLc55	Conexión NLc56	131.06	53.2
Tubería TLC53	Conexión NLc56	Conexión NLc57	84.35	53.2
Tubería TLC54	Conexión NLc57	Conexión NLc58	54.05	53.2
Tubería TLC55	Conexión NLc58	Conexión NLc59	54.12	53.2
Tubería TLC56	Conexión NLc59	Conexión NLc60	48.01	53.2
Tubería TLC57	Conexión NLc60	Conexión NLc61	85	53.2
Tubería TLC58	Conexión NLc61	Conexión NLc62	398.474	53.2
Tubería TLC59	Conexión NLc62	Conexión NLc63	120.66	53.2
Tubería TLC60	Conexión NLc63	Conexión NLc64	70.884	53.2
Tubería TLC61	Conexión NLc65	Conexión NLc66	181.36	53.2
Tubería TLC62	Conexión NLc66	Conexión NLc67	339.608	53.2
Tubería TLC63	Conexión NLc67	Conexión NLc68	75.73	53.2
Tubería TLC64	Conexión NLc69	Depósito TANQUE1	5	53.2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Conexiones de tubería con longitud y diámetro de las tuberías en red de distribución 1

Red de distribución 1				
ID Línea	NI	NF	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Tubería TRD1.1	Depósito TANQUE1	Conexión NRD1:1	40.53	55.7
Tubería TRD1.2	Conexión NRD1:1	Conexión NRD1:2	29.8	55.7
Tubería TRD1.3	Conexión NRD1:2	Conexión NRD1:3	74.22	55.7
Tubería TRD1.4	Conexión NRD1:3	Conexión NRD1:4	90.03	55.7
Tubería TRD1.5	Conexión NRD1:4	Conexión NRD1:5	64.961	55.7

Red de distribución 1				
ID Línea	NI	NF	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Tubería TRD1.6	Conexión NRD1:5	Conexión NRD1:6	36.1	55.7
Tubería TRD1.7	Conexión NRD1:6	Conexión NRD1:7	72.27	55.7
Tubería TRD1.8	Conexión NRD1:7	Conexión NRD1:8	66	55.7
Tubería TRD1.9	Conexión NRD1:8	Conexión NRD1:9	78.44	55.7
Tubería TRD1.10	Conexión NRD1:10	Conexión NRD1:11	30.27	55.7
Tubería TRD1.11	Conexión NRD1:11	Conexión NRD1:12	30.1	55.7
Tubería TRD1.12	Conexión NRD1:12	Conexión NRD1:13	48.09	55.7
Tubería TRD1.13	Conexión NRD1:13	Conexión NRD1:14	16.08	55.7
Tubería TRD1.14	Conexión NRD1:14	Conexión NRD1:15	12.12	55.7
Tubería TRD1.15	Conexión NRD1:15	Conexión NRD1:16	42	55.7
Tubería TRD1.16	Conexión NRD1:16	Conexión NRD1:17	24.07	55.7
Tubería TRD1.17	Conexión NRD1:17	Conexión NRD1:18	123.552	55.7
Tubería TRD1.18	Conexión NRD1:18	Conexión NRD1:19	24.07	55.7
Tubería TRD1.19	Conexión NRD1:19	Conexión NRD1:20	108.07	55.7
Tubería TRD1.20	Conexión NRD1:20	Conexión NRD1:21	30.25	55.7
Tubería TRD1.21	Conexión NRD1:21	Conexión NRD1:22	42.12	55.7
Tubería TRD1.22	Conexión NRD1:22	Conexión NRD1:23	48.71	55.7
Tubería TRD1.23	Conexión NRD1:23	Conexión NRD1:24	54.01	55.7
Tubería TRD1.24	Conexión NRD1:24	Conexión NRD1:25	32.944	55.7
Tubería TRD1.25	Conexión NRD1:25	Conexión NRD1:26	45.3	55.7
Tubería TRD1.26	Conexión NRD1:27	Conexión NRD1:28	42.76	55.7
Tubería TRD1.27	Conexión NRD1:28	Conexión NRD1:29	37.27	55.7
Tubería TRD1.28	Conexión NRD1:29	Conexión NRD1:30	36.01	55.7
Tubería TRD1.29	Conexión NRD1:30	Conexión NRD1:31	30.06	55.7
Tubería TRD1.30	Conexión NRD1:31	Conexión NRD1:32	42.28	55.7
Tubería TRD1.31	Conexión NRD1:32	Conexión NRD1:33	36.35	55.7
Tubería TRD1.32	Conexión NRD1:33	Conexión NRD1:34	108.47	55.7
Tubería TRD1.33	Conexión NRD1:34	Conexión NRD1:35	36	55.7
Tubería TRD1.34	Conexión NRD1:35	Conexión NRD1:36	126.9	55.7
Tubería TRD1.35	Conexión NRD1:36	Conexión NRD1:37	30.25	55.7
Tubería TRD1.36	Conexión NRD1:37	Conexión NRD1:38	228.071	55.7
Tubería TRD1.37	Conexión NRD1:38	Conexión NRD1:39	30.19	55.7
Tubería TRD1.38	Conexión NRD1:39	Conexión NRD1:40	36.1	55.7
Tubería TRD1.39	Conexión NRD1:40	Conexión NRD1:41	42	55.7
Tubería TRD1.40	Conexión NRD1:41	Conexión NRD1:42	54.08	55.7
Tubería TRD1.41	Conexión NRD1:42	Conexión NRD1:43	43.13	55.7
Tubería TRD1.42	Conexión NRD1:43	Conexión NRD1:44	50.74	55.7
Tubería TRD1.43	Conexión NRD1:44	Conexión NRD1:45	30.42	55.7
Tubería TRD1.44	Conexión NRD1:45	Conexión NRD1:46	42	55.7

Red de distribución 1				
ID Línea	NI	NF	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Tubería TRD1.45	Conexión NRD1:46	Conexión NRD1:47	18.04	55.7
Tubería TRD1.46	Conexión NRD1:47	Conexión NRD1:48	18	55.7
Tubería TRD1.47	Conexión NRD1:49	Conexión NRD1:50	30.04	55.7
Tubería TRD1.48	Conexión NRD1:50	Conexión NRD1:51	12.02	55.7
Tubería TRD1.49	Conexión NRD1:51	Conexión NRD1:52	42.39	55.7
Tubería TRD1.50	Conexión NRD1:52	Conexión NRD1:53	5.837	55.7
Tubería TRD1.51	Conexión NRD1:53	Conexión NRD1:54	12.49	55.7
Tubería TRD1.52	Conexión NRD1:54	Conexión NRD1:55	6.134	55.7
Tubería TRD1.53	Conexión NRD1:55	Conexión NRD1:56	6.185	55.7
Tubería TRD1.54	Conexión NRD1:56	Conexión NRD1:57	24.134	55.7
Tubería TRD1.55	Conexión NRD1:57	Conexión NRD1:58	117.08	55.7
Tubería TRD1.56	Conexión NRD1:58	Conexión NRD1:59	12.01	55.7
Tubería TRD1.57	Conexión NRD1:59	Conexión NRD1:60	72.07	55.7
Tubería TRD1.58	Conexión NRD1:60	Conexión NRD1:61	12.001	55.7
Tubería TRD1.59	Conexión NRD1:62	Conexión NRD1:63	277.14	55.7
Tubería TRD1.60	Conexión NRD1:63	Conexión NRD1:64	24.05	55.7
Tubería TRD1.61	Conexión NRD1:64	Conexión NRD1:65	24.09	55.7
Tubería TRD1.62	Conexión NRD1:65	Conexión NRD1:66	18.05	55.7
Tubería TRD1.63	Conexión NRD1:66	Conexión NRD1:67	48.01	55.7
Tubería TRD1.64	Conexión NRD1:67	Conexión NRD1:68	18	55.7
Tubería TRD1.65	Conexión NRD1:68	Conexión NRD1:69	24	55.7
Tubería TRD1.66	Conexión NRD1:69	Conexión NRD1:70	24	55.7
Tubería TRD1.67	Conexión NRD1:70	Conexión NRD1:71	18.01	55.7
Tubería TRD1.68	Conexión NRD1:71	Conexión NRD1:72	18.01	55.7
Tubería TRD1.69	Conexión NRD1:72	Conexión NRD1:73	24	55.7
Tubería TRD1.70	Conexión NRD1:73	Conexión NRD1:74	96.32	55.7
Tubería TRD1.71	Conexión NRD1:74	Conexión NRD1:75	18	55.7
Tubería TRD1.72	Conexión NRD1:75	Conexión NRD1:76	90.172	55.7
Tubería TRD1.73	Conexión NRD1:76	Conexión NRD1:77	12.02	55.7
Tubería TRD1.74	Conexión NRD1:77	Conexión NRD1:78	114.29	55.7
Tubería TRD1.75	Conexión NRD1:78	Conexión NRD1:79	18.01	55.7
Tubería TRD1.76	Conexión NRD1:79	Conexión NRD1:80	30	55.7
Tubería TRD1.77	Conexión NRD1:80	Conexión NRD1:81	18.02	55.7
Tubería TRD1.78	Conexión NRD1:81	Conexión NRD1:82	42.117	55.7
Tubería TRD1.79	Conexión NRD1:82	Conexión NRD1:83	18.045	55.7
Tubería TRD1.80	Conexión NRD1:83	Conexión NRD1:84	48.04	55.7
Tubería TRD1.81	Conexión NRD1:84	Conexión NRD1:85	12	55.7
Tubería TRD1.82	Conexión NRD1:85	Conexión NRD1:86	64.01	55.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Conexiones de tubería con longitud y diámetro de las tuberías en red de distribución 2

Red de distribución 2				
ID Línea	NI	NF	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Tubería TRD2.1	Conexión NRD1:86	Conexión NRD2:1	102.11	55.7
Tubería TRD2.2	Conexión NRD2:2	Conexión NRD2:3	18.03	55.7
Tubería TRD2.3	Conexión NRD2:3	Conexión NRD2:4	12	55.7
Tubería TRD2.4	Conexión NRD2:4	Conexión NRD2:5	30.29	55.7
Tubería TRD2.5	Conexión NRD2:5	Conexión NRD2:6	6.001	55.7
Tubería TRD2.6	Conexión NRD2:6	Conexión NRD2:7	18	55.7
Tubería TRD2.7	Conexión NRD2:7	Conexión NRD2:8	12.01	55.7
Tubería TRD2.8	Conexión NRD2:8	Conexión NRD2:9	18.004	55.7
Tubería TRD2.9	Conexión NRD2:9	Conexión NRD2:10	18.009	55.7
Tubería TRD2.10	Conexión NRD2:10	Conexión NRD2:11	24.031	55.7
Tubería TRD2.11	Conexión NRD2:11	Conexión NRD2:12	18.002	55.7
Tubería TRD2.12	Conexión NRD2:12	Conexión NRD2:13	12.03	55.7
Tubería TRD2.13	Conexión NRD2:13	Conexión NRD2:14	18.007	55.7
Tubería TRD2.14	Conexión NRD2:14	Conexión NRD2:15	18.05	55.7
Tubería TRD2.15	Conexión NRD2:15	Conexión NRD2:16	18.004	55.7
Tubería TRD2.16	Conexión NRD2:16	Conexión NRD2:17	18.13	55.7
Tubería TRD2.17	Conexión NRD2:17	Conexión NRD2:18	12.06	55.7
Tubería TRD2.18	Conexión NRD2:18	Conexión NRD2:19	18.084	55.7
Tubería TRD2.19	Conexión NRD2:19	Conexión NRD2:20	12.01	55.7
Tubería TRD2.20	Conexión NRD2:20	Conexión NRD2:21	42.2	55.7
Tubería TRD2.21	Conexión NRD2:21	Conexión NRD2:22	18.14	55.7
Tubería TRD2.22	Conexión NRD2:22	Conexión NRD2:23	180.11	55.7
Tubería TRD2.23	Conexión NRD2:23	Conexión NRD2:24	36	55.7
Tubería TRD2.24	Conexión NRD2:24	Conexión NRD2:25	24.01	55.7
Tubería TRD2.25	Conexión NRD2:25	Conexión NRD2:26	30.01	55.7
Tubería TRD2.26	Conexión NRD2:26	Conexión NRD2:27	12	55.7
Tubería TRD2.27	Conexión NRD2:27	Conexión NRD2:28	156.071	55.7
Tubería TRD2.28	Conexión NRD2:28	Conexión NRD2:29	18.004	55.7
Tubería TRD2.29	Conexión NRD2:29	Conexión NRD2:30	36.005	55.7
Tubería TRD2.30	Conexión NRD2:30	Conexión NRD2:31	18.02	55.7
Tubería TRD2.31	Conexión NRD2:31	Conexión NRD2:32	12.001	55.7
Tubería TRD2.32	Conexión NRD2:32	Conexión NRD2:33	12	55.7
Tubería TRD2.33	Conexión NRD2:33	Conexión NRD2:34	18.02	55.7
Tubería TRD2.34	Conexión NRD2:34	Conexión NRD2:35	12.01	55.7
Tubería TRD2.35	Conexión NRD2:35	Conexión NRD2:36	24.046	55.7
Tubería TRD2.36	Conexión NRD2:36	Conexión NRD2:37	12.03	55.7

Red de distribución 2				
ID Línea	NI	NF	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Tubería TRD2.37	Conexión NRD2:37	Conexión NRD2:38	30.01	55.7
Tubería TRD2.38	Conexión NRD2:38	Conexión NRD2:39	22.28	55.7
Tubería TRD2.39	Conexión NRD2:39	Conexión NRD2:40	72.071	55.7
Tubería TRD2.40	Conexión NRD2:40	Conexión NRD2:41	6	55.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Conexiones de tubería con longitud y diámetro de las tuberías en red de distribución 3

Red de distribución 3				
ID Línea	NI	NF	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Tubería TRD3.1	Conexión NRD1:86	Conexión NRD3:1	12.02	55.7
Tubería TRD3.2	Conexión NRD3:1	Conexión NRD3:2	18	55.7
Tubería TRD3.3	Conexión NRD3:2	Conexión NRD3:3	174.99	55.7
Tubería TRD3.4	Conexión NRD3:3	Conexión NRD3:4	18.11	55.7
Tubería TRD3.5	Conexión NRD3:4	Conexión NRD3:5	18.02	55.7
Tubería TRD3.6	Conexión NRD3:5	Conexión NRD3:6	12.09	55.7
Tubería TRD3.7	Conexión NRD3:6	Conexión NRD3:7	12.022	55.7
Tubería TRD3.8	Conexión NRD3:7	Conexión NRD3:8	30.02	55.7
Tubería TRD3.9	Conexión NRD3:8	Conexión NRD3:9	6.034	55.7
Tubería TRD3.10	Conexión NRD3:9	Conexión NRD3:10	6.008	55.7
Tubería TRD3.11	Conexión NRD3:10	Conexión NRD3:11	12.12	55.7
Tubería TRD3.12	Conexión NRD3:11	Conexión NRD3:12	18.068	55.7
Tubería TRD3.13	Conexión NRD3:12	Conexión NRD3:13	6.034	55.7
Tubería TRD3.14	Conexión NRD3:13	Conexión NRD3:14	30.02	55.7
Tubería TRD3.15	Conexión NRD3:15	Conexión NRD3:16	6.036	55.7
Tubería TRD3.16	Conexión NRD3:16	Conexión NRD3:17	12.03	55.7
Tubería TRD3.17	Conexión NRD3:17	Conexión NRD3:18	18.029	55.7
Tubería TRD3.18	Conexión NRD3:18	Conexión NRD3:19	12.12	55.7
Tubería TRD3.19	Conexión NRD3:19	Conexión NRD3:20	24.011	55.7
Tubería TRD3.20	Conexión NRD3:20	Conexión NRD3:21	12.12	55.7
Tubería TRD3.21	Conexión NRD3:21	Conexión NRD3:22	24.06	55.7
Tubería TRD3.22	Conexión NRD3:22	Conexión NRD3:23	12.17	55.7
Tubería TRD3.23	Conexión NRD3:23	Conexión NRD3:24	12.01	55.7
Tubería TRD3.24	Conexión NRD3:24	Conexión NRD3:25	18.041	55.7
Tubería TRD3.25	Conexión NRD3:25	Conexión NRD3:26	12	55.7
Tubería TRD3.26	Conexión NRD3:26	Conexión NRD3:27	24.03	55.7
Tubería TRD3.27	Conexión NRD3:27	Conexión NRD3:28	18.01	55.7
Tubería TRD3.28	Conexión NRD3:28	Conexión NRD3:29	18.05	55.7
Tubería TRD3.29	Conexión NRD3:29	Conexión NRD3:30	12.01	55.7

Red de distribución 3				
ID Línea	NI	NF	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Tubería TRD3.30	Conexión NRD3:30	Conexión NRD3:31	6.034	55.7
Tubería TRD3.31	Conexión NRD3:31	Conexión NRD3:32	12.038	55.7
Tubería TRD3.32	Conexión NRD3:32	Conexión NRD3:33	11.09	55.7
Tubería TRD3.33	Conexión NRD3:33	Conexión NRD3:34	6.007	55.7
Tubería TRD3.34	Conexión NRD3:34	Conexión NRD3:35	72.16	55.7
Tubería TRD3.35	Conexión NRD3:35	Conexión NRD3:36	12.01	55.7
Tubería TRD3.36	Conexión NRD3:36	Conexión NRD3:37	18.1	55.7
Tubería TRD3.37	Conexión NRD3:37	Conexión NRD3:38	12.02	55.7
Tubería TRD3.38	Conexión NRD3:38	Conexión NRD3:39	12.05	55.7
Tubería TRD3.39	Conexión NRD3:39	Conexión NRD3:40	24.3	55.7
Tubería TRD3.40	Conexión NRD3:40	Conexión NRD3:41	18.02	55.7
Tubería TRD3.41	Conexión NRD3:41	Conexión NRD3:42	18.08	55.7
Tubería TRD3.42	Conexión NRD3:42	Conexión NRD3:43	6.046	55.7
Tubería TRD3.43	Conexión NRD3:43	Conexión NRD3:44	41.9	55.7
Tubería TRD3.44	Conexión NRD3:44	Conexión NRD3:45	90.06	55.7
Tubería TRD3.45	Conexión NRD3:45	Conexión NRD3:46	24.22	55.7
Tubería TRD3.46	Conexión NRD3:46	Conexión NRD3:47	12.07	55.7
Tubería TRD3.47	Conexión NRD3:47	Conexión NRD3:48	30.06	55.7
Tubería TRD3.48	Conexión NRD3:48	Conexión NRD3:49	12.03	55.7
Tubería TRD3.49	Conexión NRD3:49	Conexión NRD3:50	36.12	55.7
Tubería TRD3.50	Conexión NRD3:50	Conexión NRD3:51	6.019	55.7
Tubería TRD3.51	Conexión NRD3:51	Conexión NRD3:52	48.015	55.7
Tubería TRD3.52	Conexión NRD3:52	Conexión NRD3:53	18.01	55.7
Tubería TRD3.53	Conexión NRD3:53	Conexión NRD3:54	12.13	55.7
Tubería TRD3.54	Conexión NRD3:54	Conexión NRD3:55	12.022	55.7
Tubería TRD3.55	Conexión NRD3:55	Conexión NRD3:56	12.2	55.7
Tubería TRD3.56	Conexión NRD3:56	Conexión NRD3:57	75.3	55.7
Tubería TRD3.57	Conexión NRD3:57	Conexión NRD3:58	12.02	55.7
Tubería TRD3.58	Conexión NRD3:58	Conexión NRD3:59	12.27	55.7
Tubería TRD3.69	Conexión NRD3:59	Conexión NRD3:60	6.046	55.7
Tubería TRD3.60	Conexión NRD3:60	Conexión NRD3:61	12.13	55.7
Tubería TRD3.61	Conexión NRD3:61	Conexión NRD3:62	6.043	55.7
Tubería TRD3.62	Conexión NRD3:62	Conexión NRD3:63	18.1	55.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Caudal cero de red de distribución 1

Red de distribución 1			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD1:1	531.475	541.19	9.71
Conexión NRD1:2	526.974	541.19	14.22
Conexión NRD1:3	521.287	541.19	19.9
Conexión NRD1:4	523.709	541.19	17.48
Conexión NRD1:5	515.797	541.19	25.39
Conexión NRD1:6	513.13	541.19	28.06
Conexión NRD1:7	507.133	541.19	34.06
Conexión NRD1:8	507.888	541.19	33.3
Conexión NRD1:9	515.38	541.19	25.81
Conexión NRD1:10	515.38	525.38	10
Conexión NRD1:11	511.377	525.38	14
Conexión NRD1:12	508.974	525.38	16.41
Conexión NRD1:13	498.961	525.38	26.42
Conexión NRD1:14	498.783	525.38	26.6
Conexión NRD1:15	500.507	525.38	24.87
Conexión NRD1:16	500.416	525.38	24.96
Conexión NRD1:17	498.61	525.38	26.77
Conexión NRD1:18	504.793	525.38	20.59
Conexión NRD1:19	503	525.38	22.38
Conexión NRD1:20	500.801	525.38	24.58
Conexión NRD1:21	496.908	525.38	28.47
Conexión NRD1:22	493.677	525.38	31.7
Conexión NRD1:23	501.956	525.38	23.42
Conexión NRD1:24	500.836	525.38	24.54
Conexión NRD1:25	490.4	525.38	34.98
Conexión NRD1:26	501.305	525.38	24.07
Conexión NRD1:27	501.305	506.3	5
Conexión NRD1:28	493.273	506.3	13.03
Conexión NRD1:29	483.624	506.3	22.68
Conexión NRD1:30	484.519	506.3	21.79
Conexión NRD1:31	482.669	506.3	23.64
Conexión NRD1:32	477.845	506.3	28.46
Conexión NRD1:33	472.826	506.3	33.48
Conexión NRD1:34	479.703	506.3	26.6
Conexión NRD1:35	479.858	506.3	26.45
Conexión NRD1:36	471.66	506.3	34.64
Conexión NRD1:37	467.916	506.3	38.39
Conexión NRD1:38	472.6	506.3	33.7

Red de distribución 1			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD1:39	461.634	506.3	44.67
Conexión NRD1:40	459	506.3	47.3
Conexión NRD1:41	459	506.3	47.3
Conexión NRD1:42	461.923	506.3	44.38
Conexión NRD1:43	471.739	506.3	34.57
Conexión NRD1:44	488.183	506.3	18.12
Conexión NRD1:45	493.214	506.3	13.09
Conexión NRD1:46	492.763	506.3	13.54
Conexión NRD1:47	491.548	506.3	14.76
Conexión NRD1:48	491.131	506.3	15.17
Conexión NRD1:49	491.131	496.13	5
Conexión NRD1:50	489.605	496.13	6.53
Conexión NRD1:51	488.944	496.13	7.19
Conexión NRD1:52	483.278	496.13	12.85
Conexión NRD1:53	482.517	496.13	13.61
Conexión NRD1:54	479.723	496.13	16.41
Conexión NRD1:55	478.45	496.13	17.68
Conexión NRD1:56	476.945	496.13	19.19
Conexión NRD1:57	474.49	496.13	21.64
Conexión NRD1:58	450.172	496.13	45.96
Conexión NRD1:59	449.651	496.13	46.48
Conexión NRD1:60	451.238	496.13	44.89
Conexión NRD1:61	451.292	496.13	44.84
Conexión NRD1:62	451.292	457.29	6
Conexión NRD1:63	432.694	457.29	24.6
Conexión NRD1:64	431.225	457.29	26.07
Conexión NRD1:65	429.113	457.29	28.18
Conexión NRD1:66	427.716	457.29	29.58
Conexión NRD1:67	427	457.29	30.29
Conexión NRD1:68	427	457.29	30.29
Conexión NRD1:69	427	457.29	30.29
Conexión NRD1:70	426.632	457.29	30.66
Conexión NRD1:71	426.125	457.29	31.17
Conexión NRD1:72	425.42	457.29	31.87
Conexión NRD1:73	425.448	457.29	31.84
Conexión NRD1:74	430.949	457.29	26.34
Conexión NRD1:75	431.023	457.29	26.27
Conexión NRD1:76	426.556	457.29	30.74
Conexión NRD1:77	427.174	457.29	30.12

Red de distribución 1			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD1:78	422.845	457.29	34.45
Conexión NRD1:79	423.392	457.29	33.9
Conexión NRD1:80	423	457.29	34.29
Conexión NRD1:81	422.261	457.29	35.03
Conexión NRD1:82	419.081	457.29	38.21
Conexión NRD1:83	417.789	457.29	39.5
Conexión NRD1:84	416	457.29	41.29
Conexión NRD1:85	416	457.29	41.29
Conexión NRD1:86	415.203	457.29	42.09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Caudal cero de red de distribución 2

Red de distribución 2			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD2:1	419.461	457.29	37.83
Conexión NRD2:2	419.461	424.46	5
Conexión NRD2:3	418.364	424.46	6.1
Conexión NRD2:4	418.055	424.46	6.41
Conexión NRD2:5	413.904	424.46	10.56
Conexión NRD2:6	413.87	424.46	10.59
Conexión NRD2:7	413.521	424.46	10.94
Conexión NRD2:8	414	424.46	10.46
Conexión NRD2:9	413.667	424.46	10.79
Conexión NRD2:10	414	424.46	10.46
Conexión NRD2:11	412.665	424.46	11.8
Conexión NRD2:12	412.201	424.46	12.26
Conexión NRD2:13	411.339	424.46	13.12
Conexión NRD2:14	411.875	424.46	12.59
Conexión NRD2:15	410.583	424.46	13.88
Conexión NRD2:16	410.234	424.46	14.23
Conexión NRD2:17	408.106	424.46	16.36
Conexión NRD2:18	406.947	424.46	17.51
Conexión NRD2:19	405.224	424.46	19.24
Conexión NRD2:20	404.83	424.46	19.63
Conexión NRD2:21	400.799	424.46	23.66
Conexión NRD2:22	398.537	424.46	25.92
Conexión NRD2:23	394.513	424.46	29.95
Conexión NRD2:24	393.786	424.46	30.68

Red de distribución 2			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD2:25	392.963	424.46	31.5
Conexión NRD2:26	392	424.46	32.46
Conexión NRD2:27	392	424.46	32.46
Conexión NRD2:28	387.993	424.46	36.47
Conexión NRD2:29	387.81	424.46	36.65
Conexión NRD2:30	388.234	424.46	36.23
Conexión NRD2:31	389	424.46	35.46
Conexión NRD2:32	389	424.46	35.46
Conexión NRD2:33	389.337	424.46	35.12
Conexión NRD2:34	390	424.46	34.46
Conexión NRD2:35	390.493	424.46	33.97
Conexión NRD2:36	391.982	424.46	32.48
Conexión NRD2:37	392.902	424.46	31.56
Conexión NRD2:38	393.676	424.46	30.79
Conexión NRD2:39	395.816	424.46	28.65
Conexión NRD2:40	398	424.46	26.46
Conexión NRD2:41	398	424.46	26.46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Caudal cero de red de distribución 3

Red de distribución 3			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD3:1	415.875	457.29	41.42
Conexión NRD3:2	416	457.29	41.29
Conexión NRD3:3	430.218	457.29	27.07
Conexión NRD3:4	432.162	457.29	25.13
Conexión NRD3:5	432.651	457.29	24.64
Conexión NRD3:6	434.125	457.29	23.17
Conexión NRD3:7	433.851	457.29	23.44
Conexión NRD3:8	434.596	457.29	22.7
Conexión NRD3:9	435.239	457.29	22.05
Conexión NRD3:10	435.538	457.29	21.75
Conexión NRD3:11	437.245	457.29	20.05
Conexión NRD3:12	438.722	457.29	18.57
Conexión NRD3:13	439.365	457.29	17.93
Conexión NRD3:14	439.46	457.29	17.83
Conexión NRD3:15	439.46	444.46	5
Conexión NRD3:16	438.799	444.46	5.66

Red de distribución 3			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD3:17	437.875	444.46	6.59
Conexión NRD3:18	436.947	444.46	7.51
Conexión NRD3:19	435.224	444.46	9.24
Conexión NRD3:20	434.858	444.46	9.6
Conexión NRD3:21	436.566	444.46	7.89
Conexión NRD3:22	435.043	444.46	9.42
Conexión NRD3:23	433.024	444.46	11.44
Conexión NRD3:24	433.553	444.46	10.91
Conexión NRD3:25	432.334	444.46	12.13
Conexión NRD3:26	432.452	444.46	12.01
Conexión NRD3:27	431.384	444.46	13.08
Conexión NRD3:28	430.837	444.46	13.62
Conexión NRD3:29	429.545	444.46	14.92
Conexión NRD3:30	429.053	444.46	15.41
Conexión NRD3:31	428.411	444.46	16.05
Conexión NRD3:32	427.495	444.46	16.97
Conexión NRD3:33	427.448	444.46	17.01
Conexión NRD3:34	427.142	444.46	17.32
Conexión NRD3:35	423.072	444.46	21.39
Conexión NRD3:36	422.651	444.46	21.81
Conexión NRD3:37	420.723	444.46	23.74
Conexión NRD3:38	420.083	444.46	24.38
Conexión NRD3:39	418.967	444.46	25.49
Conexión NRD3:40	415.202	444.46	29.26
Conexión NRD3:41	416.04	444.46	28.42
Conexión NRD3:42	414.358	444.46	30.1
Conexión NRD3:43	414.753	444.46	29.71
Conexión NRD3:44	412.56	444.46	31.9
Conexión NRD3:45	409.067	444.46	35.39
Conexión NRD3:46	405.849	444.46	38.61
Conexión NRD3:47	404.591	444.46	39.87
Conexión NRD3:48	405.681	444.46	38.78
Conexión NRD3:49	406.542	444.46	37.92
Conexión NRD3:50	409.341	444.46	35.12
Conexión NRD3:51	409.816	444.46	34.64
Conexión NRD3:52	410.576	444.46	33.88
Conexión NRD3:53	409.968	444.46	34.49
Conexión NRD3:54	411.756	444.46	32.7
Conexión NRD3:55	412.449	444.46	32.01

Red de distribución 3			
ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión NRD3:56	414.631	444.46	29.83
Conexión NRD3:57	429.334	444.46	15.13
Conexión NRD3:58	429.987	444.46	14.47
Conexión NRD3:59	427.421	444.46	17.04
Conexión NRD3:60	428.165	444.46	16.3
Conexión NRD3:61	426.386	444.46	18.07
Conexión NRD3:62	427.109	444.46	17.35
Conexión NRD3:63	425.235	444.46	19.23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Válvulas en el sistema

ID Línea	Diámetro mm	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)	Pérd. Unit (m/km)
Válvula VLC1	53.2	0.85	0.38	69.8
Válvula VLC2	53.2	0.85	0.38	45.85
Válvula VLC3	53.2	0.85	0.38	49.2
Válvula VLC4	53.2	0.85	0.38	61.6
Válvula VLC5	53.2	0.85	0.38	77.14
Válvula VLC6	53.2	0.85	0.38	58.33
Válvula VRD1.1	55.7	1.36	0.56	12.35
Válvula VRD1.2	55.7	1.36	0.56	14.62
Válvula VRD1.3	55.7	1.36	0.56	3.16
Válvula VRD1.4	55.7	1.36	0.56	36.63
Válvula VRD2.1	55.7	0.44	0.18	25.86
Válvula VRD3.1	55.7	0.52	0.21	5.54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Diferencia de presiones y velocidades

	Presión Máxima (m)	Presión Mínima (m)	Velocidad máxima (m/s)	Velocidad mínima (m/s)	Longitud (m)	Diámetro (mm)
Línea de Conducción	77.14	5	0.38	0.38	5003.217	53.2
Red de Distribución 1	44.8	5	0.56	0.56	3834.023	55.7
Red de Distribución 2	36.03	5	0.18	0.18	1193.909	55.7
Red de Distribución 3	39.2	5	0.21	0.21	1333.003	55.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48: Número de casa y cota en red de distribución 1

Red de distribución 1	
No. Casa	Cota (m)
1	470.265
2	475.602
3	452.627
4	449.804
5	436.025
6	435.999
7	435.144
8	432.675
9	427
10	432.468
11	433.039
12	431.375
13	428.852
14	427
15	428.071
16	429.139
17	443.454
18	420.87
19	424.627
20	422.547
21	417.783
22	417.065
23	412.591
24	418.653

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Número de casas y cotas en red de distribución 2

Red de distribución 2	
No. Casa	Cota (m)
25	414.307
26	414
27	414
28	413
29	413.022
30	412.015
31	407.839
32	401.612
33	394.558
34	394.051
35	392
36	390
37	390.494
38	389
39	387.471
40	389
41	390
42	391.057
43	393.021
44	392.943
45	395.696
46	396.764
47	397.603
48	397.767
49	397.627
50	434.128

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50: Número de casa y cota en red de distribución 3

Red de distribución 3	
No. Casa	Cota (m)
51	439.44
52	437.188
53	434.169
54	440.084
55	441.389
56	441.94
57	434.819
58	431.983
59	432.655
60	431.581
61	433.946
62	428.171
63	426.971
64	426.048
65	427.348
66	427.16
67	417.133
68	415.542
69	414.825
70	412.982
71	408.713
72	409.352
73	410.827
74	408.478
75	415.074
76	432.422
77	433.466
78	424.196
79	429.769
80	427.051
81	424.505

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Presupuesto

SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTA	F. TRANSPORTE		
				CANTID ADES	COSTO/GU IA	COSTO/UNITA RIO	COSTO/TOT AL
					C\$	C\$	C\$
		PRELIMINARES					
31001		LIMPIEZA INICIAL					
	92224	LIMPIEZA MANUAL INICIAL	m ²	11364.15 2	32.73	51.3769	583854.9009
31002		TRAZO Y NIVELACION					
	93599	TRAZO DE EJE DE TUBERIA DE AGUA POTABLE (INCLUYE ESTACAS DE MADERA) (NO INCLUYE EQUIPO DE TOPOGRAFIA)	m	11364.15 2	23.7549	37.2823	423681.7241
31005		ROTULO					
	4277	ROTULO TIPO FISE DE 1.22 m x 2.44 m (ESTRUCTURA METALICA & ZINC LISO) CON BASE DE CONCRETO REF.	C/U	1	30721.9171	48220.6103	48220.6103
		LINEA DE CONDUCCION					
32001		EXCAVACION PARA TUBERIA					
	92227	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	m ³	6003.86	172.8176	271.2502	1628548.226
32011		RELLENO Y COMPACTACION					
	92226	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m ³	6003.86	155.0578	243.3842	1461244.663

SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTA CANTID ADES	COSTO/GU IA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITA RIO	COSTO/TOT AL
32023		PRUEBAS HIDROSTATICAS					
	93282	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA Diam= Hasta 4", L=Hasta 300 m PARA PROY. A. P	C/U	17	2377.96	3732.4078	63450.9326
32014		TUBERIA DE 2"					
	96311	TUBERIA DE PVC Diam= 2" (SDR17) CON EMPAQUE (NO INCLUYE EXCAVACION)	m	5003.217	182.5422	284.4989	1423409.733
	96325	VALVULA DE PASE DE HIERRO FUNDIDO Diam= 2" (CON FLANGE INTEGRADO) PARA LIMPIEZA	C/U	13	9241.615	14505.0205	188565.2665
	95098	VALVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diam=2" CON SUS ACCESORIOS	C/U	14	30191.23	47387.6567	663427.1938
	93598	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO C/ANCLAJE P/ACCESORIOS DE TUBOS (USANDO MADERA DE PINO)	C/U	30	535.2614	840.1343	25204.029
32503		PILA ROMPE PRESION					
	4221	PILA ROMPE PRESION	C/U	5	32463.16	51941.056	259705.28
		LINEA DE DISTRIBUCION					

SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTA CANTIDADES	COSTO/GU IA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
		RED 1					
33001		EXCAVACION PARA TUBERIA					
	92227	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	m ³	660.4212	172.8176	271.2502	179139.3826
33004		RELLENO Y COMPACTACION					
	92226	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m ³	660.4212	155.0578	243.3842	160736.0854
32104		PRUEBA HIDROSTATICA					
	93282	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA Diam= Hasta 4", L=Hasta 300 m PARA PROY. A. P	C/U	2	2377.96	3732.4078	7464.8156
32014		TUBERIA DE 2"					
	96311	TUBERIA DE PVC Diam= 2" (SDR26) CON EMPAQUE (NO INCLUYE EXCAVACION)	m	550.351	182.5422	284.4989	156574.2541
33001		EXCAVACION PARA TUBERIA					
	92227	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	m ³	3940.4064	172.8176	271.2502	1068836.024
33004		RELLENO Y COMPACTACION					
	92226	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m ³	3940.4064	155.0578	243.3842	959032.6593

SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTA CANTIDADES	COSTO/GU IA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
32104		PRUEBA HIDROSTATICA					
	93282	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA Diam= Hasta 4", L=Hasta 300 m PARA PROY. A. P	C/U	13	2377.96	3732.4078	48521.3014
32012		TUBERIA DE 2"					
	96165	TUBERIA DE PVC Diam=2" (SDR26) CON EMPAQUE (NO INCLUYE EXCAVACION)	m	3283.672	182.5422	284.4989	934201.072
33023		VALVULAS Y ACCESORIOS					
	2099	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO DE 3000 PSI REF. PARA VALVULAS (NO INCLUYE EXCAVACION, NI ACARREO)	C/U	23	223.675	351.079	8074.817
	96325	VALVULA DE PASE DE HIERRO FUNDIDO Diam=2" (CON FLANGE INTEGRADO) PARA LIMPIEZA	C/U	11	9241.615	14505.0205	159555.2255
	95098	VALVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diam=2" CON SUS ACCESORIOS	C/U	8	30191.23	47387.6567	379101.2536
32503		PILA ROMPE PRESION					
	4221	PILA ROMPE PRESION	C/U	4	32463.16	51941.056	207764.224
		RED 2					

SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTA CANTIDADES	COSTO/GU IA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITARIO	COSTO/TOTAL
33001		EXCAVACION PARA TUBERIA					
	92227	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	m ³	1432.69	172.8176	271.2502	388617.449
33004		RELLENO Y COMPACTACION					
	92226	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m ³	1432.69	155.0578	243.3842	348694.1095
32104		PRUEBA HIDROSTATICA					
	93282	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA Diam= Hasta 4", L=Hasta 300 m PARA PROY. A. P	C/U	4	2377.96	3732.4078	14929.6312
32013		TUBERIA DE 2"					
	96167	TUBERIA DE PVC Diam=2" (SDR26) CON EMPAQUE (NO INCLUYE EXCAVACION)	m	1193.909	182.5422	284.4989	339665.7972
33023		VALVULAS Y ACCESORIOS					
	2099	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO DE 3000 PSI REF. PARA VALVULAS (NO INCLUYE EXCAVACION, NI ACARREO)	C/U	7	223.675	351.079	2457.553
	96325	VALVULA DE PASE DE HIERRO FUNDIDO Diam=2" (CON FLANGE INTEGRADO) PARA LIMPIEZA	C/U	6	9241.615	14505.0205	87030.123

SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTA CANTID ADES	COSTO/GU IA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITA RIO	COSTO/TOT AL
	95098	VALVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diam=2" CON SUS ACCESORIOS	C/U	5	30191.23	47387.6567	236938.2835
32503		PILA ROMPE PRESION					
	4221	PILA ROMPE PRESION	C/U	1	32463.16	51941.056	51941.056
		RED 3					
33001		EXCAVACION PARA TUBERIA					
	92227	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	m ³	1599.603	172.8176	271.2502	433892.6337
33004		RELLENO Y COMPACTACION					
	92226	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	m ³	15599.603	155.0578	243.3842	3796696.896
32104		PRUEBA HIDROSTATICA					
	93282	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA Diam= Hasta 4", L=Hasta 300 m PARA PROY. A. P	C/U	4	2377.96	3732.4078	14929.6312
32013		TUBERIA DE 2"					
	96167	TUBERIA DE PVC Diam= 2" (SDR26) CON EMPAQUE (NO INCLUYE EXCAVACION)	m	1333.003	182.5422	284.4989	379237.8872
33023		VALVULAS Y ACCESORIOS					

SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTA CANTID ADES	COSTO/GU IA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITA RIO	COSTO/TOT AL
	2099	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO DE 3000 PSI REF. PARA VALVULAS (NO INCLUYE EXCAVACION, NI ACARREO)	C/U	8	223.675	351.079	2808.632
	96325	VALVULA DE PASE DE HIERRO FUNDIDO Diam=2" (CON FLANGE INTEGRADO) PARA LIMPIEZA	C/U	6	9241.615	14505.0205	87030.123
	95098	VALVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diam=2" CON SUS ACCESORIOS	C/U	7	30191.23	47387.6567	331713.5969
32503		PILA ROMPE PRESION					
	4221	PILA ROMPE PRESION	C/U	1	32463.16	51941.056	51941.056
		TANQUE DE ALMACENAMIENTO					
33502		TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MAMPOSTERIA					
	02066	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) MENOR O IGUAL #4 (INCLUYE TACOS SEPARADORES) H=0.075 m	LBS	17845.66	43.7419	68.6645	1225363.321
	02272	VALVULA DE HIERRO FUNDIDO Diam=4" (INCLUYE EXCAVACION Y BLOQUE DE REACCION)	C/U	2	22445.73	35230.453	70460.906

SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTA CANTID ADES	COSTO/GU IA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITA RIO	COSTO/TOT AL
	02271	VALVULA DE HIERRO FUNDIDO Diam=3" (INCLUYE EXCAVACION Y BLOQUE DE REACCION)	C/U	3	13562.33	21287.21	63861.63
	02418	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diam=3" (NO INCLUYE EXCAVACION) (INC BLOQUE DE REACCION)	C/U	8	1110.04	1742.2941	13938.3528
	03028	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diam=4" (NO INCLUYE EXCAVACION) (INC BLOQUE DE REACCION)	m	25	1515.91	2379.0518	59476.295
	03830	PELDAÑO DE VARILLA DE HIERRO CORRUGADO GRADO 40, Diam=5/8", ANCHO DE PELDAÑO=0.30 m, DESARROLLO=0.90 m	C/U	24	104.09	163.38	3921.12
	92282	FUNDIR CONCRETO CUALQUIER ELEMENTO	m ³	52	319.78	501.92	26099.84
	92140	REPELLO CORRIENTE	m ²	290.5	122.69	192.61	55953.205
	92141	FINO CORRIENTE	m ²	161.39	112.97	177.32	28617.6748
	92160	PIQUETEO TOTAL EN CONCRETO FRESCO	m ²	290.5	31.58	49.57	14400.085
	92371	FORMALETA PARA MUROS	m ²	315	220.07	345.44	108813.6
	955518	FORMALETA PARA LOSA AEREA @ Alt=2 m (INCLUYE BARULES DE 4" X4")	m ²	125	505.28	793.08	99135
	92388	FORMALETAS PARA FUNDACIONES	m ²	30	324.88	509.93	15297.9
	92424	APUNTALAMIENTO CON MADERA DE PINO HASTA 3 m	m	640	371.52	583.14	373209.6
	93070	ANDEN DE CONCRETO CON MEZCLADORA Esp=0.10 m	m ²	65	497.07	780.21	50713.65

SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTA CANTIDADES	COSTO/GU IA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITA RIO	COSTO/TOT AL
	93218	ZAMPEADA DE PIEDRA BOLON CLASIFICADA Diam=mayor de 0.05 cm + CONCRETO	m ³	4	4047.65	6353.14	25412.56
	02050	CANAL RECTO DE COMCRETO DE 2500 PSI REF A= 0.30 m, H=0.30 m, CON REJILLA DE VARILLA DE HIERRO	m	82	1591.18	2497.49	204794.18
	93873	RESPIRADERO DE TUBO DE Ho. Go Diam=3'	C/U	2	1124.88	1765.58	3531.16
	95256	MEZCLA MANUAL DE SUELO CEMENTO PROPORCION 1:7 (C.S) (1 DE CEMENTO Y 7 DE SUELO)	m ³	37	1558.42	2446.07	90504.59
	95548	IMPERMEABILIZACION DE PAREDES DE TANQUE DE CONCRETO CON SIKADUR-32T	m ²	157	537.04	843.45	132421.65
	92147	PINTURA DE ACEITE STANDAR (INCLUYE 2 MANOS)	m ²	195	135.7	212.99	41533.05
33508		CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES					
	92066	CERCA DE ALAMBRE DE PUAS CAL 13. 7 HILADAS C/POSTE DE MADERA RUSTICA DE 2.50 m	m	160	197.59	304.95	48792
	93056	PUERTA DE MARCO DE MADERA BLANCA Y FORRO DE ALAMBRE DE PUAS CAL 13 ½	C/U	2	899.76	1412.24	2824.48
34000		CAPTACION					

SUB ETAPA	CODIGO	DESCRIPCION DE LA ETAPA Y SUBETAPA	UM	F. VENTA CANTID ADES	COSTO/GU IA	F. TRANSPORTE COSTO/UNITA RIO	COSTO/TOT AL
	34001	OBRA DE CAPTACION	C/U	1	72041.82	85314.3	85314.3
		CONEXIONES					
35001		CONEXIONES DOMICILIARIAS					
	03931	CONEXION DOMICILIAR DE PATIO CON TUBO PVC Diam=1/2" (SDR 13.5) (NO INCLUYE MEDIDOR) (INC EXCAVACION)	C/U	81	2351.77	3691.29	298994.49
	92728	MEDIDOR DE AGUA POTABLE Diam=1/2" CON 2 ADAPTADORES (NO INC. CAJA) DOMICILIAR	C/U	81	1428.4	2241.99	181601.19
	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	81	6714.38	10538.52	853620.12
SUBTOTAL			C\$			21785444.08	
ADMINISTRACION 10%			C\$			2178544.408	
IMPUESTO ALCALDIA 1%			C\$			217854.4408	
IMPUESTO RENTA 2%			C\$			435708.8816	
UTILIDADES 10%			C\$			2178544.408	
TOTAL			C\$			26796096.22	

Fuente: Elaboración propia