Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

“DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD CARACITO, MUNICIPIO EL ALMENDRO, DEPARTAMENTO DE RIO SAN JUAN”

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Bayardo Misael Maltez Arróliga
Carnet: 2016-0121J

Br. Eddy Ariel Villegas Mejía
Carnet: 2012-43480

Tutor:

Ing. Rafael Antonio Taleno Campos

17 de abril de 2026
Managua Nicaragua

DEDICATORIA

A **Dios**, quien me dio la fuerza para terminar este paso tan importante para mí, guiarme por el buen camino, proporcionándome la sabiduría e inteligencia en todo momento, dándome fuerzas y motivación para no desfallecer, ante los problemas que se presentaban y que nada nos aparte de nuestro objetivo y gracias a la seguridad de que todo el esfuerzo que hemos realizado vale la pena, que siempre seguirá guiándonos y acompañándonos en nuestros retos.

A mis Padres, **Mariana Arróliga Hernández, Misael de Jesús Maltez Arróliga** quienes siempre me han dado su apoyo incondicional en todo momento y por brindarnos educación y forjar en nosotros el deseo de convertirnos en profesionales, por cultivar valores de vida y deseos de salir adelante, por darnos el apoyo económico e incondicional en todo momento.

A mis **Hermanas, Lilibeth Janaris Maltez Arróliga e Belkis Nayelis Maltez Arróliga,** quienes han aportado mucho a mi crecimiento como persona y me han enseñado mucho en la vida con su buen ejemplo de siempre salir adelante y con perseverancia sin importar el nivel de dificultad.

A mis amigos/as, compañeros y cada una de las personas que estuvieron presentes en toda esta etapa, quienes aportaron su tiempo, palabras de motivación y compañía a lo largo de esta etapa.

A mis **maestros**, que siempre nos han apoyado de diversas maneras, dándonos la oportunidad de adentrarnos en el mundo del conocimiento, contribuyendo con múltiples aportes en las diferentes áreas para nuestro crecimiento.

Br. Bayardo Misael Maltez Arróliga

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primeramente a **Dios**, ya que sin él nada podemos hacer. Dios es quien nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr nuestras metas. Gracias por las pruebas que me hacen crecer como persona y me permiten dar lo mejor de mí.

A mis padres **Sr. José Leónidas Villegas García y Sra. Amelia Mejía Medina** por haberme dado la vida, y enseñarme que las metas son alcanzables y que una caída no es una derrota si no el principio de una lucha que siempre termina en logros y éxitos. Gracias por siempre orientarme en todo lo que se y ayudarme a salir adelante a pesar de los inconvenientes.

A mi hermana **Hna. Joselin Amelia Villegas Mejía**, que con sus buenas voluntades me ha brindado apoyo para luchar en mi carrera y seguir adelante para cumplir mis propósitos.

A mi esposa **Esp. Kenia Oporta Flores** que siempre me apoyo y me animo a seguir a delante para lograr terminar mi carrera y ser un profesional.

A **mis amigos** de la universidad con los que compartí estos 5 años de estudios, gracias por la oportunidad de crear bonitas amistades y el apoyo incondicional que formábamos.

De igual forma a mis **maestros**, que han sido guías en el transcurso de la carrera, brindando el pan de la enseñanza y aprendizajes de buenos valores.

Br. Eddy Ariel Villegas Mejía

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios que nos dio la vida, la sabiduría y la inteligencia necesaria para poder culminar nuestro trabajo monográfico.

A nuestras familias, amistades y demás personas que nos aprecian, principalmente nuestros **padres,** por brindarnos el apoyo incondicional en todo momento ya que ellos nos facilitaron las condiciones necesarias para cumplir nuestras metas y poder realizar este trabajo.

Con mucho afecto a nuestros compañeros de nuestra generación de la carrera de ingeniería civil, ya que de una u otra manera nos apoyaron incondicionalmente en todo momento durante estos años estudiados.

A cada uno de los docentes que nos impartieron clases durante cinco años de estudios. Gracias por brindar sus conocimientos, ayuda y apoyo para que nosotros culmináramos esta carrera.

A nuestro tutor **Ing. Rafael Antonio Taleno Campos** por su apoyo en asesoría y revisión de nuestro trabajo monográfico.

A la Universidad Nacional de Ingeniería UNI REGION CENTRAL JUIGALPA, que nos dio la oportunidad de formar parte de ella, gracias.

RESUMEN DEL TEMA

En el presente trabajo monográfico que a continuación describe el diseño de abastecimiento de agua potable en la comunidad Caracito, Municipio El Almendro, Departamento Rio San Juan, cuyo proyecto abarca un periodo de diseño de 20 años (2022-2042), con el objetivo de beneficiar a los pobladores de esa comunidad y puedan gozar el derecho al consumo de agua potable.

El sistema fue diseñado en base al parámetro de código de diseño internacionales y regidos a normas nacionales tales como NORMA NTON 09 007-19 para desarrollar el proyecto de agua potable. Aprovechando el recurso hídrico y económico, dicha propuesta se encuentra regida mediante un análisis a fondo de las características socioeconómicas de la comunidad.

En el capítulo I esta detallada la parte introductoria del proyecto haciendo énfasis en la reseña de la importancia prioritaria que tiene la zona rural en las comunidades debido al derecho de gozar de aguas aptas al consumo humano. A si mismo se describe la brevedad existente y dar fin a esta necesidad que presenta esta comunidad como se ha venido priorizando este tipo de proyecto en años anteriores en el resto del país.

La descripción en capitulo II describe generalmente la información de la población que reside en la Comunidad Caracito, la actividad socioeconómica y los indicadores de calidad y cobertura, esta información requerida para conocer a profundidad aspectos importantes que juegan un roll en proyectos de Diseño.

En el capítulo III se encuentra la parte conceptual del marco teórico del documento, es decir el conocimiento científico de las definiciones y conceptos que se toman en cuenta en el diseño de cada componente del sistema. En el capítulo IV hace alusión al diseño metodológico con lo que se realizó el diseño, tomando en cuenta los parámetros que se establecen a nivel nacional.

En el capítulo V detalla los análisis y la presentación de resultados de estos, a través de procedimientos que se describió en el capítulo anterior, precedidas de las conclusiones tomadas para concluir el diseño y dimensiones de los componentes que requiere un sistema de agua potable en esa comunidad. Así como también se realizó recomendaciones que se puedan tomar en cuenta.

El documento contiene la memoria de diseño de los componentes implicados para facilitar el diseño para el suministro de agua mediante la red de distribución. Dentro de la cual se presentan planos, resultados de simulación de red de agua potable y fotografías para el conocimiento del sitio.

1 ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 2

III. JUSTIFICACIÓN 3

IV. OBJETIVOS 4

4.1. Objetivo General 4

4.2. Objetivos específicos 4

V. MARCO TEORICO 5

5.1 Aforo por método volumétrico 5

5.2 Método de crecimiento de población 5

5.2.1 Tasa de crecimiento (método Aritmético). 5

5.2.2 Dotaciones 6

5.2.3 Consumos especiales 7

***5.2.4* Caudales para incendios** 7

5.3 Factores de Máximas Demandas 7

5.3.1 Consumo de máxima hora 8

5.3.2 Pérdidas 8

5.4 Censo poblacional 9

5.5 Filtración múltiple etapa (FIME) 9

5.5.1 Filtro grueso dinámico (FGDi) 10

Fuente. Zúñiga, H. (1999). *Filtración en múltiples etapas para el tratamiento de agua* 10

5.5.2 Filtro grueso ascendente en capas (FGAC) 10

Fuente. Zúñiga, H. (1999). *Filtración en múltiples etapas para el tratamiento de agua* 10

5.5.3 Filtro lento de arena (FLA) 11

Fuente. Zúñiga, H. (1999). *Filtración en múltiples etapas para el tratamiento de agua* 11

5.6 Mini acueducto por gravedad (MAG) 11

5.6.1. Fuente de abastecimiento 11

5.7. Manantiales 12

5.7.1. Fuentes superficiales 12

5.7.2. Obra de captación 12

5.8. Línea de conducción por gravedad. 13

5.9. Tanque de almacenamiento 13

5.9.1. Tanque sobre el suelo 14

5.10. Red de distribución 14
5.11. Etapa de Desinfección 14
5.12. Modelamiento hidráulico. 15
VI. Diseño metodológico 16
6.1. Descripción de área de proyecto 16
6.2. Método aforo volumétrico 17
6.3. Censo poblacional 17
6.3.1. **Economía y empleo** 19
6.4. Acceso a servicios de salud 19
6.5. Escolaridad 20
6.6. Proyección de población 20
6.6.1. Método aritmético 20
6.6.2. Factores de máxima demanda 21
6.6.3. Perdidas por fuga 21
6.7. Almacenamiento 21
6.8. Análisis de calidad de agua 21
6.9. Sistema de tratamiento 22
4.15 Modelamiento Hidráulico 25
VII. Análisis de resultados 25
7.1. Aforo por método volumétrico 25
7.2. Criterios de diseño de abastecimiento de agua potable para el sistema 27
7.2.1. Proyección de población y consumo 27
7.2.2. Dotación 27
7.3. Población de diseño 27
7.4. Periodo de diseño 27
7.6. Calidad de agua 32
7.6.1. Calidad fisicoquímica 32
7.6.2. Obra de captación 33
7.6.3. Tanque de almacenamiento 34
7.7. Análisis hidráulico 37
7.7.1. Línea de conducción 37
7.9. Red de distribución 39
7.9.1. Distribución de caudales unitarios 40

7.9.2. Red de distribución 40
7.9.3. Distribución de caudales unitarios 41
7.10. Modelación Software WaterGEMS 41
7.10.1. Modelación con demanda base 42
7.11. Conexiones 47
7.12. Sistema de filtro lento para control de turbidez 47
7.13. Presupuesto de obra 48
VIII. CONCLUSIONES 54
X. BIBLIOGRAFÍA 57
XI. ANEXOS I

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Filtro grueso dinámico. 10
Figura. 2. Filtro grueso ascendente en capas. 10
Figura. 3. Filtro lento de arena. 11
Figura. 4. Macro localización del sitio 16
Figura. 5. Localización del sitio 16
Figura. 6. Jefatura de la Familias. 18
Figura. 7. Distribución de la población por rango de edad. 18
Figura. 8. Rangos de ingresos 19
Figura. 9. Escolaridad. 20
Figura. 10. Parámetros de calidad de agua para la fuente Caracito 22
Figura. 11. Dosificación de cloro para el tanque 24
Figura. 12. Población futura 28
Figura. 13. Proyección de la población y consumo 31
Figura. 14. Obra de Captación existente 33
Figura. 15. Captación y tanque de almacenamiento 34
Figura. 16. Tanque de almacenamiento existente 36
Figura. 17. Diferencia de elevaciones 38
Figura. 18. Caudal, perdidas por Fricción y velocidad 42
Figura. 19. Tramo N°1 de tubería de 4” pulgadas desde el tanque de almacenamiento hasta el nodo N° 23 43

Figura. 20. Tramo N° 2 de tubería de 2” pulgadas desde el nodo 23 43
Figura. 21. Tramo de tubería con caudales, velocidades y presiones 44
Figura. 22. Tramo de tubería con caudales, velocidades y presiones 44
Figura. 23. Tramo de tubería con caudales, velocidades y presiones 45
Figura. 24. Tramo de tubería con caudales, velocidades y presiones 45

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Dotaciones de agua para poblaciones dispersas 6
Tabla 2. Consumo comercial, industrial, público e institucional. 7
Tabla 3. Caudales para incendios 7
Tabla 4. Tubería a instalar 47
Tabla 5. Presupuesto esimado 49

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento indispensable para la vida, cubre casi cuatro quintas partes de la superficie terrestre y en las personas representa aproximadamente el 70 % del peso total del cuerpo.

El ser humano la utiliza, como elemento para su nutrición, aseo, bebida, alimentos, lavados de ropas, limpieza de cara, etc.; pero la salud humana no depende solamente de la cantidad sino también de la calidad del agua a utilizar. En el siguiente trabajo se realizará un diseño de un sistema de agua potable por medio de la gravedad, el sitio para el presente estudio corresponde a la comunidad Caracito, ubicada en el municipio El almendro, Rio San Juan, exactamente a 262 km de la capital de Nicaragua.

La fuente de abastecimiento de la comunidad actualmente está agotada y no tienen capacidad para satisfacer la demanda (184 viviendas aproximadamente). Debido a la problemática del servicio de agua potable la población tiene que recurrir a los ríos para la limpieza de su ropa y según los pobladores para obtener el vital líquido se tiene que sectorizar por más de 24 horas dividido en dos sectores de 1.5 km para poder dar respuesta a las necesidades de sus hogares.

Este presente trabajo monográfico consiste en llevar a cabo una propuesta de diseño de un abastecimiento de agua potable en la comunidad Caracito con el objetivo de proveer a la población del vital líquido de una manera potabilizada.

En este documento se presentará una descripción detallada de las actividades y metodologías que conllevará al diseño y costo a incurrir para su formulación y ejecución del mismo.

II. ANTECEDENTES

La comunidad “Caracito” pertenece al municipio de El Almendro, Rio San Juan, La comunidad se encuentra a 267 kilómetros de la ciudad de Managua y aproximadamente a 20 km del casco urbano de Nueva Guinea y a 19 km de El Almendro, ubicado en las coordenadas Latitud 11°45'59” y Longitud 84°34'20"; a una altitud de 182 msnm con un total de 614 habitantes. La localidad fue fundada en el año 1972 por algunos pobladores que decidieron quedarse a vivir para siempre en dicho lugar.

Existe un comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) autorizado por INAA, el comité está conformado por miembros de la comunidad, el CAPS se encarga del mantenimiento y operación del sistema, además existe una casa comunal donde se realizan reuniones cuando se debe exponer alguna inquietud al sistema.

Según los beneficiados afirman haber adquirido enfermedades estomacales como Helicobacter Pylori, los pobladores se han realizado chequeos en el centro médico y los resultados provienen que es el agua, siendo afectados los menores de edad y adultos mayores por lo que la población se siente muy preocupada por la problemática.

La población desde hace muchos años, 15 aproximadamente se abastece principalmente a través de un Mini acueducto por Gravedad (MAG) existente, el cual se encuentra obsoleto y dos pozos excavados a mano construidos por algunas familias, también se utiliza el agua de algunas quebradas que atraviesan la comunidad, para lavar ropa y garantizar el agua al ganado.

III. JUSTIFICACIÓN

La problemática que se origina en la comunidad Caracito, la cual toda la población es afectada por el desabastecimiento y la calidad del vital líquido, lo cuales se han originado diversas enfermedades gastrointestinales que afectan a un alto número en la población siendo los niños los más vulnerables.

Actualmente la comunidad cuenta con un servicio de agua potable el cual primero, el líquido entra sobre dos cajas de filtro lento para luego enviarla al tanque de almacenamiento de 36 m^3 para finalmente ser clorada. Sin embargo, la producción no se mantiene constante a lo largo de todo el año.

El agua tiende a cambiar el color en la época de invierno y el incremento de las lluvias persistentes, el sistema cuenta con cloración por medio de hipoclorito de calcio en tableta, la comunidad cuenta con 184 viviendas, una escuela que asisten 80 estudiantes de diferentes modalidades: preescolar, primaria y secundaria quienes se ven afectado por la falta de un buen servicio.

El tema en propuesta consiste en lograr una respuesta a la problemática que presenta la población y que cumpla con todos los estándares que se necesiten para mejorar la calidad de vida y reducir las enfermedades que se adquieren.

El sistema tendrá como propuesta la fuente superficial ubicada 2 km de la comunidad, la cual cuenta por medio de gravedad y tiene las condiciones necesarias para el apto consumo.

La fuente en estudio es la siguiente: Caracito, ubicada en el cerro La Víbora, es de tipo manantial difuso. Se realizará un estudio y diseño de un sistema de red de agua y que cumpla con los estándares de potabilización para la población.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Realizar un Diseño de agua potable en la comunidad Caracito, municipio El Almendro, Departamento Rio San Juan.

4.2. Objetivos específicos

- Realizar el aforo de la fuente en estudio mediante el método volumétrico con el fin de conocer el caudal máximo y compararlo con las demandas máximas.

- Realizar un diseño de abastecimiento de agua potable siguiendo la Normativa NTON 09-007-19.

- Realizar un censo poblacional para los usuarios del servicio, y de esta forma conocer la población hasta el periodo de diseño.

- Determinar el tratamiento adecuado en base a los estudios de calidad de agua realizada en la fuente.

- Diseñar y modelar la línea de conducción y distribución por medio del sistema WaterGEMS.

V. MARCO TEORICO

5.1 Aforo por método volumétrico

Es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, a condición de que el depósito sea bastante grande y de que pueda medir su capacidad de forma precisa. Consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y cronometrar el tiempo total en que se llena el depósito, así se obtiene:

Dónde:

Q = es el caudal expresado en m^3/s
V = volumen dado en m^3
T = Tiempo en segundos

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

Por lo tanto, este método es de utilización práctica, siempre que se trate de mediciones de pequeños caudales, en trabajos experimentales o para tener una idea rápida del caudal aportado por determinado riachuelo. (Alvarado, 2017)

5.2 Método de crecimiento de población

5.2.1 Tasa de crecimiento (método Aritmético).

Este método debe aplicarse a pequeñas localidades en especial en el área rural y a ciudades con crecimiento estabilizado y que posean áreas de extensión futura casi nulas. En la estimación de la población de diseño, sólo se necesita el tamaño de la población en dos tiempos distintos.

Consiste en agregar a la población del último censo un número fijo de habitantes para cada período en el futuro, es un método lineal, en el que la pendiente se corresponde con la tasa de crecimiento aritmética del último período intercensal. (INAA, 2020)

Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$Pn = Po + (r \times n)$

Dónde:

Pn = Población proyectada al año “n” (hab.)

P_0 = Población inicial (hab.)

r = Tasa de crecimiento (hab. /Año)

n= intervalo de tiempo años

5.2.2 Dotaciones

Para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, se recomienda usar los valores de consumo medio diario (MCT, 1989).

Tabla 1.Dotaciones de agua para poblaciones dispersas

Nivel de servicio	Dotación lppd
Conexión Domiciliar	80
Puestos Públicos	30 a 50
Pozos excavados equipados con bomba manual	20 a 30
Pozos perforados, equipados con bomba manual	20 a 30
Captación individual de agua de lluvia (CALL)	10

Fuente. NTON 09-007-19

5.2.3 Consumos especiales

Para educación la dotación se establecerá de acuerdo a la normativa sectorial Normas y criterios para el Diseño de Establecimientos Escolares del MINED.

Tabla 2. Consumo comercial, industrial, público e institucional.

Consumo	porcentaje
Comercial	7
Publico o industrial	7
Industrial	2

Fuente: NTON 09-007-19

5.2.4 Caudales para incendios

Para poblaciones concentradas, la cantidad de agua que todo acueducto debe tener disponible para combatir la eventualidad del incendio estará adecuada a la capacidad del sistema y rango de la población proyectada según la siguiente tabla.

Tabla 3. Caudales para incendios

Rango de población		**Rango de Caudales [L/s]**		**Caudales en L/s por toma**
de	**A**	**De**	**A**	
0	5000	No se considera		
5001	10000	5	13	1 toma de 10
10001	15000	13	22	1 toma de 16
15001	20000	22	35	2 tomas de 16 c/u
20001	30000	35	63	3 tomas de 16 c/u
30001	50000	63	95	2 tomas de 31 c/u
50001	Más	95	Más	3 tomas de 31 c/u de acuerdo a la importancia del lugar

Fuente: NTON 09-007-19

5.3 Factores de Máximas Demandas

Las variaciones del consumo estarán expresadas en porcentajes de las demandas promedio diario total y sirve de base para el dimensionamiento de la capacidad de

las obras de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución.

Los factores de consumo que el diseñador debe aplicar son los siguientes:

A: Consumo de máximo día será igual a 1.3 del Consumo Promedio Diario para la ciudad de Managua. Para las otras localidades del resto del país, el factor será 1.5. (NTON 09 007-19, 2019)

CMD = (1,3 ó 1,5 CPD) + P donde: 1,3 o 1,5 son los factores de variación de consumo.

Dónde: CPD = CD + CPI + CC + CInd.

P: Pérdidas en el sistema = 15 o 20% del CPD

CPD: Consumo Promedio Diario

CD: Consumo Doméstico
CPI: Consumo Público e Institucional
CC: Consumo Comercial
CInd.: Consumo Industria

5.3.1 Consumo de máxima hora

Para la ciudad de Managua el factor será igual a 1.5 del Consumo Promedio Diario, para las localidades urbanas del resto del país, será igual a 2.5 y para las áreas rurales será igual a 2.5, justificando técnicamente la utilización de factores superiores. (NTON 09 007-19, 2019)

CMH = (1.5 o 2.5 CPD) + P donde: 1.5 y 2.5 son factores de variación consumo horario.

5.3.2 Pérdidas

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas y/o desperdicio en el sistema. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio. En el caso de

ciudades y localidades con más de 500 viviendas, el porcentaje se fijará en un 20% y para localidades hasta 500 viviendas el 15%. (NTON 09 007-19, 2019).

5.4 Censo poblacional

Es uno de los pasos fundamentales para preparar el proyecto de agua potable por lo que consiste en determinar la cantidad futura de agua que se debe brindar a la comunidad al final del periodo del proyecto, el objetivo es prever en el diseño la capacidad de la fuente de abastecimiento, líneas de conducción, equipos de bombeo, plantas de tratamiento y futuras conexiones al servicio, por lo tanto es preciso conocer el número de personas que se va a beneficiar con el abastecimiento antes de conocer la cantidad de agua de la fuente. (INIDE, 2016).

5.5 Filtración múltiple etapa (FIME)

Esta combina unidades de pre tratamiento con filtración en grava y unidades de tratamiento con filtración lenta en arena, para convertir agua con altos niveles de contaminación (sedimentos, microorganismos, etc.) en agua apta para el consumo humano. Otra característica relevante de una planta tipo FiME es que no requiere la aplicación de reactivos químicos durante el proceso de tratamiento (Cooperación Suiza en América Central).

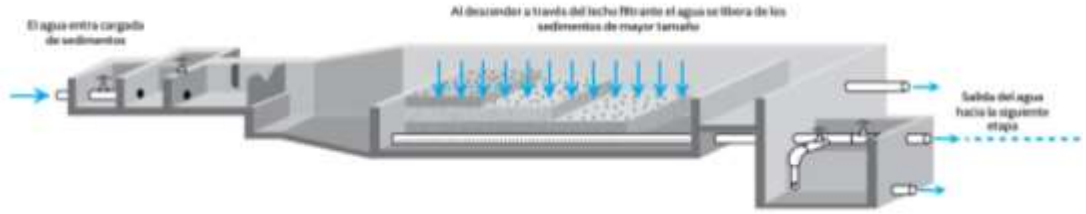
Es la Filtración en Múltiples Etapas es una solución integrada para mejorar el abastecimiento de agua en comunidades rurales y en pequeños o medianos municipios. Utiliza una combinación de filtración en grava y filtración lenta en arena (FLA) con dos o tres etapas para el tratamiento del agua (Sanchez).

Dependiendo de los parámetros seleccionados de calidad de agua, la eficiencia de las etapas de tratamiento y consideraciones de costos se pueden adoptar las siguientes alternativas de tratamiento FiME

5.5.1 Filtro grueso dinámico (FGDi)

Este es el primer filtro de la planta y recibe el agua procedente directamente de las fuentes superficiales. El agua llega con una alta carga de sedimentos y el FGDI tiene la función de retener los elementos de mayor tamaño como arcilla y materia vegetal.

Figura. 1. Filtro grueso dinámico.

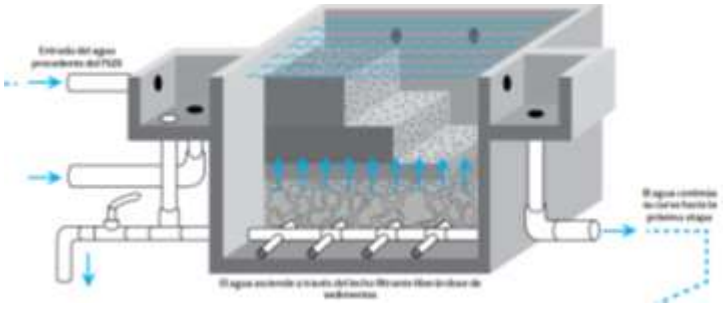


Fuente. Zúñiga, H. (1999). *Filtración en múltiples etapas para el tratamiento de agua*

5.5.2 Filtro grueso ascendente en capas (FGAC)

Es la segunda etapa de la planta y recibe el agua procedente del FGDi con menor cantidad de sedimentos. Este filtro tiene la función principal de acumular los sólidos en el fondo de la unidad de filtración y reducir los niveles de turbiedad y color del agua, a fin de garantizar agua con bajos niveles de turbiedad a la entrada de la siguiente etapa.

Figura. 2. Filtro grueso ascendente en capas.

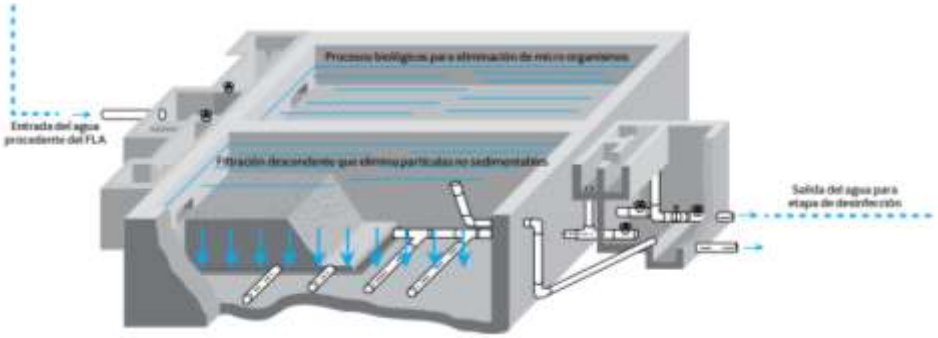


Fuente. Zúñiga, H. (1999). *Filtración en múltiples etapas para el tratamiento de agua*

5.5.3 Filtro lento de arena (FLA)

Esta etapa se considera el corazón de una planta de tipo FIME. El Filtro Lento de Arena mejora el color del agua liberándola de las partículas no sedimentables. La rugosidad de las paredes en esta etapa, favorece el desarrollo de procesos biológicos que eliminan los micros organismos del agua.

Figura. 3. Filtro lento de arena.



Fuente. Zúñiga, H. (1999). *Filtración en múltiples etapas para el tratamiento de agua*

5.6 Mini acueducto por gravedad (MAG)

Conforme a la Cartilla operación y mantenimiento de mini acueductos por gravedad que dispone el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), es un sistema donde su principal función es transportar el agua, captada desde una fuente superficial localizada a mayor altura que las viviendas hasta un tanque de almacenamiento situado también a mayor altura que las viviendas y a menor que la fuente, donde posteriormente por gravedad y por medio de tuberías el agua baja hasta llegar a las conexiones domiciliares.

5.6.1. Fuente de abastecimiento

Las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la

fuente de abastecimiento, así como la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas: los de gravedad y los de bombeo. (Roger Agüero Pittman, pág. 5)

5.7. Manantiales

Los manantiales son puntos localizados en la corteza terrestre por donde aflora el agua subterránea. Generalmente este tipo de fuentes, sufre variaciones en su producción, asociadas con el régimen de lluvia en la zona. En la mayoría de los casos, es de esperar que el caudal mínimo del manantial coincida con el final del periodo seco de la zona. (Instituto Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillado, 1998)

5.7.1. Fuentes superficiales

Es aquella que se encuentran sobre la superficie del suelo generadas a partir de las precipitaciones siendo producto de escorrentías o afloramientos de aguas subterráneas que se encuentran circulando o en reposo sobre la superficie. Dentro de esta fuente se encuentran los ríos, arroyos, lagos, embalses, reservorios, pueden presentar características físico-químicas no aptas para consumo de tal forma que para este tipo de captaciones se hace la instalación de un dispositivo que permita la remoción de arenas y partículas. (Instituto Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillado, 1998)

5.7.2. Obra de captación

Según la cartilla operación y mantenimiento de mini acueductos por gravedad que dispone el FISE, es la estructura construida para captar el agua desde la fuente, ubicada en la sección transversal de un rio o cualquier otra fuente superficial o subterránea. Esta puede ser un dique (bocatoma) o una caja cerrada, el agua captada es conducida mediante las tuberías de conducción hacia el reservorio de almacenamiento.

5.8. Línea de conducción por gravedad.

Es una línea que dispone para transportar el caudal requerido aguas abajo, una carga abajo, una carga potencial entre sus extremos que puede utilizar para vencer las perdidas por fricción originales en la tubería al producirse flujo. En otras palabras, posee una energía potencial inherente a su topografía que le permite acarrear el flujo previsto, totalmente por gravedad. Este tipo de línea de conducción por gravedad es el que analiza entre el tanque de almacenamiento y la red de distribución, o entre una fuente y el tanque a la ciudad, cuando aquella se encuentra a nivel superior. Siempre requiere el uso de dos tuberías distintas como mínimo.

Según la norma rural de abastecimiento de agua potable NTON 09 007-19 en el inciso 6.8.5 pág.14 inciso b, su capacidad deberá ser suficiente para transportar el caudal máximo de diseño; y en inciso d, la línea de conducción debe dotarse de los accesorios y obras necesarios para su correcto funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías y tomar en cuanta además su protección y su mantenimiento.

5.9. Tanque de almacenamiento

Conforme a la cartilla operación y mantenimiento de mini acueductos por gravedad que dispone el FISE, es una estructura que puede ser de ladrillos, bloques, piedras, plástico o concreto reforzado. La función básica del tanque es almacenar agua en los periodos en el cual la demanda es menor que el suministro, de tal manera que en los periodos en los que la demanda sea mayor que el suministro se complete el déficit con el agua almacenada inicialmente. (López Cualla, 1995, pág. 23).

Según Cualla, el tanque de almacenamiento tiene los siguientes propósitos:

- ✓ Compensar las variaciones en el consumo de agua durante el día.
- ✓ Tener una reserva de agua para atender los casos de incendio.
- ✓ Disponer de un volumen adicional para caso de emergencias (Accidentes, reparaciones o cortes de energía)
- ✓ Dar una presión adecuada a la red de distribución en la población.

5.9.1. Tanque sobre el suelo

Se debe tomar en cuenta las condiciones del suelo (principalmente cuando el agua es para consumo), eliminando cualquier posibilidad de infiltración y construir de acuerdo a los resultados obtenidos. Actualmente se construyen tanques de gran capacidad de almacenamiento con concreto reforzado o pre comprimido con los que se han obtenido buenos resultados ya que son seguros y económicos.

Se recomienda que los tanques tengan una altura de 3.0 m con un borde libre de 0.5 m y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En casos especiales se construirán tanques de acero sobre el suelo. (Normas rurales de abastecimiento de agua potable, 1998, pág. 40).

5.10. Red de distribución

Es el conjunto de tuberías, accesorios que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento hasta los puntos de consumo o tomas domiciliares con el fin de garantizar el agua a los usuarios para el consumo doméstico, público y para condiciones de emergencias. La función de la red de distribución es suministrar agua a los diferentes puntos en cantidad suficiente y segura. (Fondo de inversión social de emergencia, pág. 12)

Esta se encuentra conformando la tubería principal del sistema de agua potable llamado circuitos troncales dentro de las que se encuentran conducciones primarias arterias principales y conducciones secundarias que forman anillos más pequeños para cubrir el suministro de agua a los domicilios y extinción de incendios.

5.11. Etapa de Desinfección

Cooperación Suiza en América Central (s. f.) señala que Una vez liberada de todo tipo de partículas, el agua recibe un tratamiento final antes de su distribución. Generalmente la desinfección se realiza mediante la aplicación dosificada de cloro en la salida del agua hacia el tanque de almacenamiento.

5.12. Modelamiento hidráulico.

WaterGEMS es un software que utiliza una solución multi-plataforma con integración al Sistema de Información Geográfica (SIG), para modelación hidráulica y análisis de calidad de sistemas de distribución de agua con avanzadas herramientas de interoperabilidad muy superiores a cualquier programa de este, ya que el usuario puede disfrutar la versatilidad y el poder para trabajar conjuntamente con CAD, GIS, y con plataformas stand-alone mientras se está accediendo a un solo proyecto que comparte su base de datos fuente

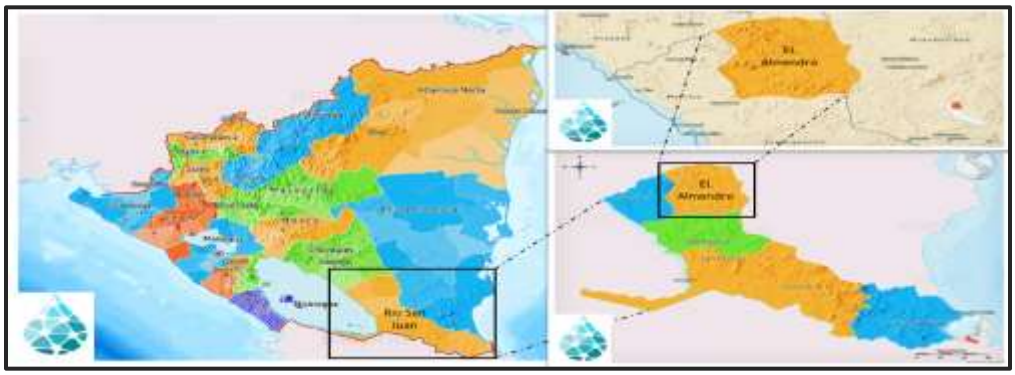
El manejo de estas herramientas de interoperabilidad también permite trabajar con datos geoespaciales, optimización, gestión de infraestructuras y control de riesgos. Desde análisis de flujo, estimación de costos de inversión y consumo de energía; WaterGEMS le brinda un interfaz de herramientas intuitivas que le permiten analizar, diseñar y optimizar sistemas de distribución de agua. (PRIETO, 2014).

VI. Diseño metodológico

6.1. Descripción de área de proyecto

La comunidad de Caracito pertenece al municipio El Almendro, departamento Rio San Juan, las coordenadas del proyecto son Latitud 11°45'59"; Longitud 84°34'20", se encuentra ubicado a 267.5 Km de la capital Managua y a un tiempo estimado de cinco horas con 40 minutos.

Figura. 4. Macro localización del sitio



Fuente: Elaboración propia

Figura. 5. Localización del sitio



Fuente: Elaboración propia

6.2. Método aforo volumétrico

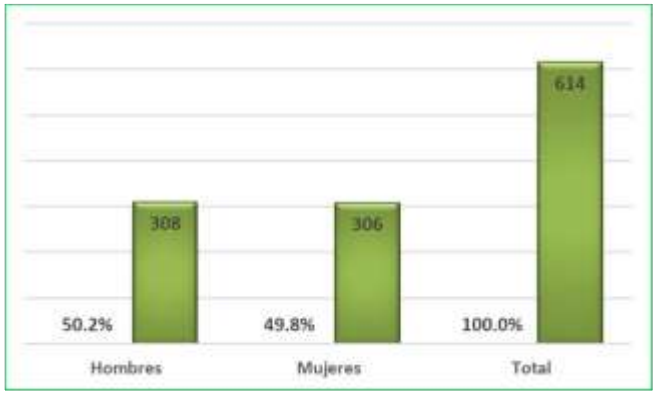
Se realizo el aforo mediante el método volumétrico utilizando un valde el cual dio un volumen estimado de 0.02 m^3, con un tiempo de llenado de 19 segundos en promedio, posteriormente se aplicó la formula volumétrica obteniendo un caudal promedio de 0.0008 m^3/s.

6.3. Censo poblacional

Se realizo el censo poblacional obteniendo como resultado una población inicial para el año 2022 de 614 habitantes, está conformado por un total de 178 viviendas, una escuela, una iglesia, para el cual su índice habitacional es de 3.45 habitantes / viviendas

La encuesta socioeconómica nos permitió obtener una fuente de información primaria para la elaboración de la línea base. Esta se realizó en 184 viviendas en la comunidad de Caracito del municipio El Almendro, Río San Juan.

Gráfico 1.Distribución de la población por

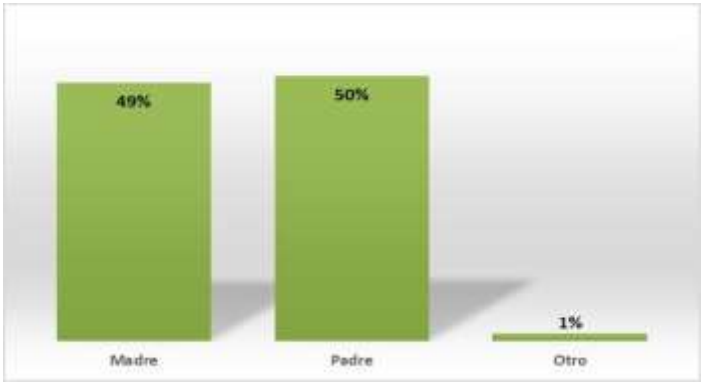


Fuente :Elaboración propia

Jefe o jefa de la familia, es la persona reconocida como tal por los demás miembros residentes habituales. Con respecto a esto, los datos reflejan que, en la mayoría de los hogares de esta comunidad, los jefes son hombre (78) en el 50% de las familias, 76 son mujeres jefas de familia para un 49% y en 2 es otro para un 1%.

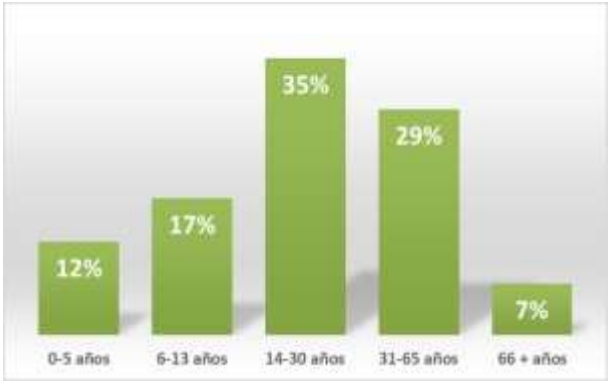
Jefe o jefa de la familia, es la persona reconocida como tal por los demás miembros residentes habituales. Con respecto a esto, los datos reflejan que, en la mayoría de los hogares de esta comunidad, los jefes son hombre (78) en el 50% de las familias, 76 son mujeres jefas de familia para un 49% y en 2 es otro para un 1%.

Figura. 6. Jefatura de la Familias.



Fuente: Elaboración propia

Figura. 7. Distribución de la población por rango de edad.



Fuente : Elaboracion propia

La estructura de población que presentan estas comunidades según grupos etarios, nos evidencia una población mayoritariamente joven, donde los niños y las niñas de 0 a 5 años corresponden al 12 % del total, Nde 6 a 13 el 17%, los jóvenes de 14 a 30 el 35%. En general 64 % de la población es menor de 30 años.

La población de 31 a 65 años se corresponde al 29% y la de 66 a más, solamente representa un 7%.

6.3.1. Economía y empleo

La comunidad de Caracito se ha caracterizado por ser comunidades tradicionalmente ganaderas. En Caracito se han desarrollado otras actividades económicas tales como: panadería, pulpería, comedores, bares, así como trabajos temporales en fincas agrícolas, ganadera, construcción, carpintería. La mayoría de los miembros de la familia están involucrados principalmente en las actividades de agricultura y ganadería generalmente los adultos tienen cerca de 25 años de estar en esta actividad.

Las actividades económicas de las familias están compuestas generalmente por el ingreso obtenido de la realización de actividades productivas agrícolas el 31%, el 15% por actividad ganadera, el 28% por venta de fuerza de trabajo (jornalero) y el 26% obtienen ingresos por medio de la realización de otras actividades económicas. En total en esta comunidad 220 personas de las 170 familias que se les aplico encuestas socioeconómicas tiene un empleo que genera algún ingreso, esto representa 1.30 personas empleadas por familia, de esta manera se construye el ingreso familiar.

Figura. 8. Rangos de ingresos

No	RANGO DE INGRESOS C$ MENSUALES	PORCENTAJES
1	0 a 1,500	15%
2	1,501 a 3,000	28%
3	3,001 a 5,000	28%
4	5,001 a 7,500	15%
5	7,501 a más	16%

Fuente: Elaboración propia

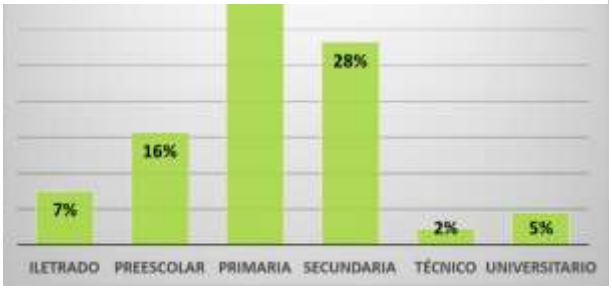
6.4. Acceso a servicios de salud

Existe un puesto de salud en la comunidad. De las 157 familias encuestadas, el 93% asiste al centro de salud, un 7% no asiste. Un 40% de los encuestados indica que la distancia de las viviendas al centro de salud es aproximadamente de 100 metros y un 35% indica que les queda aproximadamente a 700 metros. Esto indica, que el centro de salud es accesible para la comunidad de Caracito. Un 80% de las familias encuestadas han llevado alguna vez a sus hijos al centro de salud por vacunas y por enfermedades como: bronquitis, neumonía, gripe, fiebre, enfermedades de la piel, anemia, enfermedades estomacales e infecciones.

6.5. Escolaridad

Existe una escuela en la Comunidad de los protagonistas del proyecto. Los niveles de escolaridad de los pobladores de la comunidad Caracito se estructuran de la siguiente manera

Figura. 9. Escolaridad.



Fuente: Elaboración propia

6.6. Proyección de población

6.6.1. Método aritmético

La población de diseño para el año 2042 utilizando el método aritmético fue de 1056 habitantes, con una tasa de crecimiento de 3.63%

6.6.2. Factores de máxima demanda

Para la determinación de la demanda de agua se procedió al cálculo del consumo máximo diario (CMD) y del consumo máximo horario (CMH), considerando como base el consumo promedio diario (CPD) de 1,05 L/s y un caudal adicional por pérdidas equivalente a 0,21 L/s.

El consumo máximo diario se obtuvo aplicando un factor de mayoración de 1,5 sobre el CPD, conforme a la expresión CMD = 1,5·CPD + p, resultando un caudal de 1,78 L/s. Asimismo, el consumo máximo horario fue determinado mediante la aplicación de un factor de 2,5, de acuerdo con la relación CMH = 2,5·CPD + p, obteniéndose un valor de 2,83 L/s. Estos valores permiten establecer los caudales de diseño necesarios para el dimensionamiento adecuado del sistema, garantizando su funcionamiento eficiente bajo condiciones de máxima demanda.

6.6.3. Perdidas por fuga

Para el análisis de la demanda se consideró un factor de pérdida de agua del 20 %, atribuible a fugas y desperdicios generados en los distintos componentes del sistema. El caudal de pérdida fue determinado en función del consumo promedio diario (CPD), conforme a la expresión planteada en la normativa, se obtuvo un caudal de pérdida equivalente a 0,11 L/s.

Este volumen perdido fue incorporado en el cálculo del consumo máximo diario, a fin de garantizar un dimensionamiento adecuado del sistema y asegurar su correcto funcionamiento bajo condiciones reales de operación.

6.7. Almacenamiento

El volumen de almacenamiento es de 36.58 m3 para el año de diseño, el cual deberá cumplir con las máximas demandas, el tanque calculado es sobre suelo ya que las presiones cumplen en todo el sistema.

6.8. Análisis de calidad de agua

Los resultados obtenidos en los análisis físicos-químicos y bacteriológicos reflejaron algunos datos satisfactorios que cumplen con los parámetros establecidos en las normas (CAPRE), se encontraron datos del pH lo cual es de 4.38 siendo los parámetros en la categoría de la fuente 1 A de 6.0 a 8.5 como máximo, por lo tanto, se estima que la fuente requiere un tratamiento para elevar los valores de pH y su desinfección preventiva de cloro.

Figura. 10. Parámetros de calidad de agua para la fuente Caracito

Parámetro	Valor Obtenido Fuente Caracito	Categoría 1 A	Categoría 1 B
CLASIFICACION	CATEGORIA 1A		
Oxígeno disuelto (OD)		> 4.0 mg/l (*)	> 4.0 mg/l (*)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5, 20)		2.0 mg/l	5.0 mg/l
pH	4.380	Mín. 6.0 y máx. 8.5	Mín. 6.0 y máx. 8.5
Color real	1.000	< 15 U Pt-Co	< 150 U Pt-Co
Turbiedad	0.043	< 5 UNT	< 250 UNT
Fluoruros	0.285	Mín. 0.7 y máx. 1.5	< 1.7 mg/l
Hierro Total	0.012	0.3 mg/l	3 mg/l
Mercurio Total	< 0.001	0.001 mg/l	0.001 mg/l
Plomo Total		0.01 mg/l	0.05 mg/l
Sólidos Totales disueltos	31.000	1000 mg/l	1500 mg/l
Sulfatos	< 1	250 mg/l	400 mg/l
Zinc		3 mg/l	5 mg/l
Cloruros	6.470	250 mg/l	600 mg/l
Organismos Colif. Totales	$2.2x10^2$	(**)	(***)
Cianuro total		0.1 mg/l	
Cobre total		2.0 mg/l	
Cromo total		0.05 mg/l	
Detergentes		1.0 mg/l	
Dispersantes		1.0 mg/l	
Dureza como CaCO3	2.640	400 mg/l	
Extracto de carbono al cloroformo		0.15 mg/l	
Fenoles		0.002 mg/l	
Manganeso total	0.120	0.5 mg/l	
Nitritos + Nitratos (N)	2.049	10.0 mg/l	
Plata total		0.05 mg/l	
Selenio		0.01 mg/l	
Sodio	3.000	200 mg/l	
Organofosforados y Carbamatos		0.1 mg/l	
Organoclorados		0.2 mg/l	
Actividad α		max. 0.1 becquerelio por litro	
Actividad β		max. 1.0 becquerelio por litro	

Fuente: Universidad nacional de ingeniería

6.9. Sistema de tratamiento

El Sistema está compuesto por tres Tanques de 12” diámetro, de Acero al carbón ST-37-2, pintado con pintura epoxica para agua potable, que trabajarán en paralelo y serán operados con Válvulas manuales de 3 vías.

Los elementos principales que componen el Sistema Filtros Presurizados Rurales (FPR) son los siguientes:

1. Tanques 12” cargados con Turbidex + grava soporte Modelo F605.
2. Tanques 12” cargados con Calcita + grava soporte Modelo F605.
3. Válvulas Manuales 1” de 3 vías, para la operación de filtrado y Retro lavado.
4. Válvula de Mariposa 1” para control de caudal-entrada a los FPR.

La dosificación de cloro indicada por Enacal es de 2mg/litro y la concentración de cloro residual que debe permanecer en los puntos mas alejados de la red de distribución deberá ser 0.2-0.5 mg/litro, por lo cual se propone un proceso de desinfección mediante el uso de hipoclorito de calcio a través de un clorador CTI 8.

6.9.1. Cálculo de la Dosificación de Cloro

La desinfeción se realizará utilizando hipoclorito de calcio con una concentracion de 65% y una dosis de 2 mg/l.
Concentracion comercial: 65%
Primeramente, se determino el peso del cloro por medio de:

$$peso\ del\ cloro = \frac{Q\ xDosis}{1000}$$

$$peso\ del\ cloro = \frac{55{,}843\ x\ 2}{1000}$$

$$peso\ del\ cloro = 111.69 \frac{gramos}{dia}$$

El peso del hipoclorito de calcio viene dado por:

$$peso\ del\ hipoclorito\ de\ calcio = \frac{peso\ del\ cloro}{concentracion\ comercial}$$

$$peso\ del\ hipoclorito\ de\ calcio = \frac{111.69\ gramos/dia}{65\%}$$

$$peso\ del\ hipoclorito\ de\ calcio = 171.82 \frac{gramos}{dia} \text{ ó } 0.25 \frac{libras}{dia}$$

El volumen de la solucion requerida viene dado por:

$$Volumen\ de\ la\ solución\ requerida = \frac{\%\ x\ peso\ hipoclorito\ de\ calcio}{concentración\ de\ la\ solución}$$

$$Volumen\ de\ la\ solución\ requerida = \frac{(65\%\ x\ 171.82\ gramos/dia\ )}{(1\ x\ 1000)}$$

Volumen de agua de la solución requerida= 11.16 litros/dia

Para el primer año del proyecto se utilizará una dosificación de 0.37 libras/dia de hipoclorito de calcio.

A continuacion, se muestra la proyeccion para el periodo de diseño del proyecto

Figura. 11. Dosificación de cloro para el tanque

#	Año	CMD	Peso del cloro		Peso del hipoclorito		Volumen de agua de solucion requerida
		Litros/dia	gramos/dia	libras/dia	gramos/dia	libras/dia	litros/dia
0	2022	55843	111.69	0.25	171.82	0.378	11.169
1	2023	57239	114.48	0.25	176.12	0.387	11.448
2	2024	58635	117.27	0.26	180.42	0.397	11.727
3	2025	60032	120.06	0.26	184.71	0.406	12.006
4	2026	61428	122.86	0.27	189.01	0.416	12.286
5	2027	62824	125.65	0.28	193.30	0.425	12.565
6	2028	64220	128.44	0.28	197.60	0.435	12.844
7	2029	65616	131.23	0.29	201.90	0.444	13.123
8	2030	67012	134.02	0.29	206.19	0.454	13.402
9	2031	68408	136.82	0.30	210.49	0.463	13.682
10	2032	69804	139.61	0.31	214.78	0.473	13.961
11	2033	71200	142.40	0.31	219.08	0.482	14.240
12	2034	72596	145.19	0.32	223.37	0.491	14.519
13	2035	73992	147.98	0.33	227.67	0.501	14.798
14	2036	75388	150.78	0.33	231.96	0.510	15.078
15	2037	76785	153.57	0.34	236.26	0.520	15.357
16	2038	78181	156.36	0.34	240.56	0.529	15.636
17	2039	79577	159.15	0.35	244.85	0.539	15.915
18	2040	80973	161.95	0.36	249.15	0.548	16.195
19	2041	82369	164.74	0.36	253.44	0.558	16.474
20	2042	83765	167.53	0.37	257.74	0.567	16.753

Fuente: Elaboración propia

4.15 Modelamiento Hidráulico

La simulación de la red de distribución se realizó utilizando el programa WaterGEMS una vez que ya se tiene el perfil del terreno tomando en consideración los puntos más críticos en el sistema, donde se evaluarán las velocidades en las tuberías, presiones que estarán ligadas a un buen funcionamiento para el periodo de diseño. Esto se comparará de acuerdo a las normas NTON 09-007-19.

VII. Análisis de resultados

7.1. Aforo por método volumétrico

Se realizó mediante la visita a la fuente que actualmente alimenta el sistema ubicado en las propiedades del señor Isael Galeano, la fuente es de tipo subterránea representada por un manantial que aflora de forma horizontal. Está ubicada en las coordenadas Latitud:11.774319, longitud -84.567542.

Para el cálculo de caudales de la fuente de abastecimiento de agua se tomó en cuenta un volumen constante de 20 litros; donde se cronometraron distintos tiempos en la localización de la fuente principal que abastece a la comunidad Caracito

Dónde:

Q=caudal expresado en m^3/s
V= volumen dado en m^3
T= Tiempo en segundos

Para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

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

Muestra 1 fecha: 03/02/22 $Q = \frac{0.02m^3}{19\ seg} = \frac{0.0011m^3}{seg}$

Muestra 2 fecha: 10/02/22 $Q = \frac{0.02m^3}{19.5\ seg} = \frac{0.0010m^3}{seg}$

Muestra 3 fecha: 14/02/22 $Q = \frac{0.02m^3}{20seg} = \frac{0.0010m^3}{seg}$

Muestra 4 fecha: 20/02/22 $Q = \frac{0.02m^3}{19\ seg} = \frac{0.0011m^3}{seg}$

Muestra 5 fecha: 13/03/22 $Q = \frac{0.02m^3}{19seg} = \frac{0.0011m^3}{seg}$

Muestra 6 fecha: 04/04/22 $Q = \frac{0.02m^3}{20\ seg} = \frac{0.0010m^3}{seg}$

Muestra 7 fecha: 17/04/22 $Q = \frac{0.02m^3}{19.5eg} = \frac{0.0010m^3}{seg}$

Muestra 8 fecha: 27/04/22 $Q = \frac{0.02m^3}{20seg} = \frac{0.0010m^3}{seg}$

Muestra 9 fecha: 06/05/22 $Q = \frac{0.02m^3}{20seg} = \frac{0.0010m^3}{seg}$

Muestra 10 fecha: 09/05/22 $Q = \frac{0.02m^3}{19\ seg} = \frac{0.0011m^3}{seg}$

Luego de haber obtenido el caudal 10 veces se procedió al Caudal real, utilizando la media aritmética el cual se suman todos los caudales encontrados en el aforo y divididos en la cantidad de muestras.

$\sum \text{Qreal} = \text{sumatoria de caudales}$

$Numero\ de\ veces$

$$Qreal = \frac{\sum \text{Qi}}{N°\ de\ veces}$$

$$Qreal = \frac{0.0103m^3/s}{10}$$

$$Qreal = \frac{0.0010m^3}{s}$$

Caudal de estiaje es de 0.0008 m^3/s

7.2. Criterios de diseño de abastecimiento de agua potable para el sistema

7.2.1. Proyección de población y consumo

Para obtener el consumo de agua potable en la comunidad caracito está establecido en la metodología de la norma NTON 09-007-19.

7.2.2. Dotación

La dotación asignada para el cálculo del consumo promedio diario se obtiene del inciso 6.2.1.4, indica que para poblaciones dispersas con conexión domiciliar la dotación que se asignará es de 80 lppd.

7.3. Población de diseño

De acuerdo con los estudios de población realizados en la comunidad La Ermita, se obtuvo un total de 178 viviendas que corresponden a 614 habitantes, una escuela, un centro de salud y una iglesia, para un índice habitacional de 3.45 hab. /vivienda.

7.4. Periodo de diseño

7.4.1. Estimación de tasa de crecimiento

Se realizó el cálculo de la población futura a través del método aritmético para una proyección de 20 años de acuerdo a los datos censales elaborados

A continuación, se muestra el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional considerando los siguientes datos:

Población año 2011: 574 habitantes

Población año 2022: 614 habitantes

$$\mathrm{r} = \frac{614 - 574}{2022 - 2011} = 3.6\ \mathrm{hab/año}$$

Según la norma NTON 09-007-19. Si la tasa de crecimiento es menor del 2.5% la proyección final se hará basada en una tasa del 3.63%

7.4.2. Estimación de población futura

Para la determinación de la población futura de la comunidad Caracito, se utilizó el método aritmético establecido en la norma INAA, aplicado para comunidades que no han alcanzado su desarrollo y de mayor uso en Nicaragua. Para esto se utilizará una tasa de crecimiento anual del 3.63%. la estimación de población futura está dada por:

$$pn = po + (r\ x\ n)$$

Se calculará la población futura para el año 2042 dotación

$$pn = 614 + (1 + 20\ (3.60)/100$$

$$pf = 1056\ habitantes$$

Figura. 12. Población futura

PERIODO		TASA DE CRECIMIENTO	
POBLACION 2022	**614**	**r**	**3.60%**

AÑO	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
HABITANTES	614	636	658	680	702	725	747	769	791	813	835	857	879	901	923	946	968	990	1012	1034	1056

Fuente: Elaboración propia

La población de diseño para el sistema de abastecimiento de agua potable es de 1056 habitantes

7.5. Factores de máximas demandas

De acuerdo a la norma NTON 09 007-19 inciso 6.2.5 se establecen los siguientes criterios de diseño:

Demanda máxima día será el 1.5 del Consumo Promedio Diario.

Demanda máxima hora será el 2.5 del consumo promedio diario.

Pérdidas de agua corresponden al 20% del consumo promedio diario.

Para el cálculo de CMD Y CMH se obtienen valores respectivamente.

- Consumo máximo diario (CMD)=1.5 CPD + p
- Consumo máximo diario (CMD)=$\left(1.05\ \frac{l}{s} * 1.5\right) + 0.21 = 1.78\ l/s$
- Consumo máximo hora (CMH)=$\left(1.05\ \frac{l}{s} * 2.5\right) + 0.21 = 2.83\ l/s$

7.5.1. Demanda futura

En la determinación de la cantidad de agua requerida para satisfacer la demanda de la población actual y futura de la comunidad de Caracito se considera una dotación de agua para consumo doméstico de 80 lppd para ciudades con un rango de población de 0 - 5000 habitantes, según la NTON 09-007-19.

7.5.2. Pérdidas en el sistema

Se utilizó un factor de perdida de agua del 20%, producido en el sistema por fugas o desperdicios en cada uno de sus elementos. El caudal de pérdida está dado por:

$Q_P = 20\%\ CPD$

$Q_P = 20\%(0.5703) = 0.11\ lps$

Esta pérdida de volumen es considerada para el cálculo de las máximas demandas

Figura. 13. Proyección de la población y consumo

Proyección de la población consumo								CMD, CMH		Almacenamiento		
T	año	población aritmetica	dotación(L/Hab/Dia)	CD Pob x dot(lps)	CPI 7% CD(lps)	CPD (lps)	p(lps)	CMD=1.5x CPD+P	CMH=2.5xCPD+P	Volumen compensador =25%*(CPD+P)	Reserva para evantualidades y/o emergencias =15%*(CPD+P)	Capacidad total del tanque de almacenamiento
0	2022	614	80	0.57	0.04	0.61	0.12	1.03	1.64	10.66	10.60	21.27
1	2023	636	80	0.59	0.04	0.63	0.13	1.07	1.70	11.05	10.98	22.03
2	2024	658	80	0.61	0.04	0.65	0.13	1.11	1.76	11.43	11.37	22.80
3	2025	680	80	0.63	0.04	0.67	0.13	1.15	1.82	11.82	11.75	23.56
4	2026	702	80	0.65	0.05	0.70	0.14	1.18	1.88	12.20	12.13	24.33
5	2027	725	80	0.67	0.05	0.72	0.14	1.22	1.94	12.58	12.51	25.09
6	2028	747	80	0.69	0.05	0.74	0.15	1.26	2.00	12.97	12.89	25.86
7	2029	769	80	0.71	0.05	0.76	0.15	1.29	2.06	13.35	13.27	26.63
8	2030	791	80	0.73	0.05	0.78	0.16	1.33	2.12	13.73	13.66	27.39
9	2031	813	80	0.75	0.05	0.81	0.16	1.37	2.17	14.12	14.04	28.16
10	2032	835	80	0.77	0.05	0.83	0.17	1.41	2.23	14.50	14.42	28.92
11	2033	857	80	0.79	0.06	0.85	0.17	1.44	2.29	14.89	14.80	29.69
12	2034	879	80	0.81	0.06	0.87	0.17	1.48	2.35	15.27	15.18	30.45
13	2035	901	80	0.83	0.06	0.89	0.18	1.52	2.41	15.65	15.57	31.22
14	2036	923	80	0.86	0.06	0.91	0.18	1.56	2.47	16.04	15.95	31.99
15	2037	946	80	0.88	0.06	0.94	0.19	1.59	2.53	16.42	16.33	32.75
16	2038	968	80	0.90	0.06	0.96	0.19	1.63	2.59	16.81	16.71	33.52
17	2039	990	80	0.92	0.06	0.98	0.20	1.67	2.65	17.19	17.09	34.28
18	2040	1012	80	0.94	0.07	1.00	0.20	1.70	2.71	17.57	17.47	35.05
19	2041	1034	80	0.96	0.07	1.02	0.20	1.74	2.77	17.96	17.86	35.81
20	2042	1056	80	0.98	0.07	1.05	0.21	1.78	2.83	18.34	18.24	36.58

Fuente: Elaboración propia

7.6. Calidad de agua

Con el objetivo de conocer si el agua de la fuente seleccionada es apta para el consumo, se realizó una serie de estudios en la Universidad nacional de ingeniería (UNI), el 24 de noviembre del año 2017.

7.6.1. Calidad fisicoquímica

Según muestras de calidad bacteriológica estas aguas para su uso y consumo doméstico deberán de ser potabilizada a través de un tratamiento de desinfección. Los resultados muestran como el agua de la Comunidad presenta coliformes. Se indican valores de contaminación microbiológicas en el orden de $2.2x10^2$, que son valores normales en el agua natural sin tratamiento expuesta a la contaminación.

Tomando en cuenta que la muestra del Manantial cuenta con el potencial suficiente para abastecer a la comunidad de Caracito, y se identificó que la calidad del agua ha sido clasificada como aguas del tipo 1A, con un valor de pH por debajo, del parámetro recomendado en las normas, se recomienda para su potabilización la incorporación de un proceso de desinfección mediante un clorador en línea y un controlador de pH.

El agua no tratada procedente de la fuente superficial comunidad Caracito, Propiedad CAPS con un pH 4.59 pasara a través de filtro (1 Tanques 12”) cargados con medio Turbidex + grava soporte, este realizara el proceso de remoción de cualquier sedimento que pueda traer el agua acida, posteriormente el agua filtrada, pasara a la Batería de Control de pH (2 Tanques 12”) cargados con medio Calcita + grava soporte, la Calcita se ira disolviendo al entrar en contacto con el agua acida hasta llevarla a un pH entre 6.5 – 8.5 (apta para consumo humano) esta se debe reponer a razón de 0.76 libras-Calcita por cada 1000 galones-Agua Tratada producida.

7.6.2. Obra de captación

La fuente del proyecto es de tipo manantial en el predio propiedad del CAPS, existían dos filtros con anterioridad de los cuales se conservara uno y el otro será reemplazado por uno de mayor capacidad que capte la totalidad de los ojos de agua disponibles para suplir la demanda de la comunidad. La obra está ubicada al pie de la fuente en el PI-1 del levantamiento topográfico con una elevación de 262.00 msnm.

La obra a construirse consta de un filtro de piedra bolón sobre una tubería ranurada de recolección cuyas dimensiones son 25.65m de largo y 5m de ancho, el filtro se encuentra confinado por muros de gaviones de 1m ancho y 1.5 m alto, el área total del filtro es de 190.42 m^2 .El filtro se deberá sellar con una capa de arcilla impermeable compactada de 0.2m Además del filtro la obra cuenta con una caja de recolección donde se encuentra la canastilla de capación, y los sistemas de limpieza y rebose. Como obras de protección se cuenta con un canal triangular de 0.5m de ancho y banqueta de 0.1m que cubre el perímetro del filtro.

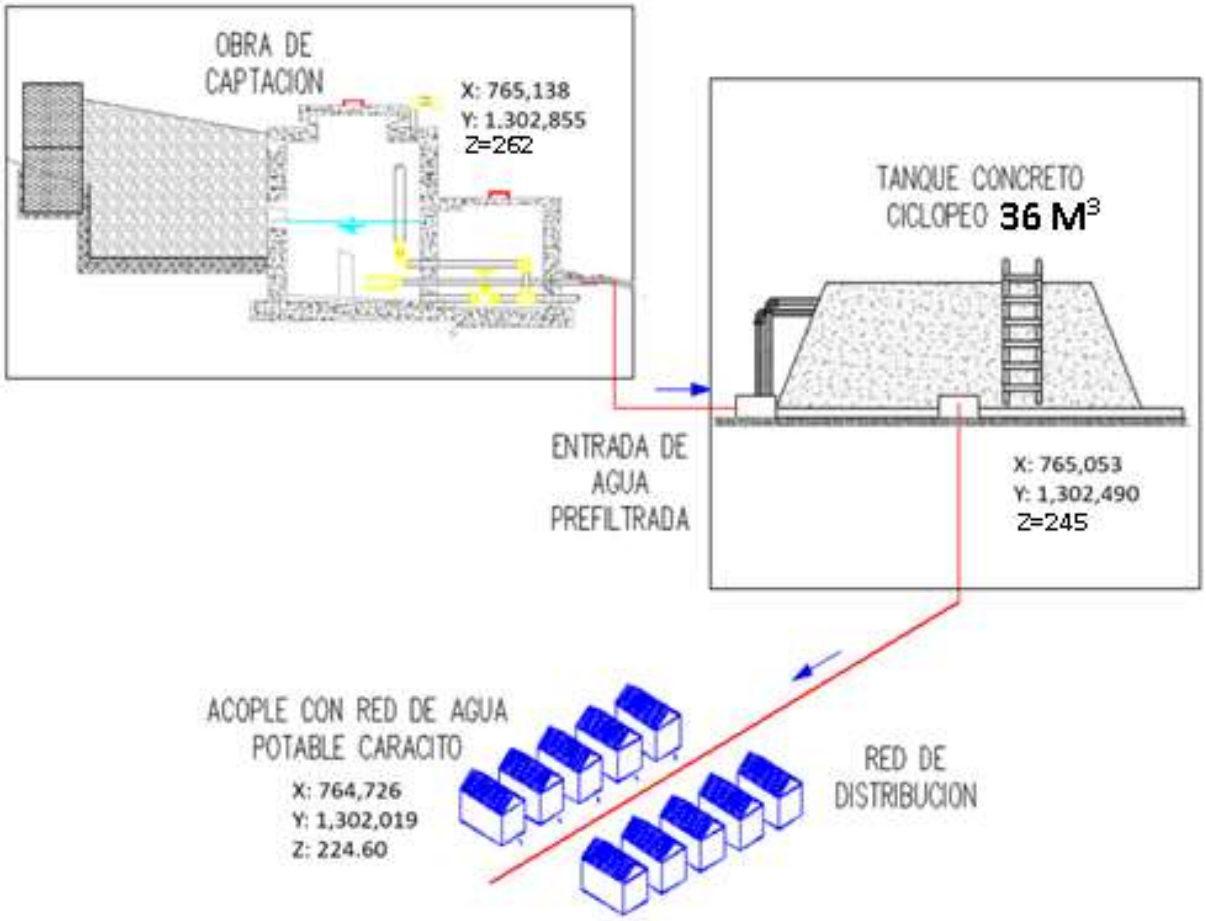
Figura. 14. Obra de Captación existente



Fuente: propia

Por tal motivo se construirá una galería de infiltración, con pre filtro con dimensiones de 5.00 x 10.00 m, de piedra bolón y grava, encausando el agua a una caja de recolección dotada de accesorios como tubería de rebose y limpieza, tapa de acceso, tubería de salida, para garantizar su buen funcionamiento hasta el final del período de diseño.

Figura. 15. Captación y tanque de almacenamiento existente



Fuente: Elaboración propia.

7.6.3. Tanque de almacenamiento

Se seleccionó un sitio adecuado geológica y topográficamente, para garantizar que el sistema cumpla con las presiones requeridas. La norma NTON 09 007-19 establece que los tanques estarán situados lo más cercano posible a la red de

Distribución teniendo en cuenta la topografía del lugar y debe ser tal que produzca en lo posible, presiones optimas en todos y cada uno de los nodos componentes de dicha red.

El tanque almacenamiento estará ubicado en el estacionamiento longitud: 11.772198, latitud: -84.567940, de acuerdo a los parámetros establecidos en la norma técnica de abastecimiento rural NTON-09 007-19 será proyectado con un 40% del consumo promedio diario al final del periodo de diseño, con una capacidad de 36.00 m^3.

En la comunidad de Caracito existe un tanque de almacenamiento el cual tiene una capacidad de 36 m3 lo cual se le dará mantenimiento para que pueda dar un mejor rendimiento en su vida útil. Las dimensiones internas: 3.20 metros de largo por 3.20 metros de ancho por 2 metros de altura, tipo de material: concreto ciclópeo. Componentes existentes a mantenerse:

1. Cercos perimetrales.
2. Portón de acceso.
3. Estructura de tanque.
4. Respiradero.
5. Caja de protección de válvulas de salida.
6. Anden perimetral.
7. Tapa de inspección de tanque.
8. Escalera metálica.

Componentes a reemplazar:

1.tuberia de entrada con sus accesorios
2.tuberia de rebose
3. Tubería de limpieza
4. Caja de protección de válvula de entrada.

Componentes nuevos:

1. Canal lateral de protección de obras

2. Clorador por desgaste

3. Tuberías, válvulas y accesorios de by pass para limpieza

Reparaciones:

1. Reparación de fisura en tanque.

2. Repello de paredes externas con material epoxico

Figura. 16. Tanque de almacenamiento existente



Fuente: propia

El Diseño estructural del tanque de almacenamiento está basado en la PCA (Portland Cement Asociation), considerando criterios del Reglamento Nacional de la Construcción (RCN-07). Se utilizará una geometría cuadrada (vista en planta) y paneles rectangulares en cada lado.

Para el cálculo del volumen del tanque de almacenamiento, se considera una capacidad mínima de:

- Volumen compensador, equivalente para poblaciones menores de 20,000 habitantes, el 25% del consumo promedio diario.

- Reserva para eventualidades y/o emergencias, este volumen será igual al 15% del consumo promedio diario.

El volumen contra incendio no se considera debido a que la población es menor a 5,000 habitantes según la Norma NTON 09 007-19.

A continuación, se muestra el procedimiento del diseño hidráulico teniendo en cuenta lo siguiente:
De acuerdo a los resultados de proyección de la población, se estableció el consumo promedio diario siendo de 1.05 m^3/s
Por tanto:

$V\ tanque = 25\%CPD + \text{p} + 15\%CPD$

$$V\ Tanque = 40\%(\frac{1.05m^3}{s} + 0.00011\ lps)(\frac{86{,}400seg}{1\ dia})$$

$V\ Tanque = 36m^3$

Nivel del terreno del tanque = 245 m

Altura del tanque = 2 m

Borde libre = 0.50 m
Entonces:
NRT = Nivel de terreno del tanque + altura del tanque + borde libre
NRT = 245 m + 2 m + 0.5 m
NRT = 247.5 m

7.7. Análisis hidráulico

7.7.1. Línea de conducción

La línea de conducción propuesta para este diseño se extenderá desde la obra de captación hasta el tanque de almacenamiento con una longitud de 440 metros, para determinar el diámetro de la tubería se utilizó la fórmula de Hazen – Williams, dando resultados un diámetro de 0.05 metros o 2” pulgadas por lo cual se tomó el diámetro

calculado, se establece una tubería PVC SDR 26 de 2” para proporcionar la presión adecuada y así vencer los obstáculos en los puntos críticos con una diferencia de elevaciones desde la elevación mayor a la elevación menor y una pérdida de energía en a largo de la línea de conducción de 2.45 mca

Figura. 17. Diferencia de elevaciones

Caudal Q	0.001	m^3/s
Longitud	440	m
Elev. Superior	262	$msnm$
Elev. Inferior	245	$msnm$
C	150	

Fuente: elaboración propia

Cálculo de diámetro para línea de conducción

$$D = \left(\frac{10.679\ x\ 440}{2.45 * 150^{1.85}}\ x0.001\right)^{1/4.87} = 0.051\ m \text{ ó } 2\ pulgadas$$

Se adoptará diámetro para la tubería de la línea de conducción será de 2”

Para el cálculo de la pérdida de energía será:

$$hf = \left(\frac{10.679\ x\ 440\ x\ 0.001^{1.85}}{150^{1.85}\ x\ 0.051^{4.87}}\right) = 2.45\ mca$$

- Coeficiente de rugosidad: C=150
- Diámetro de la tubería PVC: 2 pulgadas
- Perdidas de energía 2.45 mca
- Se determina la velocidad del flujo en la línea de conducción con la fórmula siguiente:

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

$$V = \frac{0.001 m/s}{\frac{\pi(0.051m)^2}{4}}$$

$V = 0.49\ m/s$

- En el acápite 6.8.3 las velocidades de flujo permisible según la Norma NTON 09 007-19 es comprendida en un rango de 0.6 a 5 m/s; en este caso no cumple con esta especificación, debido a que si se utilizan diámetros menores a los propuestos esto generaría grandes pérdidas y presiones lo que significa que el agua no llegaría al depósito.

- Se ubicarán válvulas de limpieza en los puntos más bajos de la línea de conducción para evitar la acumulación excesiva de sedimentos, así como válvulas de aire y vacío, se colocarán en los puntos más altos de la tubería de impulsión para liberar las burbujas de aire que se ocasionan dentro del conducto.

7.8. Cálculo de altura piezométrica

$$Altura\ piezometrica = cota\ nivel\ inicial - perdidas\ de\ carga$$
$$Altura\ piezometrica = 262\ msnm - 2.45\ mca$$
$$Altura\ piezometrica = 259.55 msnm$$

7.9. Red de distribución

Según la configuración geográfica de la localidad, el sistema de distribución será por ramales abiertos, se realizó la determinación de los caudales, elevaciones nodales, presiones y velocidades de flujo en las tuberías por medio de la simulación hidráulica WaterGEMS de tal manera que se precisen las características hidráulicas de la red en las condiciones de trabajo.

Para el diseño del sistema se definió un período de vida útil de 20 años (proyectado al 2042), en estricto cumplimiento con la normativa NTON 09-007-19. Con base en las proyecciones poblacionales y de dotación, se estableció un caudal de diseño de 2.83 l/s, correspondiente al Consumo Máximo Horario (CMH).

La red de distribución cuenta con una longitud total de 6,091 metros. Para garantizar la eficiencia hidráulica y mitigar la presencia de presiones negativas en los puntos de mayor elevación, se determinó el uso de tubería de 4" en un tramo estratégico de 1,797 metros (comprendido entre los nodos 6-7-9-14-24-25-26). En el resto de la red, el diámetro predominante será de 2

7.9.1. Distribución de caudales unitarios

$$Q = \frac{CMH}{VIVIENDA}$$

Donde:
Q= Caudal Unitario litros por segundo por vivienda
V= Vivienda o conexión domiciliar

$$Q = \frac{2.83\ l/s}{184\ conexiones}$$

$$Q = 0.015\ l/s * conexión\ domiciliar$$

El caudal unitario en cada uno de los nodos resulto para todos los nodos en la red será de 0.015 l/s conexión domiciliar. Se observa en la tabla el diámetro de la tubería a instalarse, perdidas por fricción en los nodos, caudal y la velocidad.

7.9.2. Red de distribución

Según la configuración geográfica de la localidad, el sistema de distribución será por ramales abiertos, se realizó la determinación de los caudales, elevaciones nodales, presiones y velocidades de flujo en las tuberías por medio de la simulación hidráulica WaterGEMS de tal manera que se precisen las características hidráulicas de la red en las condiciones de trabajo.

Se consideró un período de diseño de 20 años (2042) de acuerdo a las normas de NTON 09-007-19, y un caudal de 2.83 l/s que corresponde al consumo máximo hora

(CMH) de acuerdo a la proyección de población y consumo. Con una longitud 6,091 metros en la red de distribución el diámetro será de 4” para vencer presiones negativas en elevaciones muy altas, y 2” pulgadas en el resto de la red. Se usará tubería de 4” pulgadas en una longitud de 1,797 metros el cual se conduce por los nodos 6-7-9-14-24-25-26

7.9.3. Distribución de caudales unitarios

$$Q = \frac{CMH}{VIVIENDA}$$

Donde:

Q= Caudal Unitario litros por segundo por vivienda

V= Vivienda o conexión domiciliar

$$Q = \frac{2.83\ l/s}{184\ conexiones}$$

$$Q = 0.015\ l/s * conexión\ domiciliar$$

El caudal unitario para todos los nodos en la red será de 0.015 l/s conexión domiciliar.

7.10. Modelación Software WaterGEMS

Para la modelación de la red de distribución se realizó mediante un análisis hidráulico en el Software WaterGEMS; tomando de referencia modelaciones con demanda base, modelaciones con demanda cero, modelaciones con 1/3 de la capacidad del tanque de almacenamiento correspondiente al consumo máximo horario evaluando el comportamiento del diseño hidráulico, la red de distribución se dividió en dos partes para mejor visualización por medio del diámetro de la tubería.

Se observa en la tabla la simulación con demanda base el diámetro de la tubería a instalarse, perdidas por fricción en los nodos, caudal y la velocidad y la distancia que se encuentra en cada nodo, se puede observar todas las velocidades de los nodos.

7.10.1. Modelación con demanda base

Se realizó el análisis de la velocidad de flujo a través de la modelación con la demanda base; cabe destacar que se efectuó tomando en consideración los parámetros establecidos en la norma NTON 09-007-19 del rango de las velocidades permisibles.

Figura. 18. Caudal, perdidas por Fricción y velocidad

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (in)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Headloss (Friction) (m)	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)
367: Tubería-1	367	Tubería-1	110	Nodo-8	Nodo-22	2.0	PVC	150.0	☐	0.02	0.000	-0.1350	0.07	0.000	☐	0
383: Tubería-2	383	Tubería-2	314	Nodo-1	Nodo-21	2.0	PVC	150.0	☐	0.01	0.000	-0.0600	0.03	0.000	☐	0
384: Tubería-3	384	Tubería-3	373	Nodo-23	Nodo-4	1.5	PVC	150.0	☐	0.13	0.000	0.1050	0.09	0.000	☐	0
402: Tubería-4	402	Tubería-4	744	Nodo-6	T-1	6.0	PVC	150.0	☐	0.13	0.000	-2.7600	0.15	0.000	☐	0
435: Tubería-5	435	Tubería-5	23	Nodo-6	Nodo-7	4.0	PVC	150.0	☐	0.03	0.000	2.7000	0.33	0.001	☐	0
440: Tubería-6	440	Tubería-6	90	Nodo-12	Nodo-10	2.0	PVC	150.0	☐	0.05	0.000	-0.4208	0.21	0.001	☐	0
445: Tubería-7	445	Tubería-7	134	Nodo-13	Nodo-24	2.0	PVC	150.0	☐	0.61	0.000	-0.8992	0.44	0.005	☐	0
448: Tubería-8	448	Tubería-8	56	Nodo-16	Nodo-15	2.0	PVC	150.0	☐	0.17	0.000	-0.7182	0.35	0.003	☐	0
450: Tubería-9	450	Tubería-9	222	Nodo-5	Nodo-17	2.0	PVC	150.0	☐	0.00	0.000	-0.0150	0.01	0.000	☐	0
453: Tubería-1	453	Tubería-10	200	Nodo-13	Nodo-18	2.0	PVC	150.0	☐	0.17	0.000	-0.3600	0.18	0.001	☐	0
454: Tubería-1	454	Tubería-11	288	Nodo-18	Nodo-3	2.0	PVC	150.0	☐	0.01	0.000	0.0750	0.04	0.000	☐	0
455: Tubería-1	455	Tubería-12	21	Nodo-17	Nodo-18	2.0	PVC	150.0	☐	0.05	0.000	0.6000	0.30	0.002	☐	0
481: Tubería-1	481	Tubería-13	71	Nodo-16	Nodo-19	2.0	PVC	150.0	☐	0.14	0.000	0.3692	0.28	0.002	☐	0
483: Tubería-1	483	Tubería-14	256	Nodo-11	Nodo-13	2.0	PVC	150.0	☐	0.10	0.000	-0.2400	0.12	0.000	☐	0
485: Tubería-1	485	Tubería-15	311	Nodo-17	Nodo-20	2.0	PVC	150.0	☐	0.22	0.000	-0.3308	0.16	0.001	☐	0
486: Tubería-1	486	Tubería-16	312	Nodo-20	Nodo-12	2.0	PVC	150.0	☐	0.32	0.000	-0.3758	0.19	0.001	☐	0
488: Tubería-1	488	Tubería-17	124	Nodo-11	Nodo-21	2.0	PVC	150.0	☐	0.04	0.000	0.2250	0.11	0.000	☐	0
489: Tubería-1	489	Tubería-18	196	Nodo-21	Nodo-2	2.0	PVC	150.0	☐	0.01	0.000	0.0750	0.04	0.000	☐	0
492: Tubería-1	492	Tubería-19	142	Nodo-22	Nodo-10	2.0	PVC	150.0	☐	0.19	0.000	0.4658	0.23	0.001	☐	0
494: Tubería-2	494	Tubería-20	217	Nodo-9	Nodo-23	4.0	PVC	150.0	☐	0.05	0.000	1.0958	0.14	0.000	☐	0
495: Tubería-2	495	Tubería-21	196	Nodo-23	Nodo-22	2.0	PVC	150.0	☐	0.30	0.000	0.7358	0.36	0.003	☐	0
499: Tubería-2	499	Tubería-22	37	Nodo-24	Nodo-9	4.0	PVC	150.0	☐	0.01	0.000	1.1558	0.14	0.000	☐	0
501: Tubería-2	501	Tubería-23	206	Nodo-14	Nodo-25	2.0	PVC	150.0	☐	5.67	0.000	2.3700	1.17	0.028	☐	0
502: Tubería-2	502	Tubería-24	81	Nodo-25	Nodo-24	4.0	PVC	150.0	☐	0.06	0.000	2.1600	0.27	0.001	☐	0
508: Tubería-2	508	Tubería-25	79	Nodo-7	Nodo-26	4.0	PVC	150.0	☐	0.09	0.000	2.6700	0.33	0.001	☐	0
509: Tubería-2	509	Tubería-26	410	Nodo-26	Nodo-14	4.0	PVC	150.0	☐	0.46	0.000	2.5950	0.32	0.001	☐	0
520: Tubería-2	520	Tubería-27	153	Nodo-19	Nodo-17	2.0	PVC	150.0	☐	0.22	0.000	0.4792	0.24	0.001	☐	0

Fuente: Resultado de simulación hidráulica WaterGEMS

Se calcularon los diámetros de la red de distribución haciendo uso de la formula Hazen-Williams obteniendo como resultados diámetros establecidos en la norma.

La red de distribución está dotada de válvulas de aire de 3/4”, válvulas de limpieza y válvulas de pase de agua para sectorizar. En caso de las válvulas de limpieza serán de 2” pulgadas para garantizar velocidades en el flujo.

Figura. 19. Tramo n°1 de tubería de 4" pulgadas desde el tanque de almacenamiento hasta el nodo n° 23

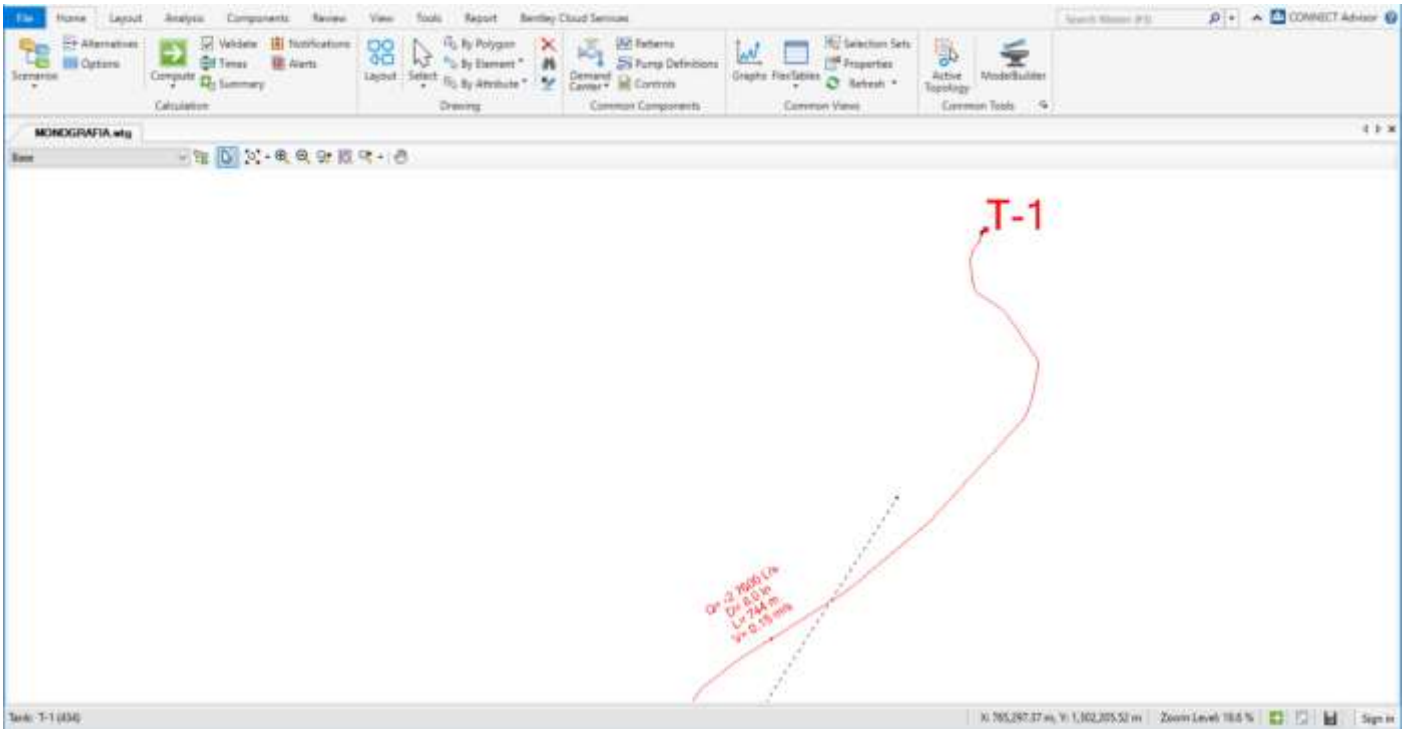
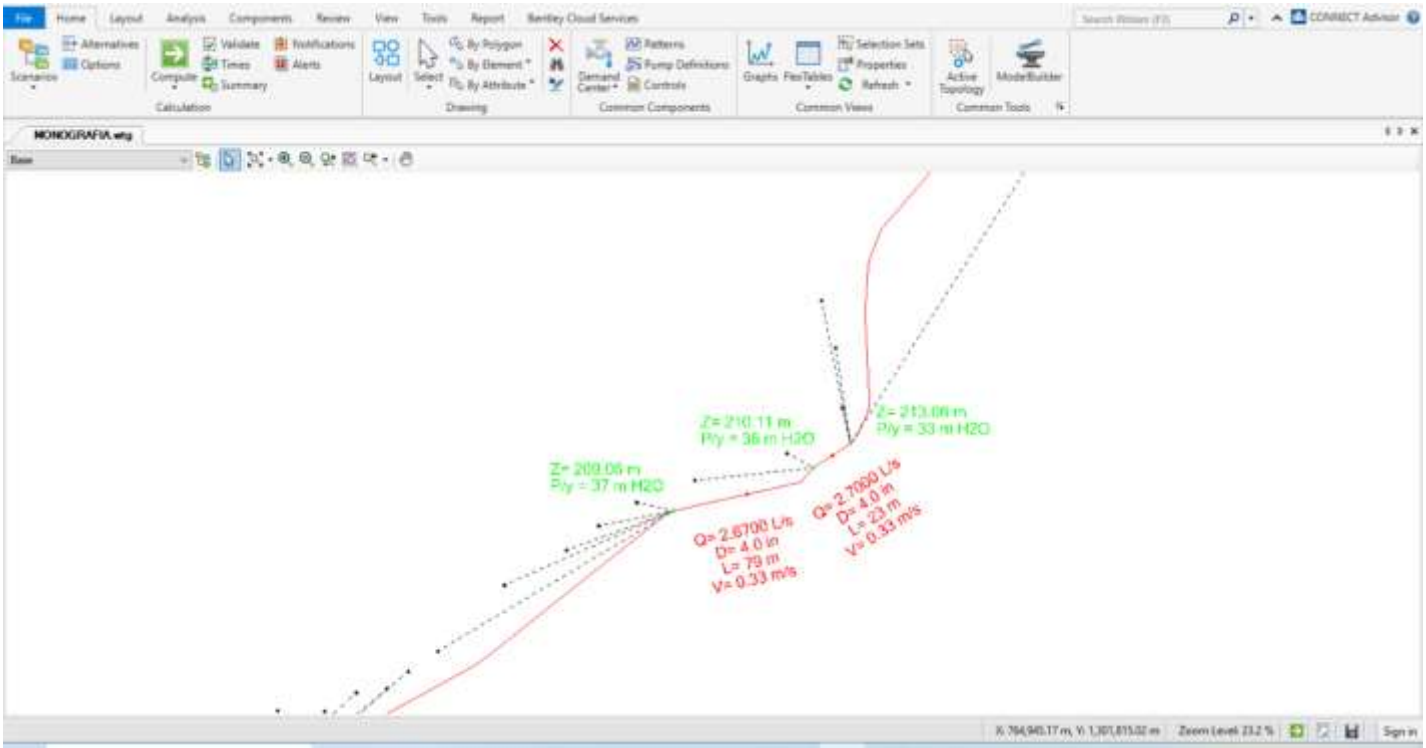


Figura.20. Tramo n°2 de tubería de 4" pulgadas



Fuente: Resultado de simulación hidráulica WaterGEMS

Figura.21. Tramo de tubería con caudales, velocidades y presiones

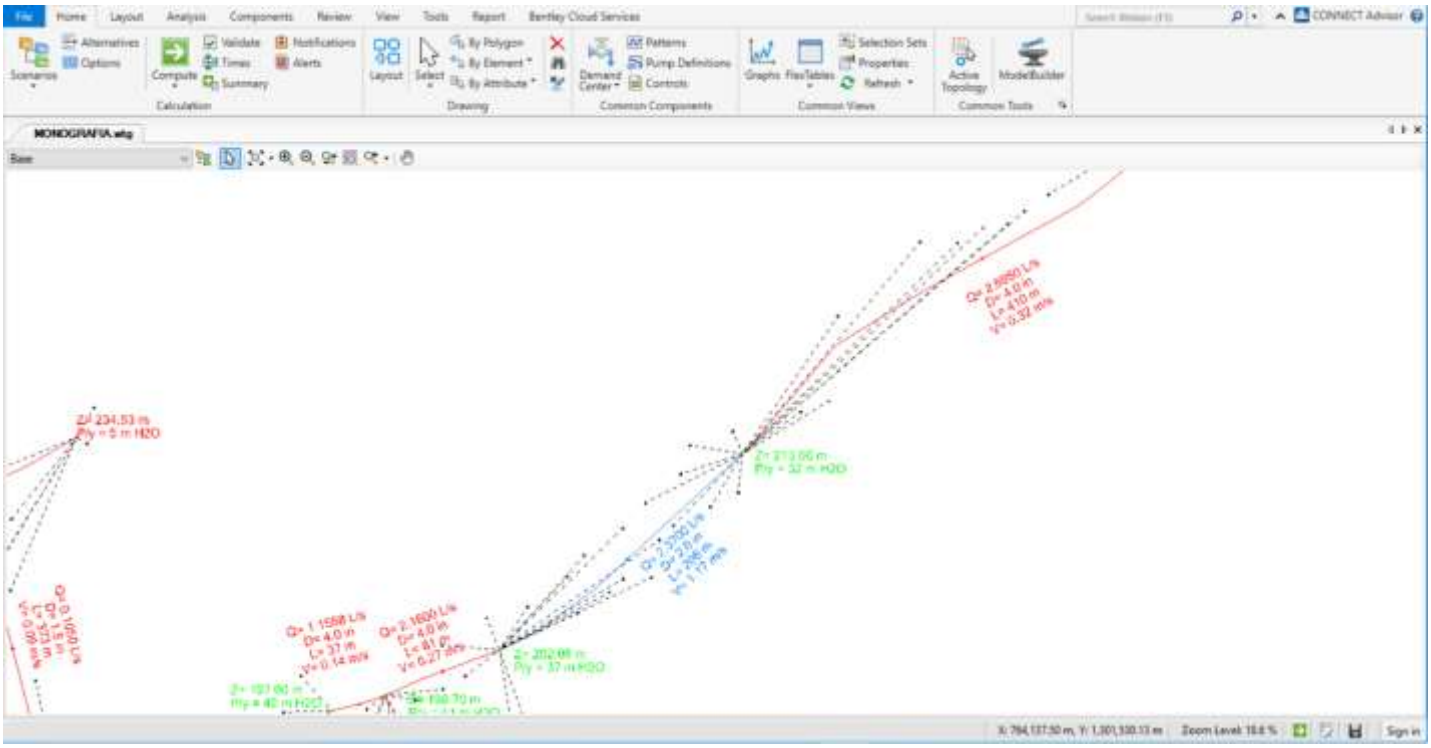
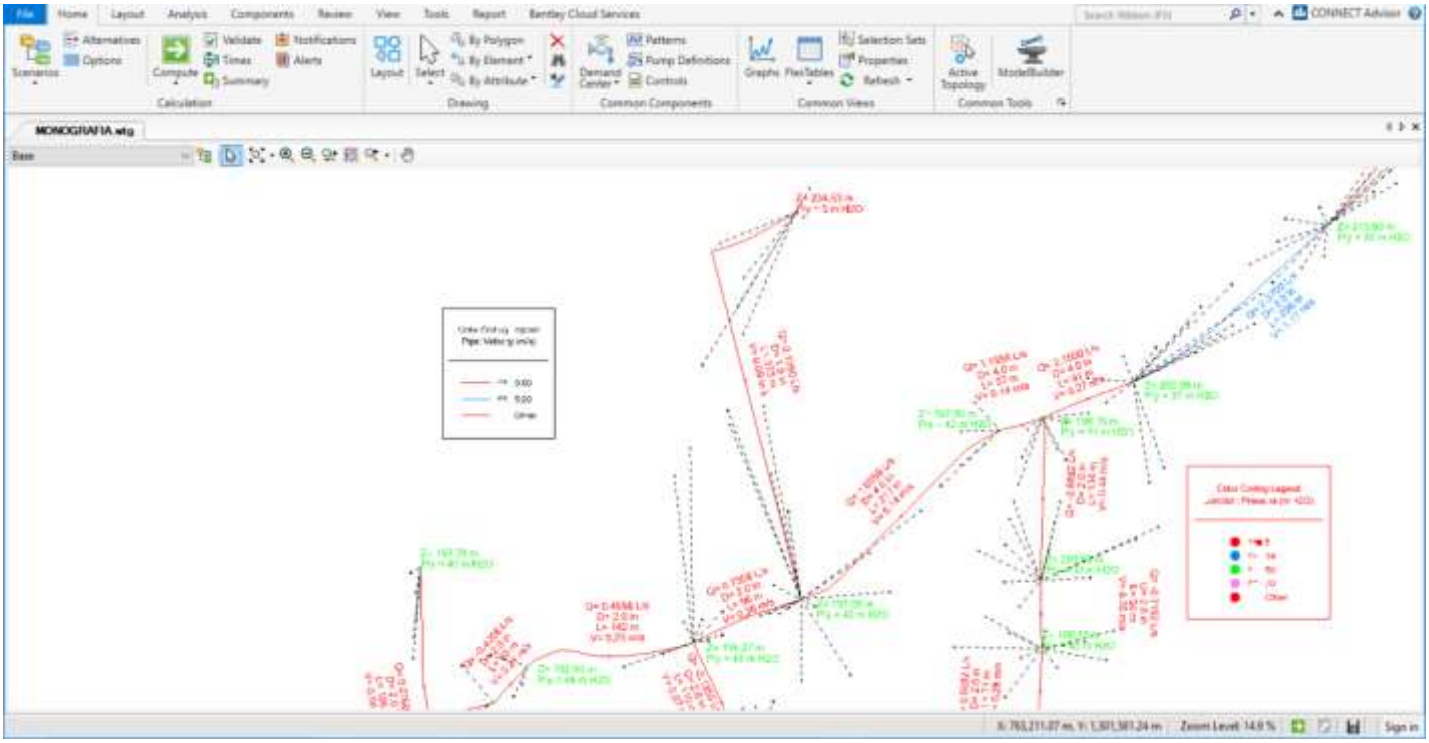


Figura.22. Tramo de tubería con caudales, velocidades y presiones



Fuente: Resultado de simulación hidráulica WaterGEMS

Figura.23. Tramo de tubería con caudales, velocidades y presiones

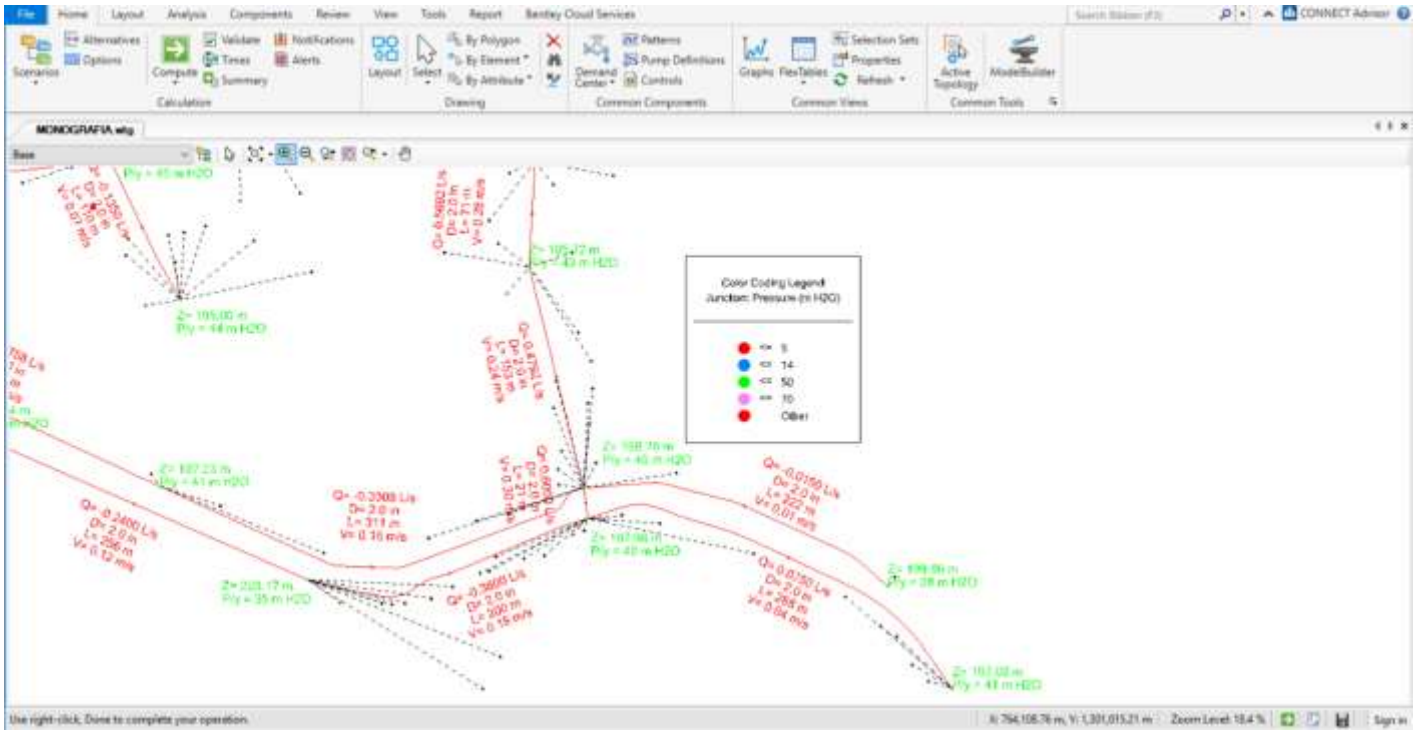
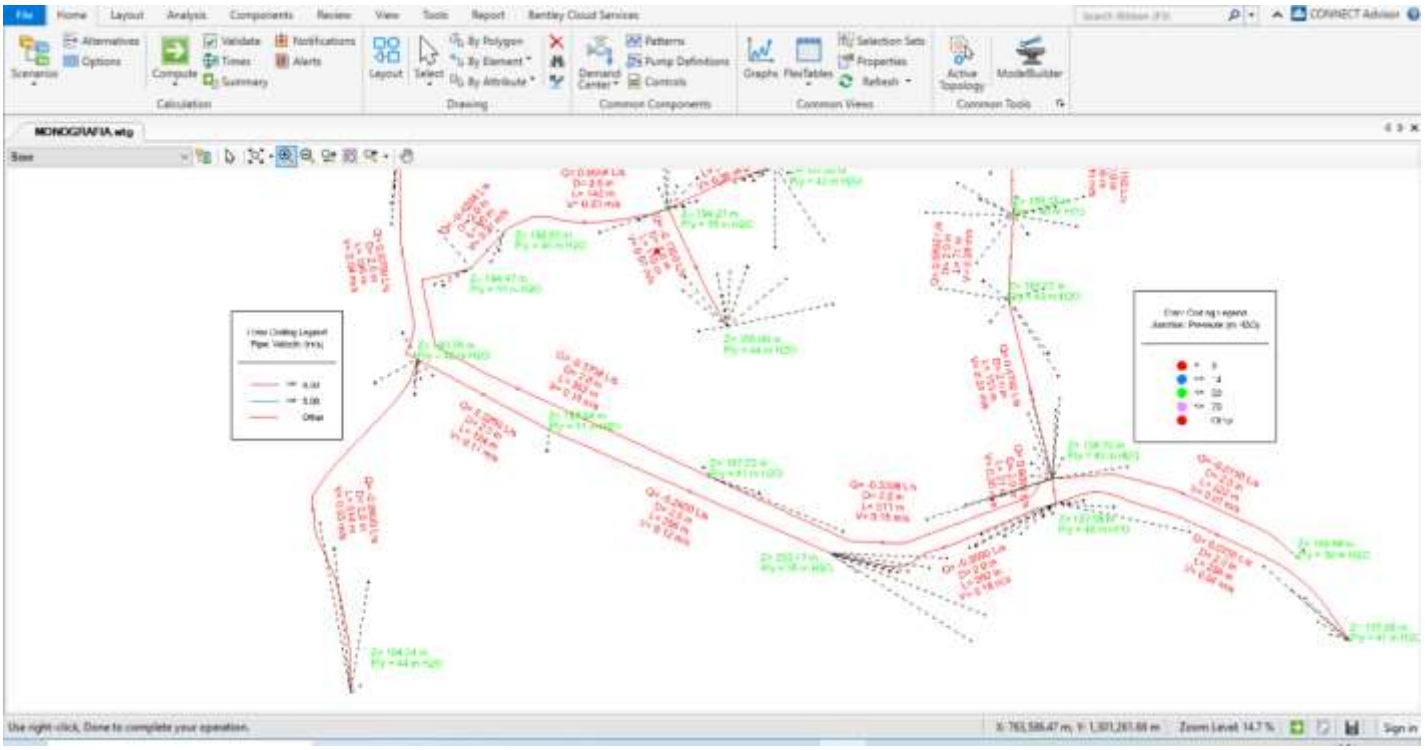


Figura.24. Tramo de tubería con caudales, velocidades y presiones



Fuente: Resultado de simulación hidráulica WaterGEMS

Se realizó simulación en la red el cual cumplieron las presiones siendo los parámetros de presión de 5 MCA a 70 MCA en tubería de 4” pulgadas con una longitud total de 1,797 ml.

Se realizó simulación en la red el cual cumplieron las presiones siendo los parámetros de presión de 5.0 m y 70.0 m de tubería de 2” pulgadas con una longitud total de 4,294 ml.

En los análisis de la modelación se observa que la red de distribución las tuberías no cumplen con los rangos establecidos de velocidad; por lo tanto, se propone instalar cinco válvulas de limpieza en la elevación más baja de la tubería evitando así acumulación de sedimentos.

De igual forma, se realizó el análisis de las presiones en cada uno de los nodos de la red considerando una presión mínima de 5 MCA para zonas rurales según lo establecido en la norma de NTON-09-007-19. De acuerdo a lo anterior las presiones de diseño de la red están dentro del rango especificados.

FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (MONOGRAFIA.wtg)

	ID	Label	Elevation (m)	Demandas (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
62: Nodo-1	62	Nodo-1	194.34	0.0600	238.05	44
66: Nodo-2	66	Nodo-2	197.79	0.0750	238.05	40
77: Nodo-3	77	Nodo-3	197.08	0.0750	238.36	41
81: Nodo-4	81	Nodo-4	234.53	0.1050	239.37	5
332: Nodo-5	332	Nodo-5	199.86	0.0150	238.42	38
355: Nodo-6	355	Nodo-6	213.06	0.0600	245.87	33
359: Nodo-7	359	Nodo-7	210.11	0.0300	245.84	36
368: Nodo-8	368	Nodo-8	195.00	0.1350	239.18	44
394: Nodo-9	394	Nodo-9	197.00	0.0600	239.55	42
395: Nodo-10	395	Nodo-10	192.93	0.0450	239.00	46
399: Nodo-11	399	Nodo-11	193.94	0.0150	238.10	44
407: Nodo-12	407	Nodo-12	194.47	0.0450	238.96	44
411: Nodo-13	411	Nodo-13	203.17	0.1200	238.20	35
431: Nodo-14	431	Nodo-14	213.00	0.2250	245.29	32
443: Nodo-15	443	Nodo-15	200.00	0.1800	238.94	39
446: Nodo-16	446	Nodo-16	199.15	0.1500	238.77	40
449: Nodo-17	449	Nodo-17	198.76	0.1950	238.42	40
452: Nodo-18	452	Nodo-18	197.98	0.1650	238.37	40
480: Nodo-19	480	Nodo-19	195.72	0.0900	238.63	43
484: Nodo-20	484	Nodo-20	197.23	0.0450	238.64	41
487: Nodo-21	487	Nodo-21	195.76	0.0900	238.06	42
490: Nodo-22	490	Nodo-22	194.27	0.1350	239.20	45
493: Nodo-23	493	Nodo-23	197.00	0.2550	239.50	42
497: Nodo-24	497	Nodo-24	198.70	0.1050	239.56	41
500: Nodo-25	500	Nodo-25	202.08	0.2100	239.62	37
507: Nodo-26	507	Nodo-26	209.06	0.0750	245.75	37

Fuente: Resultado de simulación hidráulica WaterGEM

Tabla 4. Tubería a instalar

Tubería para instalar	Cantidad (m)
Tub. PVC Ø2”-SDR 26 LC	440
Tub. PVC Ø4”-SDR 26 RD	1,797
Tub. PVC Ø2”-SDR 26 RD	4,294.00
TOTAL	6,531.00

Fuente: Elaboración propia

7.11. Conexiones

El suministro de agua potable a las viviendas será por medio de conexiones domiciliares.

7.12. Sistema de filtro lento para control de turbidez

Las dimensiones del sistema de filtro lento serán de 3.60 metros x 1.30 metros x 1.20 metros con paredes internas de 1.20 metros de altura para filtro.

Un filtro lento es aquel que tiene un lecho de grava y el agua fluye a través de este lecho por el solo efecto o acción de la gravedad y por tal motivo se les conoce también como filtros de gravedad. La velocidad de filtración en este tipo de filtros es muy lenta, por lo que se requiere de un área de filtración para un flujo determinado lo cual se coloca grava de Gravilla de ¼” -1/2” Gravilla de 1/4” -1/8” Gravilla de 1/8” -1/32” Arenilla de 1/32” -1/64” para que se valla filtrando lentamente

Una de las ventajas del filtro lento de gravedad, además de su eficiencia en la clarificación del agua, es la facilidad y sencillez de construcción de un filtro de este tipo, cuando hay superficie o terreno disponible para su construcción. El cuerpo del filtro puede ser una caja de concreto, el cual tiene un arreglo de tubería en el fondo de este filtro para captar el agua que fluye a través del lecho de grava y arena y llega ya filtrada al fondo de la caja, de donde es extraída después del proceso.

7.13. Presupuesto de obra

La correcta estimación de los costó constituye uno de los aspectos centrales del proyecto, tanto por la importancia de obtener el costo real, así como, el conocer como estarán distribuidos los costos directos dentro de las etapas y sub etapas de la obra.

Para esto se realizó el análisis de los requerimientos tanto como materiales, equipos y mano de obra, tomando en consideración el catálogo de etapas y sub etapas para proyectos de agua potable y saneamiento del FISE.

Para el cálculo de los costos antes mencionados se tomaron como guías bases los montos de los catálogos del FISE, de los cuales se aplicó el IVA (Impuesto al valor agregado) que corresponde al 15% del costo directo y el Impuesto municipal (IM) correspondiente al 1% de los costos del Proyecto.

El costo de inversión para la ejecución del proyecto del Sistema de abastecimiento de agua potable en la Comunidad de Caracito corresponde a C$ 5,557,203.60 (Cinco millones quinientos cincuenta y siete mil doscientos tres córdobas con sesenta centavos).

En la siguiente tabla detalla el costo - presupuesto y algunas actividades necesarias para la propuesta del diseño de sistema de red de abastecimiento de agua potable. El diseño abarca los alcances de obra de captación, sistema de filtro lento, luego una caseta donde se le dará el debido tratamiento al agua conforme a los resultados obtenidos, la caceta contará con malla ciclón alrededor de la misma. A su vez cuenta con su sistema eléctrico, sistema de cloración por medio de hipoclorito de calcio además de la red de impulsión hacia el tanque y, luego enviada a la red de distribución de los ramales en toda la red.

Tabla 5. Presupuesto estimado

Etapa	Código	Descripción	U.M	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL
310		**PRELIMINARES**				**293,067.75**
	31002	**TRAZO Y NIVELACION**				**293,067.75**
	96768	REPLANTEO DEL TRAZO Y NIVELACION PARA TUBERIAS DE AGUA POTABLE (INCL. ESTACAS DE MADERA+MANO DE OBRA+EQUIPO DE TOPOGRAFIA)	M	6531.00	44.87	293,067.75
320		**LINEA DE CONDUCCION**				**189,882.68**
	95882	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	M^3	286.63	85.94	24,632.16
	95881	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	M^3	372.62	77.11	28,732.55
	96165	TUBERIA DE PVC Diám.=2" (SDR-26) PRECIO DE MATERIALES MAYORISTA (NO INCL. EXCAVACION) (JUNTA CEMENTADA)	ML	440.00	177.75	78,212.15
	93282	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA DE PVC	C/U	1	812.46	812.46
		Diám.=4" L HASTA= 300 m PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE				
	94311	VALVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diám.=1/2"+ ABRAZADERA DE HIERRO GALVANIZADO+UNION DE BRONCE	C/U	2	4,195.54	8,391.08
	02138	VALVULA DE PASE DE GAVETA DE BRONCE Diám.=2" CON PROTECTOR DE TUBO DE PVC	C/U	3	12,740.87	38,222.61
	94967	CODO LISO DE PVC Diám.=2", 45° (SCH 40) (ASTM D2466) JUNTA CEMENTADA	C/U	17	374.16	6,360.79
	92170	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	C/U	22	205.40	4,518.88
330		**RED DE DISTRIBUCION**				**1,755,399.64**
	95738	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO ROCA BASALTICA, Ancho=De 0.00 a 0.50m	M^3	846.22	268.71	227,386.82
	95882	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL	M^3	1951.06	85.94	167,666.60
	95881	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL	M^3	3636.47	77.11	280,403.56

Etapa	Código	Descripción	U.M	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL
	96165	TUBERIA DE PVC Diám.=2" (SDR-26) PRECIO DE MATERIALES MAYORISTA (NO INCL. EXCAVACION) (JUNTA CEMENTADA)	M	4294.00	177.75	763,279.45
	96930	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA DE PVC Diám. <=2" L HASTA= 300 m PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE	C/U	14	278.13	3,893.76
	02137	VALVULA DE PASE DE GAVETA DE BRONCE Diám.=2" CON PROTECTOR DE TUBO DE PVC	C/U	6	7,221.68	43,330.09
	96394	CODO LISO DE PVC Diám.=2", 45° (SCH 40) (ASTM D2466) JUNTA CEMENTADA	C/U	52	173.00	8,996.06
	94006	TEE LISA DE PVC Diám.=2" (SCH 40) (ASTM D2466) JUNTA CEMENTADA	C/U	7	173.00	1,211.01
	96060	TAPON HEMBRA LISO DE PVC Diám.=2"	C/U	5	77.02	385.10
	92170	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	C/U	70	205.40	14,378.25
	03945	CRUCE DE ALCANTARILLA CON TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" (INCL. PINTURA ANTICORROSIVA EN TUBOS)	M	34	1,175.09	39,952.89
	04043	CRUCE (BAJO LECHO) DE CAUCE CON TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" CON CONCRETO 3000 PSI	M	50.00	4,090.32	204,516.05
332		**LINEA DE DISTRIBUCION**				**981,998.86**
	95882	EXCAVACION MANUAL EN TERRENO NATURAL (CON MOI)	M^3	1339.74	85.94	115,131.83
	95881	RELLENO Y COMPACTACION MANUAL (CON MOI)	M^3	1741.66	77.11	134,297.26
	92178	TUBERIA DE PVC Diám.=4" (SDR-26) PRECIO DE MATERIALES MAYORISTA (NO INCL. EXCAVACION) (JUNTA CEMENTADA)	M	1797.00	372.96	670,201.61
	93282	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA DE PVC Diám.=4" L HASTA= 300 m PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE	C/U	6	812.46	4,874.79
	94311	VALVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diám.=1/2"+ ABRAZADERA DE HIERRO GALVANIZADO+UNION DE BRONCE	C/U	2	4,195.54	8,391.08
	95115	VALVULA DE PASE DE GAVETA DE BRONCE Diám.=4" CON PROTECTOR DE TUBO DE PVC	C/U	3	12,740.87	38,222.61

Etapa	Código	Descripción	U.M	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL
	94054	CODO LISO DE PVC Diám.=4", 45° (SCH 40) (ASTM D2466) JUNTA CEMENTADA	C/U	17	374.16	6,360.79
	94046	TEE LISA DE PVC Diam.=4" (SCH40)	C/U	1	538.34	538.34
	94307	REDUCTOR LISO DE PVC DE 4"X2" (SCH40)		1	167.95	167.95
	92170	BLOQUE DE REACCION DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	C/U	22	205.40	4,518.88
335		**TANQUE DE ALMACENAMIENTO**				**156,646.87**
	93143	VALVULA DE BOYA (FLOTADOR) DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2½" CON TUBO HIERRO GALV Diám. 2½"+UNION MALEABLE	C/U	1.00	22,543.53	22,543.53
	94366	UNION MALEABLE DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2"	C/U	12.00	1,242.34	14,908.03
	03114	VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" (INCL. 1 BLOQUE DE REACCION)	C/U	6.00	19,865.89	119,195.32
	33511	**TANQUE DE ALMACENAMIENTO**	**M^3**			**160,308.51**
	05206	CANAL DE DRENAJE PLUVIAL EN FORMA DE "V" DE CONCRETO DE 3000 PSI SIN REF.Ancho=0.50m,Alt.=0.07m,E=0.05m	M	50.00	295.58	14,779.12
	03258	REPARACION CON IMPERMEABILIZANTE Y PINTURA EPOXICA DE PARED DE TANQUE ALMACENAMIENTO	M^2	100.00	1,455.29	145,529.39
	34017	**CAPTACION DE MANANTIAL**				**681,166.02**
	92287	CORTE MANUAL DE TERRENO	M^2	65.00	142.78	9,280.39
	92277	CONFORMACION MANUAL DE TERRENO CON CORTES Y RELLENOS De 0 HASTA 5 cms	M^2	65.00	10.26	667.01
	93630	BOTAR (MANUAL) TIERRA SOBRANTE DE EXCAVACION A 0.50 KM	M^3	152.10	302.14	45,955.23
	92371	FORMALETA DE MADERA PINO PARA MUROS	M^2	30.00	357.87	10,735.96
	94006	TEE LISA DE PVC Diám.=2" (SCH 40)	C/U	1.00	199.84	199.84
	94321	FILTRO DE PIEDRA BOLON CLASIFICADA Diám.=MAYOR DE 0.05 m (INCL. EXPLOTACION, CARGADOR FRONTAL Y ACARREO CON CAMION)	M^3	130.00	1927.64	250,593.66
	03231	CANAL DE DRENAJE PLUVIAL EN FORMA DE "V" DE CONCRETO CICLOPEO (CONS. COMPRA DE P. BOLON) Ancho=0.80m,E=0.30m (INCL. EXCAV)	M	80.00	1433.68	114,694.56

Etapa	Código	Descripción	U.M	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL
	94554	MURO DE GAVIONES DE MALLA HEXAGONAL A DOBLE TORSION SIST./TERRAMESH H= 5.00 m	M^3	21.00	4783.38	100,451.07
	92140	REPELLO CORRIENTE (USANDO MADERA BLANCA)	M^2	105.00	199.50	20,947.59
	93235	TUBERIA DE PVC Diám.=2" (SDR-32.5) (NO INCL. EXCAVACION) (JUNTA CEMENTADA)	M	8.00	155.56	1,244.47
	94366	UNION MALEABLE DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2"	C/U	1.00	1242.34	
	92009	CONCRETO DE 3,000 PSI (MEZCLADO A MANO) (NO INCL. FUNDIDA)	M^3	4.14	6465.15	26,765.72
	92282	FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEMENTO	M^3	4.14	519.97	2,152.68
	92137	REPELLO Y FINO CORRIENTE	M^2	29.78	382.82	11,400.42
	03145	VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" (INCL. 1 BLOQUE DE REACCION)	C/U	1.00	15218.37	15,218.37
	96073	VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE Diàm.=2"	C/U	1.00	5916.98	5,916.98
	92022	NIVELETA DOBLE DE PINO DE 1.50m x 1.50m	C/U	6.00	210.15	1,260.92
	95983	MEZCLA MANUAL DE SUELO-CEMENTO PROPORCION 1:3 (C:S) (1 DE CEMENTO Y 3 DE SUELO)	M^3	7.50	4974.16	37,306.20
	94966	CODO LISO DE PVC Diám.=2", 90°(S40)	C/U	4.00	190.75	763.01
	93848	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 90°	C/U	2.00	531.63	1,063.26
	93353	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. <=	LBS	401.32	42.91	17,221.54
	93571	PLASTICO COLOR NEGRO PARA IMPERMEABILIZAR CAPAS DE SUB-SUELO	M^2	105.00	69.78	7,327.12
350		**CONEXIONES**				**964,126.77**
	04889	CONEXION DOMICILIAR CON SILLETA DE PVC DE 1½"x½" PARA AGUA POTABLE (NO INCL. MEDIDOR) (INCL. EXCAVACION)	C/U	178.00	1282.44	228,274.23
	92978	MEDIDOR DE BRONCE PARA AGUA POTABLE Diám.=½" (CON CAJA DE CONCRETO PREFABRICADA CON TAPA Y ARO DE HIERRO FUNDIDO) PARA USO DOMICILIAR	C/U	178.00	4,134.00	735,852.54
360		**PLANTA DE PURIFICACION**				**31,235.13**

Etapa	Código	Descripción	U.M	CANTIDAD	PRECIO	COSTO TOTAL
	92911	CLORADOR (DOSIFICADOR DE CLORO) ENTREGA EN FORMA DE PASTILLA Diám.=1½",Presión de trabajo=10-40 PSI	C/U	1.00	24,744.19	24,744.19
	3073	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO DE 2500 PSI REF.+PARED DE BLOQUE DE MORTERO DE Ancho=1.00m,Largo=1.20m,Alt.=0.50m	C/U	1.00	6,490.94	6,490.94
	36007	**OBRAS VARIAS**				**105,915.19**
		CONTROLADOR DE PH	C/U	1.00	53,733.66	53,733.66
	4326	CASETA (CERRAMIENTO DE PAREDES MALLA CICLON CAL.#12 + CUBIERTA DE TECHO ZINC CAL. 26+PUERTA DE MARCO DE TUBO) Área=2.00mx2.00m	C/U	1.00	52,181.53	52,181.53
370		**LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA**				**66,616.50**
	92225	LIMPIEZA MANUAL FINAL	M^2	2450.52	27.18	66,616.50
		TOTAL:				**C$5,386,363.92**
		TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS (15%)				C$807,954.59
		IMPUESTO MUNICIPAL (1%)				C$53,863.64
		COSTO TOTAL EN OBRA				**C$6,248,182.15**

VIII. CONCLUSIONES

- El Caudal encontrado como fuente de abastecimiento cuenta con la capacidad hídrica para satisfacer la demanda y garantizar la calidad. El aforo es de 1 Lps de acuerdo, el consumo máximo diario corresponde a 1.03 Lps, el cual cumple con la proyección futura para el periodo de diseño

- El levantamiento topográfico realizado en el sitio de estudio para definir la ubicación de la línea de conducción, almacenamiento y red de distribución; logrando la importación de los puntos de las coordenadas del sitio y curvas de nivel, la ubicación de las colindancias de los hogares y sitios públicos, los cuales se utilizan para mostrar referencias de las viviendas en la comunidad y finalmente la distribución de tramos de tuberías , simulaciones y definir el dimensionamiento que comprende el sistema de abastecimiento en base a la topografía del terreno y los habitantes. Arrojó diferencias de elevaciones de 17 m desde la captación hasta el tanque de almacenamiento y una distancia de 440 m, la altura piezométrica de la línea de conducción dio como resultado una elevación de 259.7 msnm

- Se llevó a cabo un censo poblacional de los cuales se obtuvo una población de 614 habitantes. En base a la realización del censo poblacional en la comunidad Caracito, se determinó una población futura correspondiente a 921 habitantes para un período de diseño del sistema de 20 años, el cual tendrá un consumo promedio diario de 0.61 lps, volumen a ser distribuido en una red hidráulica abierta.

- Debido a que el agua presenta un pH ácido fuera de los rangos establecidos por la normativa, se hace imprescindible la implementación de un sistema integral de tratamiento que incluya la corrección del pH, procesos de filtración y desinfección, a fin de mejorar su calidad físico - química y bacteriológica,

garantizando que el agua sea apta y segura para el consumo humano conforme a los parámetros legales vigentes.

- Una vez propuesto el diseño del sistema del tipo Fuente-Tanque-Red, se realizó el análisis hidráulico por el software WaterGEMS, determinando el cumplimiento de las presiones en los nodos, obteniendo una presión mínima en la red de distribución de 5 mca en el Nodo-4 y una presión máxima correspondiente a 46 mca en el Nodo-10; así mismo las velocidades del flujo en las tuberías que van desde 0.01 m/s en la Tuberia-9 hasta 0.44 m/s en la tubería-7; se instalaran válvulas de limpieza en las elevaciones más bajas de la red.

- De acuerdo al análisis económico realizado para cada uno de los componentes del sistema, se determinó el monto de inversión del proyecto, el cual corresponde a C$ C$6,248,182.15 (Seis millones doscientos cuarenta ocho mil ciento ochenta y dos córdobas con 15 centavos)

IX. RECOMENDACIONES

- A la comunidad, a realizar charlas casa a casa para concientizar la importancia de la reforestación para las reservas de aguas superficiales dirigido a la captación de agua donde suministra a la comunidad.

- A MARENA para que brinde seguridad y monitoreo en los lugares cercanos a la fuente para que no continué la población cortando árboles y quemas.

- Realizar un manual de operación, administración y mantenimiento para garantizar la funcionabilidad del sistema.

- Verificar las disposiciones legales donde se construirán los componentes del sistema y servidumbres de pase de tubería.

X. BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, Erick. *Manual de medicion de cuadales*. Guatemala, 2017.

Cooperación Suiza en América Central, programas de Agua y Saneamiento (AGUASAN). *LA FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS EN NICARAGUA Y HONDURAS*. 2014.

FLORES, CENTENO. Br. JEFFRY OMAR MEJIA CAMPOS.Br. JOEL ANTONIO. *LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PARA UN DISEÑO DE MINI ACUEDUCTO*. Managua, 2015.

INAA. 1989.

—. *Normas para el diseño de diseño de abastesimiento y potabilizacion de las aguas,(NTON 09007-19)*. Managua: SE, 2020.

INIDE. *http://www.inide.gob.ni/*. 02 de febrero de 2016. 02 de febrero de 2016. <http://www.inide.gob.ni/>.

MCT. «Normas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Potabilización del Agua.» 1989.

NTON 09 007-19. Managua, 2019.

PRIETO, PAÚL VINICIO MENDIETA. *MODELACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO DE LA RED DE AGUA POTABLE*. 2014.

Sanchez, L., Sanchez, A., Galvis, G., Latorre, J. *Filtración en Múltiples Etapas*. Ed. IRC Centro Internacional En Agua y Saneamiento. Traducción española por CINARA. 2007

XI. ANEXOS

Anexo N° 1 Tanque de almacenamiento



Anexo N° 2 Captación de agua propuesta



Anexo N° 3 Levantamiento Topográfico



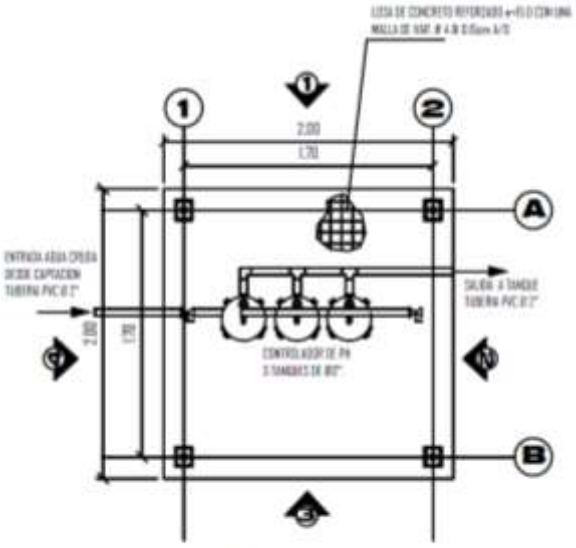


Anexo N° 4 Levantamiento Topográfico

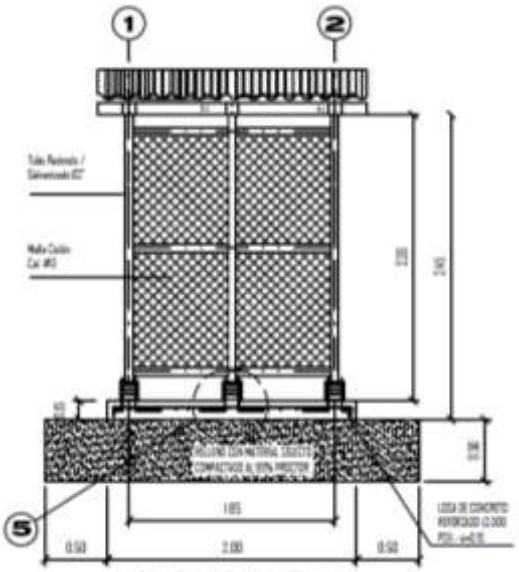




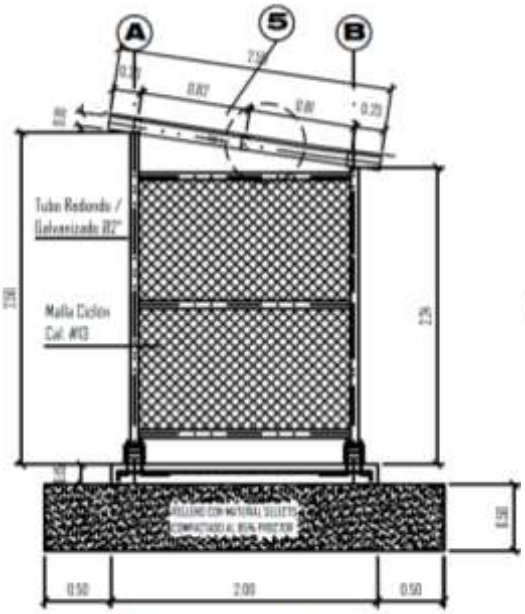
Anexo N° 7 Caseta para el controlador del PH



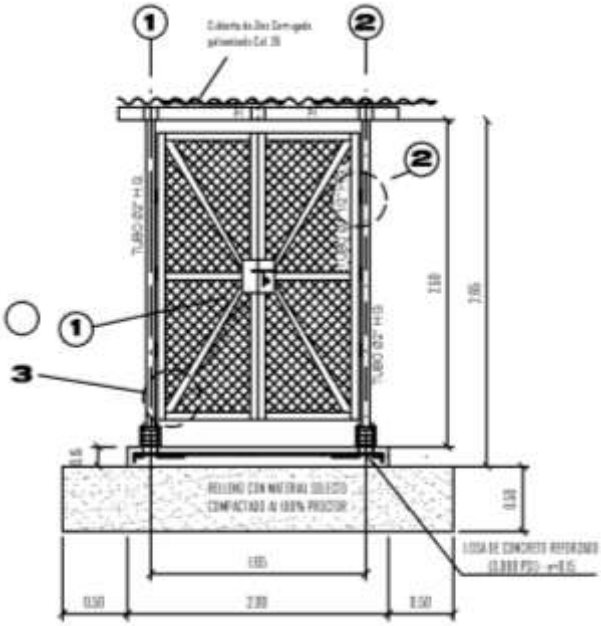
Planta Arquitectonica



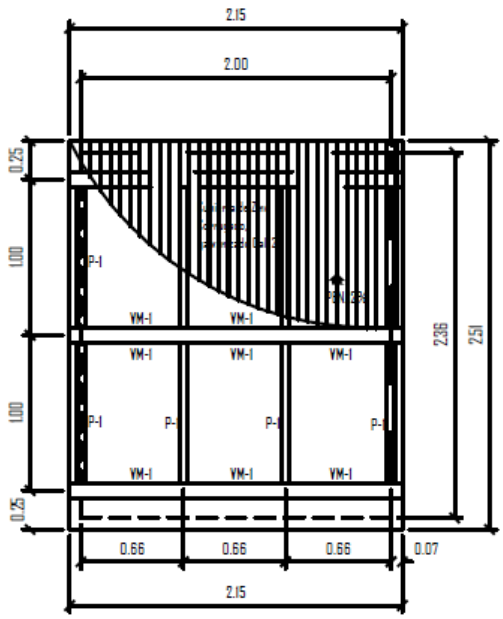
Elevacion 1



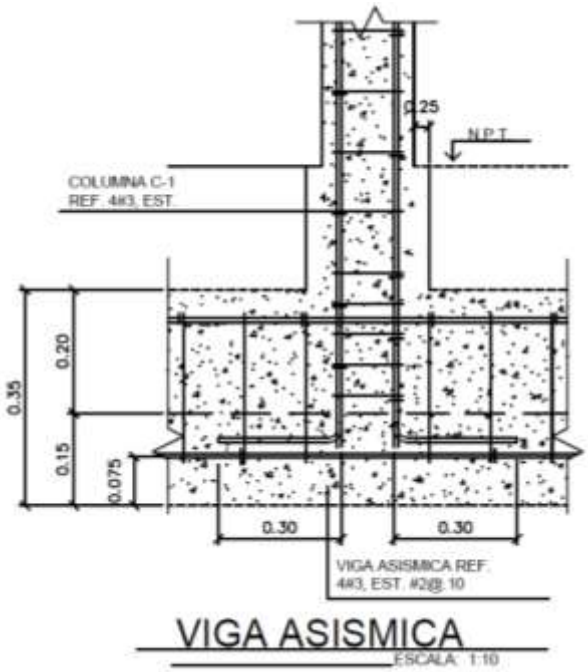
Elevacion 2



Elevacion 3



Planta Estructural de Techo



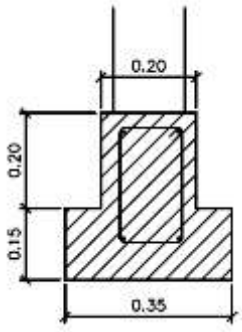
VIGA ASISMICA

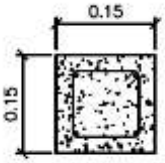
ESCALA: 1:10



VIGA ASISMICA

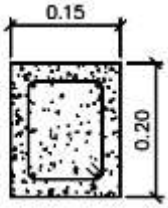
ESCALA: 1:10





REFUERZO TIPICO
4#3, EST. #2
5@0.05, 5@0.10
RESTO @ 0.15

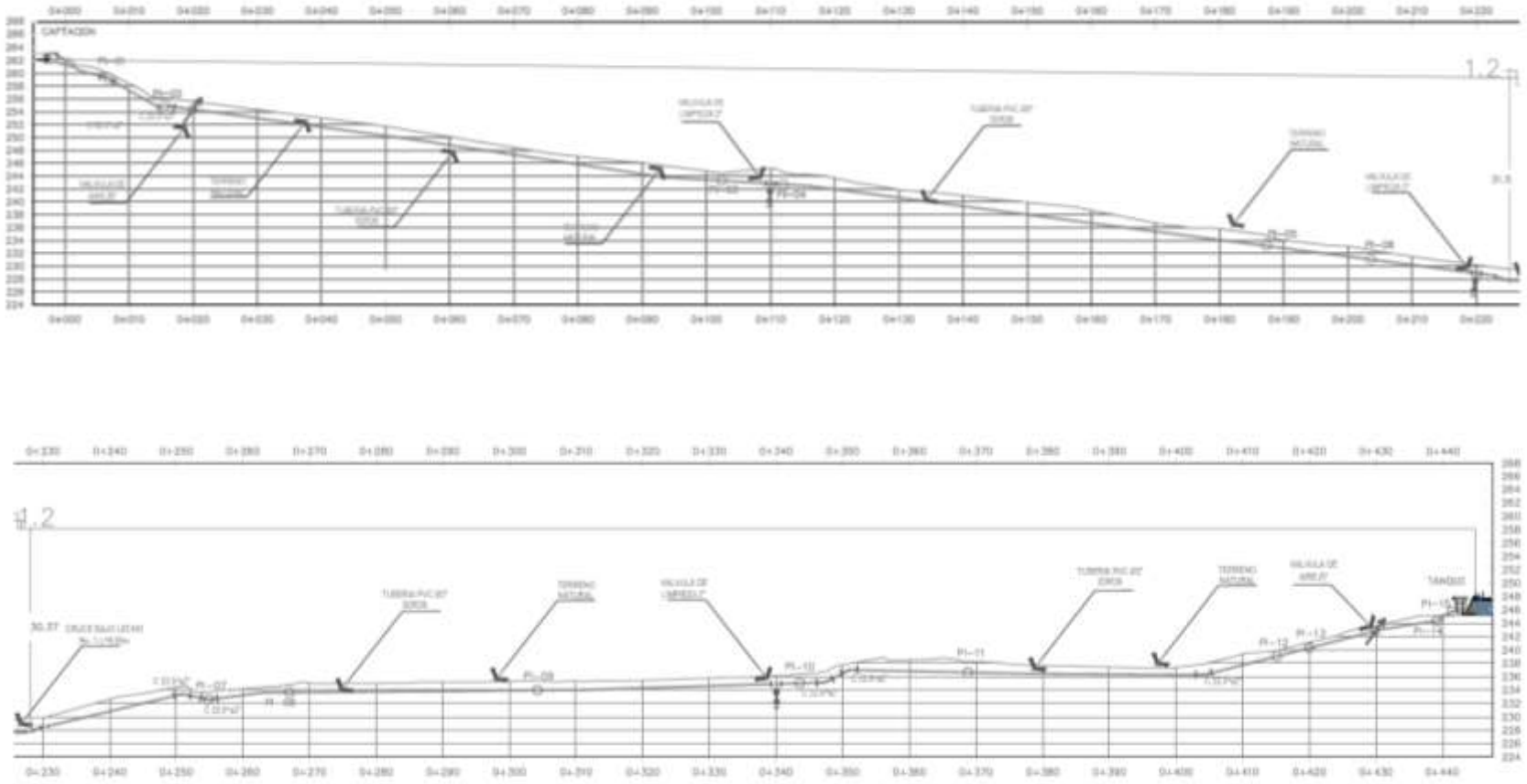
C-1, V-I



REFUERZO TIPICO
4#3, EST. #2
5@0.05, 5@0.10
RESTO @ 0.15

VC-1

Anexo N° 6 Perfil Longitudinal de línea de Conducción



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 7 Coordenadas y Elevación de Línea de Distribución

PI	ESTE	NORTE	ELEVACION
PI- 16	765,027.34	1,302,512.43	245.52
PI- 17	765,023.89	1,302,510.46	244.47
PI- 18	765,021.38	1,302,501.18	242.62
PI- 19	765,024.04	1,302,480.59	237.99
PI- 20	765,044.53	1,302,467.15	233.29
PI- 21	765,067.67	1,302,433.12	230.41
PI- 22	765,062.98	1,302,408.49	228.57
PI- 23	765,058.29	1,302,395.64	228.08
PI- 24	764,994.22	1,302,325.95	221.47
PI- 25	764,938.86	1,302,279.54	218.66
PI- 26	764,865.56	1,302,232.96	215.59
PI- 27	764,840.89	1,302,213.88	212.93
PI- 28	764,830.23	1,302,196.95	211.53
PI- 29	764,813.72	1,302,158.19	214.05
PI- 30	764,765.88	1,302,092.95	216.51
PI- 31	764,730.03	1,302,051.42	217.59
PI- 32	764,723.38	1,302,034.10	215.81
PI- 33	764,721.70	1,302,008.22	214.67
PI- 34	764,724.01	1,301,957.07	215.93
PI- 35	764,717.14	1,301,942.21	213.44
PI- 36	764,703.18	1,301,928.10	210.41
PI- 37	764,689.81	1,301,918.93	209.93
PI- 38	764,618.51	1,301,902.95	209.09
PI- 39	764,522.70	1,301,826.85	209.41
PI- 40	764,514.03	1,301,820.92	209.16
PI- 41	764,416.46	1,301,767.42	207.88
PI- 42	764,356.96	1,301,730.63	209.62
PI- 43	764,299.34	1,301,662.74	213.34
PI- 44	764,197.99	1,301,570.06	204.43
PI- 45	764,159.68	1,301,542.07	202.88
PI- 46	764,136.02	1,301,530.49	202.12
PI- 47	764,085.49	1,301,511.58	200.47
PI- 48	764,060.34	1,301,500.46	198.40
PI- 49	764,141.41	1,301,518.30	201.90
PI- 50	764,147.83	1,301,506.63	201.59
PI- 51	764,161.56	1,301,486.16	201.48

PI	ESTE	NORTE	ELEVACION
PI- 52	764,148.68	1,301,420.81	200.78
PI- 53	764,091.17	1,301,371.65	200.16
PI- 54	764,059.49	1,301,371.22	200.42
PI- 55	764,044.45	1,301,495.07	197.83
PI- 56	764,027.53	1,301,491.53	197.09
PI- 57	763,999.05	1,301,475.06	198.63
PI- 58	763,967.91	1,301,378.21	196.75
PI- 59	763,949.70	1,301,362.58	195.80
PI- 60	763,900.82	1,301,363.08	196.17
PI- 61	763,894.90	1,301,368.89	195.72
PI- 62	763,886.53	1,301,360.29	195.89
PI- 63	763,860.96	1,301,350.76	197.02
PI- 64	763,788.41	1,301,637.88	220.64
PI- 65	763,800.80	1,301,641.16	222.69
PI- 66	763,812.86	1,301,645.49	224.44
PI- 67	763,824.47	1,301,650.89	225.87
PI- 68	763,857.84	1,301,669.99	234.58
PI- 69	763,832.47	1,301,341.36	196.35
PI- 70	763,820.95	1,301,338.00	196.54
PI- 71	763,815.35	1,301,335.83	196.22
PI- 72	763,809.97	1,301,333.17	195.72
PI- 73	763,772.67	1,301,315.58	194.27
PI- 74	763,769.40	1,301,313.99	194.04
PI- 75	763,763.68	1,301,312.18	193.65
PI- 76	763,735.10	1,301,306.67	192.93
PI- 77	763,713.39	1,301,304.42	192.82
PI- 78	763,702.47	1,301,304.25	192.59
PI- 79	763,691.59	1,301,305.03	192.37
PI- 80	763,685.66	1,301,305.98	192.24
PI- 81	763,674.03	1,301,308.90	191.80
PI- 82	763,668.04	1,301,309.33	191.87
PI- 83	763,662.04	1,301,309.23	191.79
PI- 84	763,657.14	1,301,321.54	192.13
PI- 85	763,627.49	1,301,286.77	193.64
PI- 86	763,625.29	1,301,281.19	193.95
PI- 87	763,612.76	1,301,268.26	194.34

PI	ESTE	NORTE	ELEVACION
PI- 88	763,607.26	1,301,265.88	194.44
PI- 89	763,601.56	1,301,263.99	194.67
PI- 90	763,567.83	1,301,256.56	196.85
PI- 91	763,548.57	1,301,378.95	197.37
PI- 92	763,550.37	1,301,306.98	197.77
PI- 93	763,550.26	1,301,294.98	197.60
PI- 94	763,551.18	1,301,283.01	197.36
PI- 95	763,562.01	1,301,217.91	196.95
PI- 96	763,560.65	1,301,212.06	197.03
PI- 97	763,559.09	1,301,206.27	196.59
PI- 98	763,557.03	1,301,200.63	196.05
PI- 99	763,554.49	1,301,195.20	195.57
PI- 100	763,508.77	1,300,912.68	194.34
PI- 101	763,507.86	1,300,948.67	194.64
PI- 102	763,507.30	1,300,954.65	194.64
PI- 103	763,500.77	1,300,990.05	195.77
PI- 104	763,495.98	1,301,007.40	196.21
PI- 105	763,493.99	1,301,013.06	196.10
PI- 106	763,479.38	1,301,045.96	194.43
PI- 107	763,476.23	1,301,075.75	193.92
PI- 108	763,487.35	1,301,092.52	193.94
PI- 109	763,494.83	1,301,101.90	193.85
PI- 110	763,544.45	1,301,154.07	194.50
PI- 111	763,551.93	1,301,163.46	194.59
PI- 112	763,558.57	1,301,173.46	194.69
PI- 113	763,567.17	1,301,189.27	195.67
PI- 114	763,577.88	1,301,208.23	197.13
PI- 115	763,580.14	1,301,200.70	197.09
PI- 116	763,621.21	1,301,178.63	196.19
PI- 118	763,636.27	1,301,171.71	196.07
PI- 119	763,630.57	1,301,159.62	195.88
PI- 120	763,758.70	1,301,115.42	195.87
PI- 121	763,909.58	1,301,029.15	203.07
PI- 122	763,915.22	1,301,027.09	203.30
PI- 123	763,921.01	1,301,025.53	204.13
PI- 124	763,924.98	1,301,039.01	201.85

PI	ESTE	NORTE	ELEVACION
PI- 125	763,962.24	1,301,017.47	202.99
PI- 126	763,974.00	1,301,019.85	202.16
PI- 127	763,969.95	1,301,037.29	202.17
PI- 128	763,988.93	1,301,029.90	202.14
PI- 129	764,000.57	1,301,032.78	201.46
PI- 130	764,017.32	1,301,039.36	200.92
PI- 131	764,071.23	1,301,074.80	198.87
PI- 132	764,078.10	1,301,065.09	199.22
PI- 133	764,076.99	1,301,076.49	199.29
PI- 134	764,079.89	1,301,081.74	198.50
PI- 135	764,088.35	1,301,090.53	198.55
PI- 136	764,085.41	1,301,089.94	198.51
PI-137	764,065.21	1,301,081.80	198.48
PI- 138	764,118.06	1,301,078.02	198.46
PI- 139	764,123.91	1,301,079.36	198.39
PI- 140	764,132.82	1,301,080.61	198.24
PI- 141	764,144.44	1,301,077.59	197.49
PI- 142	764,150.09	1,301,075.58	197.01
PI- 143	764,155.55	1,301,073.09	196.70
PI- 144	764,164.78	1,301,070.25	196.43
PI- 145	764,193.46	1,301,061.45	197.72
PI- 146	764,204.58	1,301,056.94	197.81
PI- 147	764,275.24	1,301,023.90	199.04
PI- 148	764,285.62	1,301,017.89	198.98
PI- 149	764,295.45	1,301,011.00	198.84
PI- 150	764,304.63	1,301,003.27	198.84
PI- 151	764,313.11	1,300,994.78	198.51
PI- 152	764,320.82	1,300,985.58	198.47
PI- 153	764,341.43	1,300,956.07	197.05
PI- 154	764,297.96	1,301,025.06	199.99
PI- 155	764,279.99	1,301,040.97	199.29
PI- 156	764,275.17	1,301,044.54	198.72
PI- 157	764,270.06	1,301,047.68	197.57
PI- 158	764,264.69	1,301,050.36	197.34
PI- 159	764,199.18	1,301,080.23	197.82
PI- 160	764,193.52	1,301,082.24	197.76

PI	ESTE	NORTE	ELEVACION
PI- 161	764,170.29	1,301,088.25	196.88
PI- 162	764,143.63	1,301,095.16	198.72
PI- 163	764,093.64	1,301,091.24	198.74
PI- 164	764,093.31	1,301,102.84	199.66
PI- 165	764,093.52	1,301,111.63	200.63
PI- 166	764,094.19	1,301,120.40	200.20
PI- 167	764,094.00	1,301,137.99	199.81
PI- 168	764,093.29	1,301,146.75	199.26
PI- 169	764,093.35	1,301,155.54	198.75
PI- 170	764,081.95	1,301,185.06	195.95
PI- 171	764,074.21	1,301,200.85	194.58
PI- 172	764,067.65	1,301,203.75	193.97
PI- 173	764,063.51	1,301,208.09	193.64
PI- 174	764,063.81	1,301,220.50	192.90
PI- 175	764,050.33	1,301,246.59	196.75
PI- 176	764,062.32	1,301,288.33	198.78
PI- 177	764,060.79	1,301,310.70	199.23
PI- 178	764,060.06	1,301,321.43	199.43
PI- 179	764,051.81	1,301,310.09	199.32
PI- 180	764,045.87	1,301,309.26	199.65
PI- 181	764,022.30	1,301,304.72	200.97
PI- 182	763,998.86	1,301,299.57	199.54
PI- 183	763,975.62	1,301,293.59	197.92
PI- 184	763,928.65	1,301,283.69	196.83
PI- 185	763,905.36	1,301,277.92	196.47
PI- 186	763,815.92	1,301,252.43	195.73
PI- 187	763,810.35	1,301,250.30	195.62
PI- 188	763,805.52	1,301,247.95	195.71
PI- 189	763,824.15	1,301,213.80	195.54
PI- 190	763,822.49	1,301,208.03	195.22
PI- 191	763,806.41	1,301,190.25	194.58
PI- 192	763,798.93	1,301,180.87	193.02
PI- 193	763,784.96	1,301,161.35	192.11
PI- 194	763,766.10	1,301,130.69	192.14
PI- 195	763,763.42	1,301,125.32	193.31
PI- 196	763,760.82	1,301,119.91	194.51

PI	ESTE	NORTE	ELEVACION
PI- 197	764,063.15	1,301,494.07	198.96
PI- 198	764,165.22	1,301,493.58	201.63
PI- 199	764,159.76	1,301,490.65	201.48
PI- 200	764,148.69	1,301,507.15	201.59
PI- 201	764,142.30	1,301,518.74	201.90
PI- 202	764,137.32	1,301,530.01	202.12
PI- 203	764,160.20	1,301,541.21	202.88
PI- 204	764,198.62	1,301,569.28	204.43
PI- 205	764,300.06	1,301,662.05	213.34
PI- 206	764,357.62	1,301,729.86	209.62
PI- 207	764,416.96	1,301,766.56	207.88
PI- 208	764,514.55	1,301,820.07	209.16
PI- 209	764,523.30	1,301,826.05	209.41
PI- 210	764,618.96	1,301,902.02	209.09
PI- 211	764,690.22	1,301,918.00	209.93
PI- 212	764,703.83	1,301,927.33	210.41
PI- 213	764,717.98	1,301,941.63	213.44
PI- 214	764,725.02	1,301,956.88	215.93
PI- 215	764,722.70	1,302,008.21	214.67
PI- 216	764,724.37	1,302,033.89	215.81
PI- 217	764,730.90	1,302,050.90	217.59
PI- 218	764,766.66	1,302,092.33	216.51
PI- 219	764,814.59	1,302,157.69	214.05
PI- 220	764,831.12	1,302,196.48	211.53
PI- 221	764,841.64	1,302,213.20	212.93
PI- 222	764,866.26	1,302,232.21	215.59
PI- 223	764,939.45	1,302,278.73	218.66
PI- 224	764,994.91	1,302,325.22	221.47
PI- 225	765,059.16	1,302,395.11	228.08
PI- 226	765,063.95	1,302,408.22	228.57
PI- 227	765,068.73	1,302,433.34	230.41
PI- 228	765,045.24	1,302,467.88	233.29
PI- 229	765,024.98	1,302,481.18	237.99
PI- 230	765,022.62	1,302,499.42	242.24
PI- 231	765,025.41	1,302,503.04	243.51
PI- 232	765,034.78	1,302,508.42	245.71
PI- 233	765,033.02	1,302,511.48	245.48

Anexo 8 BM de línea de Distribución

BM	Norte	Este	Elevacion
BM- 01	1,302,778.02	765,077.94	247.56
BM- 02	1,302,695.92	765,020.29	234.49
BM- 03	1,302,623.83	765,043.11	235.66
BM- 04	1,302,507.57	764,980.43	234.98
BM- 05	1,302,501.71	764,997.29	238.14
BM- 06	1,302,520.29	765,023.62	245.11
BM- 07	1,302,313.36	764,970.71	221.29
BM- 08	1,302,254.23	764,900.88	217.30
BM- 09	1,301,965.69	764,724.98	215.91
BM- 10	1,301,842.76	764,527.04	210.14
BM- 11	1,301,800.50	764,480.15	208.39
BM- 12	1,301,706.32	764,338.39	209.43
BM- 13	1,301,674.90	764,300.18	212.69
BM- 14	1,301,602.12	764,219.02	206.44
BM- 15	1,301,542.13	764,160.43	202.88
BM- 16	1,301,528.00	764,130.86	202.26
BM- 17	1,301,451.57	764,063.53	200.18
BM- 18	1,301,413.35	764,100.59	200.63
BM- 19	1,301,333.34	764,050.99	199.66
BM- 20	1,301,436.33	763,947.71	198.63
BM- 21	1,301,405.32	763,933.71	197.55
BM- 22	1,301,321.54	763,657.14	192.13
BM- 23	1,301,154.10	763,547.95	194.52
BM- 24	1,301,134.87	763,503.95	194.09
BM- 25	1,301,216.43	763,825.49	195.79
BM- 26	1,301,251.49	763,799.06	195.52
BM- 27	1,301,306.55	763,799.06	200.93
BM- 28	1,301,016.33	764,304.85	199.03
BM- 29	1,300,977.71	764,341.12	197.89

Anexo N°9 Lista de medidores conectados a la red de Distribución

N° de Medidor	Elemento asociado	Demanda Base	N° de Medidor	Elemento asociado	Demanda Base	N° de Medidor	Elemento asociado	Demanda Base
Medidor-1	Nodo-6	0.008	Medidor-47	Nodo-23	0.008	Medidor-93	Nodo-18	0.008
Medidor-2	Nodo-6	0.008	Medidor-48	Nodo-24	0.008	Medidor-94	Nodo-18	0.008
Medidor-3	Nodo-6	0.008	Medidor-49	Nodo-15	0.008	Medidor-95	Nodo-18	0.008
Medidor-4	Nodo-6	0.008	Medidor-50	Nodo-15	0.008	Medidor-96	Nodo-13	0.008
Medidor-5	Nodo-7	0.008	Medidor-51	Nodo-15	0.008	Medidor-97	Nodo-13	0.008
Medidor-6	Nodo-7	0.008	Medidor-52	Nodo-15	0.008	Medidor-98	Nodo-13	0.008
Medidor-7	Nodo-26	0.008	Medidor-53	Nodo-15	0.008	Medidor-99	Nodo-13	0.008
Medidor-8	Nodo-26	0.008	Medidor-54	Nodo-15	0.008	Medidor-100	Nodo-13	0.008
Medidor-9	Nodo-26	0.008	Medidor-55	Nodo-16	0.008	Medidor-101	Nodo-13	0.008
Medidor-10	Nodo-26	0.008	Medidor-56	Nodo-15	0.008	Medidor-102	Nodo-11	0.008
Medidor-11	Nodo-26	0.008	Medidor-57	Nodo-15	0.008	Medidor-103	Nodo-21	0.008
Medidor-12	Nodo-14	0.008	Medidor-58	Nodo-15	0.008	Medidor-104	Nodo-21	0.008
Medidor-13	Nodo-14	0.008	Medidor-59	Nodo-24	0.008	Medidor-105	Nodo-21	0.008
Medidor-14	Nodo-14	0.008	Medidor-60	Nodo-24	0.008	Medidor-106	Nodo-21	0.008
Medidor-15	Nodo-14	0.008	Medidor-61	Nodo-25	0.008	Medidor-107	Nodo-21	0.008
Medidor-16	Nodo-14	0.008	Medidor-62	Nodo-25	0.008	Medidor-108	Nodo-21	0.008
Medidor-17	Nodo-14	0.008	Medidor-63	Nodo-15	0.008	Medidor-109	Nodo-1	0.008
Medidor-18	Nodo-14	0.008	Medidor-64	Nodo-15	0.008	Medidor-110	Nodo-1	0.008
Medidor-19	Nodo-14	0.008	Medidor-65	Nodo-15	0.008	Medidor-111	Nodo-1	0.008
Medidor-20	Nodo-14	0.008	Medidor-66	Nodo-16	0.008	Medidor-112	Nodo-1	0.008
Medidor-21	Nodo-14	0.008	Medidor-67	Nodo-16	0.008	Medidor-113	Nodo-2	0.008
Medidor-22	Nodo-14	0.008	Medidor-68	Nodo-16	0.008	Medidor-114	Nodo-2	0.008
Medidor-23	Nodo-14	0.008	Medidor-69	Nodo-16	0.008	Medidor-115	Nodo-2	0.008
Medidor-24	Nodo-14	0.008	Medidor-70	Nodo-16	0.008	Medidor-116	Nodo-2	0.008
Medidor-25	Nodo-14	0.008	Medidor-71	Nodo-19	0.008	Medidor-117	Nodo-2	0.008
Medidor-26	Nodo-14	0.008	Medidor-72	Nodo-19	0.008	Medidor-118	Nodo-12	0.008
Medidor-27	Nodo-25	0.008	Medidor-73	Nodo-19	0.008	Medidor-119	Nodo-12	0.008
Medidor-28	Nodo-25	0.008	Medidor-74	Nodo-17	0.008	Medidor-120	Nodo-12	0.008
Medidor-29	Nodo-25	0.008	Medidor-75	Nodo-17	0.008	Medidor-121	Nodo-10	0.008
Medidor-30	Nodo-25	0.008	Medidor-76	Nodo-17	0.008	Medidor-122	Nodo-10	0.008
Medidor-31	Nodo-25	0.008	Medidor-77	Nodo-17	0.008	Medidor-123	Nodo-10	0.008
Medidor-32	Nodo-25	0.008	Medidor-78	Nodo-17	0.008	Medidor-124	Nodo-22	0.008
Medidor-33	Nodo-25	0.008	Medidor-79	Nodo-5	0.008	Medidor-125	Nodo-22	0.008
Medidor-34	Nodo-25	0.008	Medidor-80	Nodo-3	0.008	Medidor-126	Nodo-22	0.008
Medidor-35	Nodo-25	0.008	Medidor-81	Nodo-3	0.008	Medidor-127	Nodo-22	0.008
Medidor-36	Nodo-25	0.008	Medidor-82	Nodo-3	0.008	Medidor-128	Nodo-22	0.008
Medidor-37	Nodo-25	0.008	Medidor-83	Nodo-3	0.008	Medidor-129	Nodo-22	0.008
Medidor-38	Nodo-25	0.008	Medidor-84	Nodo-3	0.008	Medidor-130	Nodo-22	0.008
Medidor-39	Nodo-24	0.008	Medidor-85	Nodo-18	0.008	Medidor-131	Nodo-8	0.008
Medidor-40	Nodo-24	0.008	Medidor-86	Nodo-18	0.008	Medidor-132	Nodo-8	0.008
Medidor-41	Nodo-9	0.008	Medidor-87	Nodo-18	0.008	Medidor-133	Nodo-8	0.008
Medidor-42	Nodo-24	0.008	Medidor-88	Nodo-18	0.008	Medidor-134	Nodo-8	0.008
Medidor-43	Nodo-9	0.008	Medidor-89	Nodo-18	0.008	Medidor-135	Nodo-8	0.008
Medidor-44	Nodo-24	0.008	Medidor-90	Nodo-18	0.008	Medidor-136	Nodo-8	0.008
Medidor-45	Nodo-9	0.008	Medidor-91	Nodo-18	0.008	Medidor-137	Nodo-8	0.008
Medidor-46	Nodo-9	0.008	Medidor-92	Nodo-18	0.008	Medidor-138	Nodo-8	0.008

Fuente: Resultado de simulación hidráulica WaterGEMS