



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“EVALUACION Y PROPUESTA DE MEJORA DE SISTEMA DE AGUA
POTABLE DE LA COMUNIDAD MANCOTAL ABAJO JINOTEGA”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Hanssell Enrique Cruz Olivas

Br. Lesmar Elim Pineda Mejía

Br. Silvio Antonio Molina García

Tutor

MSc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

Managua, Noviembre 2019

Dedicatoria

Dedico este trabajo monográfico primeramente a Dios y a la Virgen María por llenarme de salud y sabiduría, permitiéndome culminar esta etapa de mi vida tan importante para mí y mis seres queridos.

A mi mamá Johana Emilia Olivas G. por brindarme su apoyo y amor incondicional, por estar para mí en las buenas y en las malas, por ser inspiración para mi esfuerzo al ser padre y madre a la vez. De igual forma a mi otra madre, mi abuelita María Olivas Vallecillo por todos sus bellos consejos y amor.

A mis tíos Carmen María Olivas y Feliciano Olivas por apoyarme y estar para mí siempre y ayudarme a salir adelante sin nunca dar un paso hacia atrás. Así mismo a mis tíos, tías y abuelos maternos que sin sus buenos valores y consejos no sería la persona de bien que hoy soy.

A mi novia Rosaicela Bejarano M. por estar conmigo en los momentos que más la necesité, por darme siempre apoyo, ánimo y afecto lo cual me ayudo a mantener paciencia y perseverancia.

A mi familia en general, a mis amigos y compañeros de tesis, también a las personas que, sin nombrarlos a todos ellos, saben que desde el fondo de mi corazón les agradezco por todo su cariño, colaboración, ánimo y apoyo incondicional durante mi vida y en la realización de esta tesis.

Hanssell Enrique Cruz Olivas

Dedicatoria

Mi trabajo monográfico se lo dedico primeramente a Dios por darme sabiduría, fuerza en los momentos de debilidad y bendiciones en el transcurso no solo de la realización de este trabajo sino también a lo largo de toda mi carrera.

A mis padres quienes siempre me han dado su apoyo incondicional, son pilar fundamental en mi vida y de vital importancia para la realización de este trabajo y a mi familia en general, por estar siempre para mí en cada momento que los necesito.

Lesmar Elim Pineda Mejía

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado principalmente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida, darme cada día todo lo necesario para no rendirme a largo de este trayecto y poder cumplir mis objetivos.

A mis abuelos que fueron las personas que estuvieron haciéndose cargo de mi persona todo este tiempo, los cuales siempre me brindaron su apoyo en todo momento, por sus consejos, cada uno de sus valores, por la motivación constante para no rendirme, para cada una de todas esas cosas que me han convertido en una persona de bien, pero muy y por sobre todo, por ese amor que siempre me dieron.

A mis padres, tíos y primos por brindarme su ayuda siempre que fue necesaria y en general a toda mi familia por estar ahí para mí.

Silvio Antonio Molina García

Agradecimiento

A Dios por permitirnos cumplir una de las metas más importantes para nosotros como lo es culminar nuestros estudios universitarios con la certeza que si depositamos toda nuestra fe en él, todo es posible.

A nuestros padres por brindarnos todo su apoyo, ser nuestra guía, darnos su amor incondicional, por alentarnos todos los días a ser profesionales y personas de bien.

A nuestro Tutor M. Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González quien nos brindó su conocimiento y su guía a lo largo de nuestro trabajo monográfico.

A todas esas personas que con su apoyo hicieron esto posible como lo fueron en el departamento de UMAS de la Alcaldía de Jinotega, quienes nos dieron la confianza para hacernos cargo de este proyecto además de su apoyo cuando se le solicito ayuda, a las personas de la comunidad beneficiada que siempre nos recibieron con toda amabilidad y dispuestos a ayudar.

Hanssell Enrique Cruz Olivas

Lesmar Elim Pineda Mejía

Silvio Antonio Molina García

Resumen del tema

El principal propósito de este trabajo monográfico fue brindar soluciones a las problemáticas que se están sufriendo en la comunidad Mancotal Abajo en el departamento de Jinotega, en relación al sistema de agua potable que se encuentra en funcionamiento en la comunidad, ya que este funciona de forma ineficiente.

Se dio un diagnóstico general de todo el sistema, con el cual se trató de aprovechar al máximo los recursos existentes para una mejor viabilidad de este, por medio de la topografía se realizó el trazado de las tuberías, el cual sirvió de guía para con este realizar y analizar el diseño existente, así como uno mejorado por medio de los programas CIVIL 3D y EPANET, conociendo así las elevaciones, perfiles y tipos de tuberías del sistema.

A través de las encuestas realizadas a la comunidad se determinó la calidad de vida de las personas, sus fuentes de ingresos, el trabajo más demandado, escolaridad, porcentaje de mujeres, hombre y niños, así como también las principales enfermedades que afectan a la población.

Se realizaron estudios Físico-Químicos y Bacteriológicos del agua con la finalidad de determinar la calidad de la misma, para así someterla a algún tipo de tratamiento que mejorase la calidad de esta, ya fuesen estos procesos filtración y desinfección.

Se rediseñaron algunos de los componentes que conforman el sistema, tales como la línea de conducción, red de distribución, tanque de almacenamiento etc., cabe mencionar que algunos de estos solo necesitaron una pequeña mejora para brindar un mejor funcionamiento, reforzando estos con la aplicación de accesorios de forma puntual donde se consideraron necesarios.

Se presupuestó este nuevo diseño el cual cubrirá todos los gastos en materiales y mano de obra directa que fuese necesaria para la elaboración de este proyecto, todo estos con costos del departamento de Jinotega.

Por último, se propuso un plan de operación y mantenimiento del sistema para que este pueda estar dando su mejor rendimiento durante sus 20 años de diseño iniciando en el año 2020 hasta el año 2040.

Contenido

Capítulo I: Generalidades	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos:	4
1.5 Macro localización	5
1.6 Micro localización	6
Capitulo II: Marco teórico	7
2.1 Diagnóstico	7
2.1.1 Sistema de agua potable	7
2.1.2 Fuente de abastecimiento	7
2.1.3 Requisitos de calidad	8
2.1.4 Tanque de almacenamiento	8
2.1.4.1 Capacidad	8
2.1.5 Línea de conducción y red distribución	9
2.1.5.1 Línea de conducción	9
2.1.5.2 Línea de conducción por gravedad	9
2.1.5.3 Red de distribución	9
2.1.6 Accesorios	10
2.1.6.1 Tuberías	10
2.1.6.2 Válvulas	10
2.2 Topografía	10
2.2.1 Estudios topográficos	10

2.2.2 Preliminares	10
2.2.3 Definitivos	11
2.2.4 Replanteo	11
2.2.5 Planimetría	11
2.2.6 Altimetría	11
2.2.7 Instrumentación	11
2.3 Estudio de la demanda poblacional	11
2.3.1 Conceptos básicos	12
2.3.2 Cálculo de la población	12
2.3.3 Dotación	13
2.3.4 Demanda y consumo	13
2.4 Estudiar la fuente de abastecimiento mediante estudios hidrológicos	14
2.4.1 Geomorfología de la cuenca	14
2.4.2 Elementos geomorfológicos de la cuenca	14
2.4.3 Características físicas de la cuenca	15
2.4.4 Calidad del agua	15
2.5 Componentes del sistema	16
2.5.1 Período de diseño	16
2.5.2 Presiones máximas y mínimas	17
2.5.3 Velocidades permisibles en tuberías	17
2.5.4 Cobertura de tuberías	18
2.5.5 Pérdidas de agua en el sistema	18
2.5.6 Pérdidas de carga	18
2.6 Presupuesto del sistema de agua potable	19
2.6.1 Presupuesto de una obra	19
2.6.2 Elaboración del presupuesto	19

2.7 Plan de operación y mantenimiento del sistema	20
2.7.1 Operación de un sistema	20
2.7.2 Mantenimiento	21
a) Mantenimiento preventivo	21
b) Mantenimiento correctivo	21
Capítulo III: Diseño metodológico	22
3.1 Diagnóstico	22
3.1.1 Visita de campo	22
3.1.2 Delimitación del área de estudio	22
3.1.3 Diagnóstico del sistema	22
3.1.4 Analizar los datos obtenidos	22
3.1.4.1 Tipo de fuente	22
3.1.4.2 Presiones en las tuberías	23
3.1.4.3 Clasificación del sistema	23
3.2 Topografía	23
3.2.1 Reconocimiento de datos de campo	23
3.2.2 Levantamiento topográfico	24
a) Curvas de nivel	24
b) Materiales y equipo	24
c) Línea de conducción	24
d) Red de distribución	24
e) Procesamiento de datos	25
f) Elaboración de planos	25
3.3 Estudio de la demanda poblacional	25
3.3.1 Recopilación de la información	25
3.3.1.1 Encuestas	25

3.3.2 Cálculo poblacional	25
3.3.2.1 Aplicación del método geométrico para población futura	25
3.3.3 Dotación	26
3.3.4 Demanda y consumo	26
3.3.4.1 Normativas	26
3.4 Estudiar la fuente de abastecimiento mediante estudios hidrológicos	26
3.4.1 Definir la geomorfología de la cuenca	26
a) Recolección de datos sobre la cuenca	26
b) Definir las características físicas de la cuenca	26
3.4.2 Definir calidad de agua	27
3.5 Diseño de componentes hidráulicos del sistema	27
3.5.1 Cálculo de caudal de diseño	27
3.5.2 Parámetros de diseño	27
3.5.3 Línea de conducción	28
3.5.3.1 Al diseñar por gravedad	28
3.5.3.2 Al diseñar por bombeo eléctrico	28
3.5.4 Diámetro de tubería de conducción	29
3.5.5 Diseño de sistema de tratamiento PTAP	29
3.5.6 Desinfección de agua	30
3.5.6.1 Tipo de cloro a utilizar	30
3.5.7 Red de distribución	31
3.5.7.1 Análisis con Epanet 2.0	31
3.5.8 Tanque de almacenamiento	32
3.5.9 Dimensionamiento	32
3.6 Costos del proyecto	32
3.6.1 Presupuesto	33

3.7 Propuesta de programa de mantenimiento y operación del sistema	33
3.7.1 Sistema por gravedad	34
a) Captación	34
b) Línea de conducción	34
c) Tanque de almacenamiento	35
d) Red de distribución	35
3.7.2 Sistema por bombeo eléctrico	35
a) Estación de bombeo	35
Capítulo IV: Resultados y análisis	36
4.1 Diagnóstico del sistema existente	36
4.1.1 Delimitación	36
4.1.2 Captación	36
4.1.3 Línea de conducción	36
4.1.4 Tanque de almacenamiento	37
4.1.5 Tratamiento	38
4.1.6 Red de distribución	39
4.1.7 Recreación y evaluación del sistema existente	40
4.1.8 Línea de conducción	41
4.1.9 Análisis con datos de caudal y rugosidad de tubería del año 2011	41
4.1.10 Análisis con datos de caudal y rugosidad de tubería en la actualidad	42
4.1.11 Análisis en el software Epanet con datos del año 2011	42
4.1.12 Análisis en el software Epanet con datos del año 2019	43
4.1.13 Red de distribución	44
4.1.14 Análisis con datos de caudal máximo horario y rugosidades de tubería del año 2011	44

4.1.15 Análisis con datos de caudal máximo horario y rugosidades de tubería en la actualidad	47
4.1.16 Evaluaciones finales	50
4.2 Topografía	50
4.2.1 Reconocimiento de datos de campo.....	50
4.2.2 Levantamiento topográfico.....	51
4.2.3 Procesamiento de datos.....	52
4.3 Estudio de la demanda poblacional	52
4.3.1 Encuestas.....	52
4.3.2 Cálculo de población futura	54
4.4 Estudios hidrológicos	55
4.4.1 Calidad del agua	55
4.4.2 Análisis de las pruebas	58
4.5 Diseño de los componentes hidráulicos del sistema	58
4.5.1 Cálculos de caudales de diseño	58
4.5.2 Línea de conducción	59
4.5.3 Filtro lento de arena.....	62
4.5.4 Sistema de desinfección	69
4.5.5 Tanque de almacenamiento	70
4.5.6 Red de distribución.....	71
4.6 Presupuesto	78
4.7 Operación y mantenimiento del sistema.....	83
4.7.1 Responsable de operación y mantenimiento	83
4.7.2 Mantenimiento preventivo	83
4.7.3 Mantenimiento correctivo	86
4.7.4 Reparación de tuberías y válvulas	87

4.7.5 Recomendaciones generales	88
4.7.6 Filtro	89
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	93
5.1 Conclusiones	93
5.2 Recomendaciones	94
Bibliografía	95
Anexos	I

Capítulo I: Generalidades

1.1 Introducción

En el presente proyecto se estudió y se propuso el diseño de un sistema de agua potable para la comunidad de Mancotal abajo ubicada en el departamento de Jinotega. Un sistema de agua potable se define a grandes rasgos a la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del recurso hídrico, en este caso es una fuente superficial privada que abastece a la comunidad.

El interés de este proyecto es realizar el estudio que sirve para proporcionarle agua a la población de Mancotal abajo, la problemática surge a partir de un sistema ya existente pero que presenta diversas fallas tales como un mal dimensionamiento del tanque, el agua solo se distribuye en las casas por dos horas al día y se pretende anexar un sector que no cuenta como este vital líquido.

1.2 Antecedentes

El tipo de sistema de abastecimiento de agua potable existente en la comunidad de Mancotal-Jinotega es un Mini Acueducto por Gravedad (MAG) diseñado y ejecutado por la organización AVODEC en el año 2011, administrado actualmente por la propia comunidad.

Según la organización CAPS las primeras formas de organización para gestionar la infraestructura básica de agua potable surgió en las décadas de los años 60s y 70s que generalmente consistía en un pozo publico excavado a mano, por otra parte, se tiene que aproximadamente 30 sistemas de agua potable, ubicados principalmente en la parte Norte del territorio nacional, son administrados por las respectivas alcaldías. En el sector rural disperso un número de aproximadamente 5,000 obras de agua están a cargo de las comunidades que sirven. Las obras incluyen variados tipos de sistemas desde pequeños acueductos por bombeo eléctrico y por gravedad, captaciones de manantial, pozos perforados y excavados a mano.

La mayor parte del agua consumida proviene de las fuentes de agua subterráneas, dado que las condiciones hidrogeológicas del país han favorecido hasta hoy su explotación. A mediano y largo plazo se prevé una mayor utilización de las aguas superficiales para satisfacer el consumo de la población de la Zona Central y Norte, Zona Atlántica, Managua y sus alrededores. (Dirección General de Inversiones Públicas, del ministerio de hacienda y credito publico)

1.3 Justificación

En Nicaragua la problemática del agua repercute de manera directa en la situación de salud de la población. Se estima generalmente que cerca del 80% de los problemas de salud que motivan consultas en el sistema público está vinculado con el agua, como las diarreas, conjuntivitis y problema de la piel, entre otros. La falta de acceso al agua en el hogar aumenta la carga laboral fundamentalmente de las mujeres, que son las encargadas de la mayor parte de las tareas domésticas, especialmente de las más pobres y de las que viven en las zonas rurales. Esta tarea requiere con frecuencia de varias horas de camino cargando el agua desde la fuente hasta el hogar. Muchas veces, son apoyadas por los niños y niñas mayores.

En Mancotal abajo el sistema actual no cumple con las demandas de la población, cuentan con el servicio de agua de una a dos horas al día y debido al crecimiento poblacional hay habitantes que carecen de este vital líquido, por las razones expresadas anteriormente surgió la necesidad de realizar un diagnóstico del sistema, ofrecer mejoras para este o realizar un diseño nuevo proponiendo una alternativa que mejor se adapte a las necesidades de la comunidad, beneficiando a la población actual, futura y contribuya a su desarrollo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

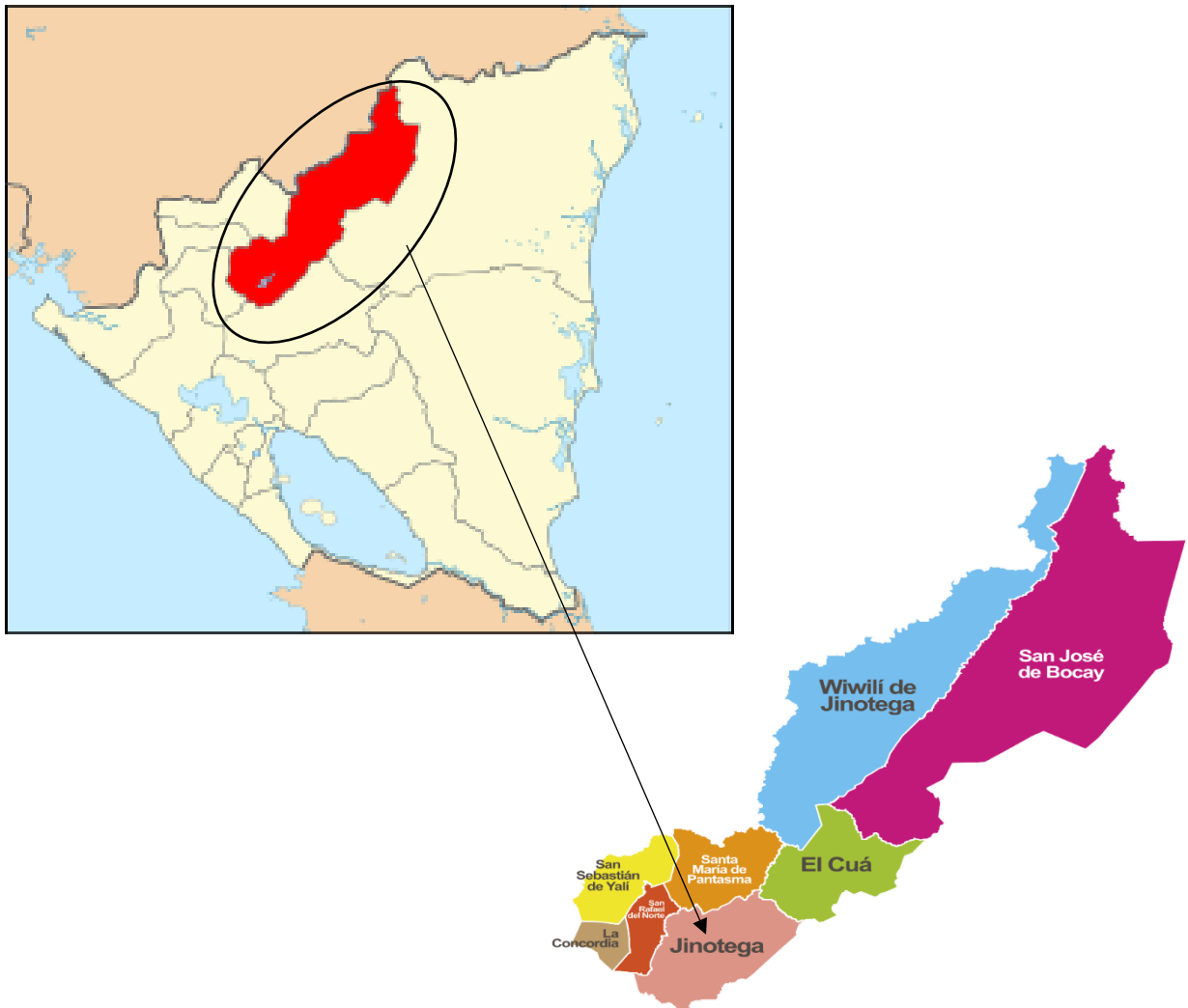
Realizar mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable de la comunidad el Mancotal Abajo–Jinotega para dar abastecimiento a 125 familias.

1.4.2 Objetivos específicos:

1. Realizar diagnóstico del sistema actual de agua potable.
2. Analizar el estudio topográfico de la comunidad Mancotal abajo.
3. Estudio de la demanda poblacional.
4. Estudiar la fuente de abastecimiento mediante estudios hidrológicos.
5. Realizar el diseño de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.
6. Elaborar presupuesto del sistema de agua potable.
7. Proponer un plan de operación y mantenimiento del sistema.

1.5 Macro localización

Departamento de Jinotega, Nicaragua.



Fuente: Imágenes de Google.

Coordenadas del Municipio:

Latitud: 13°06'01" N

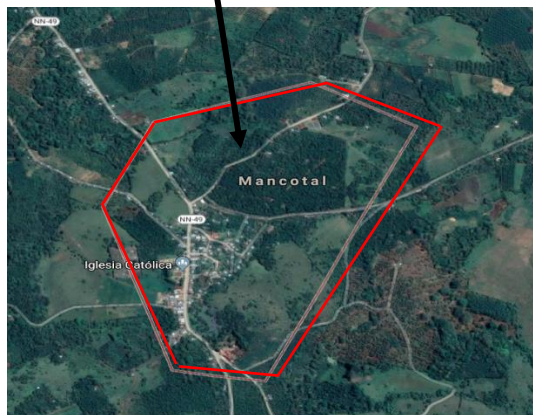
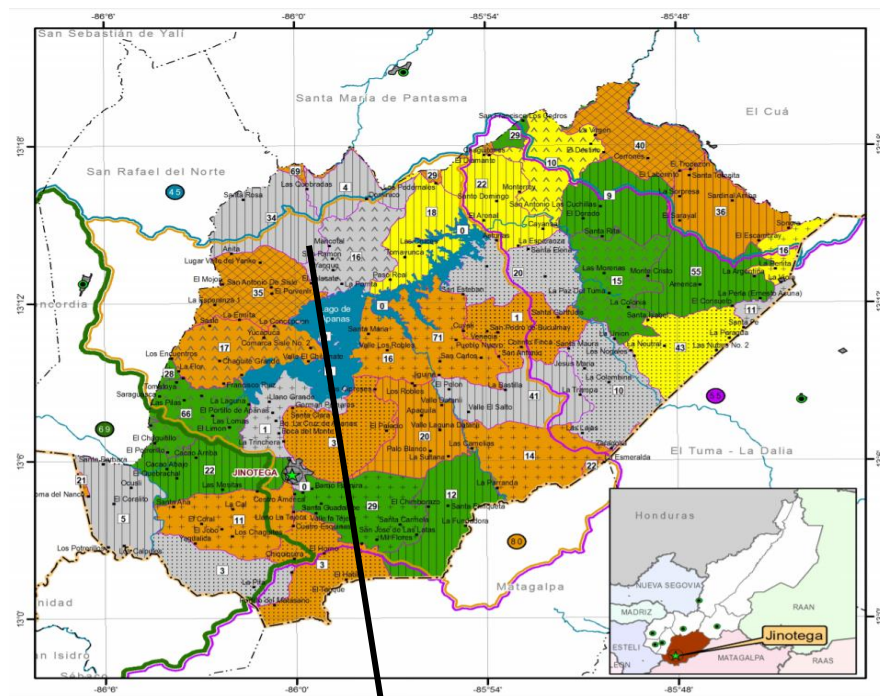
Longitud: 86°00'08" O

Altitud sobre el nivel del mar: 990 m

WGS84-Google Earth Pro-7.3.2

1.6 Micro localización

Mapa del Municipio de Jinotega.



Fuente: (MAGFOR, 2013) Uso del recurso agua en la agricultura.

Departamento de Jinotega, Nicaragua. Fuente: Imágenes de Google

Vista satelital de la comunidad Mancotal ubicada en las coordenadas WGS84 13°14'21.05" N 85°58'48.93" O. Situada en el Municipio de Jinotega.

Fuente: Google Earth Pro-7.3.2

Capítulo II: Marco teórico

2.1 Diagnóstico

Un diagnóstico son los resultados que se arrojan luego de un estudio, evaluación o análisis sobre determinado ámbito u objeto. El diagnóstico tiene como propósito reflejar la situación de un cuerpo, estado o sistema para que luego se proceda a realizar una acción o tratamiento que ya se preveía realizar o que a partir de los resultados del diagnóstico se decide llevar a cabo.

Scarón de Quintero afirma que "el diagnóstico es un juicio comparativo de una situación dada con otra situación dada" ya que lo que se busca es llegar a la definición de una situación actual que se quiere transformar la que se compara, valorativamente. Con otra situación que sirve de norma o pauta.

Por lo anterior el diagnóstico implica en sí mismo una comparación entre una situación presente, conocida mediante la investigación y otra situación ya definida o conocida previamente que sirve de referencia. (Quintero, 1985).

2.1.1 Sistema de agua potable

Se denomina sistema de agua potable al conjunto de obras de captación, tratamiento, conducción, regulación, distribución y suministro intradomiciliario de agua potable.

2.1.2 Fuente de abastecimiento

Según (INAA, 1999), la fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por lo tanto, se debe proteger y debe cumplir dos propósitos importantes:

1. Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el periodo de diseño considerado.
2. Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma.

2.1.3 Requisitos de calidad

Según la (NTON, 2000) el agua de fuente de abastecimiento deberá ser examinada con el objeto de determinar las características siguientes:

- Bacteriológicas
- Físicas
- Químicas
- Biológicas

La calidad del agua deberá estar de acuerdo a las Normas de Calidad del Agua, mencionadas en el Capítulo 3. El agua de la fuente debe ser de tal calidad que no requiera un tratamiento que sea excesivo o antieconómico. En la Tabla 5-1 de la presente norma se indican los diversos límites aceptables del contenido de sustancias en la fuente de abastecimiento. (NTON, 2000)

2.1.4 Tanque de almacenamiento

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

2.1.4.1 Capacidad

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

- a) Volumen Compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará en 15% del consumo promedio diario.
- b) Volumen de reserva El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20 % del consumo promedio diario.

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario. Fuente: (INAA, 1999).

2.1.5 Línea de conducción y red distribución

2.1.5.1 Línea de conducción

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua potable se llama línea de conducción, al conjunto integrado por tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua desde una sola fuente de abastecimiento, hasta un solo sitio donde será distribuida en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión. (Conagua, 2007)

2.1.5.2 Línea de conducción por gravedad

El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados plantea que en el diseño de una línea de conducción por gravedad se dispone, para transportar el caudal requerido aguas abajo, de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las pérdidas por fricción originadas en el conducto al producirse el flujo. Se deberá tener en cuenta los aspectos siguientes:

- a) Se diseñará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario ($CMD = 1.5 \text{ CPD} + \text{perdidas}$)
- b) En los puntos críticos se deberá mantener una presión de 5m por lo menos.
- c) La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo, se recomienda mantener una presión estática máxima de 70 mts, incorporando en la línea tanquillas rompe presión donde sea necesario. (INAA)

2.1.5.3 Red de distribución

El (INAA, 1999) define que, la red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos, para su diseño deberá considerarse los aspectos siguientes:

- a) Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario ($CMH = 2.5 \text{ CPD}$, más las pérdidas).

b) El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.

c) La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

2.1.6 Accesorios

2.1.6.1 Tuberías

Es el conjunto de tubos interconectados para formar una tubería principal, con una variedad de diámetros y materiales. (Conagua, 2007)

2.1.6.2 Válvulas

Son dispositivos que permiten el control del flujo en la conducción, atendiendo a situaciones de: corte y control de flujo, acumulación de aire, por llenado y vaciado de la conducción, depresiones y sobrepresiones generadas por fenómenos transitorios, y retroceso del agua por paro del equipo de bombeo, entre otras (Conagua, 2007)

2.2 Topografía

Según (CONAGUA, Estudios Técnicos Para Proyectos de Agua) la topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales.

2.2.1 Estudios topográficos

Los siguientes conceptos fueron obtenidos del libro de (CONAGUA, Estudios Técnicos Para Proyectos de Agua): Estudios técnicos para proyectos de Agua. México, D.F.

Los estudios topográficos son el conjunto de actividades de campo y gabinete que tienen como finalidad proporcionar información altimétrica y/o planimetría, para representarlas en planos y a una escala adecuada. Los estudios topográficos se clasifican de acuerdo a su precisión en preliminares y definitivos.

2.2.2 Preliminares

Son aquellos levantamientos cuya precisión es igual o menor a 1:1000 y sirven como planos de reconocimiento para elaborar anteproyectos en zonas urbanas o proyectos

en localidades rurales; el equipo empleado en esta clase de levantamiento es: teodolito, brújula, nivel de mano y nivel fijo.

2.2.3 Definitivos

Son levantamientos con una precisión igual o mayor de 1:5000. Este tipo de levantamientos se realiza con equipo de primer orden, como son: Distanciómetro, estación total y nivel electrónico.

2.2.4 Replanteo

Es el proceso inverso a la toma de datos y consiste en plasmar en el terreno detalles representados en planos, como por ejemplo el lugar donde colocar pilares de cimentaciones, anteriormente dibujados en planos.

2.2.5 Planimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal.

2.2.6 Altimetría

Es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar perfiles altimétricos curvas de nivel y otras diferentes técnicas para representar relieves del terreno, entre otras representaciones.

2.2.7 Instrumentación

La instrumentación y el grado de precisión que se utilice para los trabajos de campo y el procesamiento de los datos deberán ser consistentes con la dimensión del proyecto y sus accesos, así como con la magnitud del área estudiada.

2.3 Estudio de la demanda poblacional

El estudio de la demanda poblacional es uno de los elementos más importantes al momento de realizar un sistema de abastecimiento de agua potable, debido a que de

la población que se estime servir será el parámetro básico para dimensionar los elementos que constituyen el sistema. (INAA, 1999)

2.3.1 Conceptos básicos

Algunos de los conceptos básicos según Conagua que se necesitan comprender para la realización del estudio de la demanda poblacional son los siguientes:

- a) **Encuestas:** Una encuesta es un procedimiento dentro de los diseños de una investigación descriptiva en el que el investigador recopila datos mediante un cuestionario previamente diseñado, sin modificar el entorno ni el fenómeno donde se recoge la información ya sea para entregarlo en forma de tríptico, gráfica o tabla. Los datos se obtienen realizando un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a una muestra representativa.
- b) **Población de proyecto:** Número de habitantes de una, localidad al final del período de diseño.
- c) **Período de diseño:** Lapso para el cual se diseña el sistema. Es el período en que se estima que la obra o elemento del proyecto alcanza su máxima eficiencia.
- d) **Consumo de agua:** Volumen de agua utilizado para cubrir las necesidades de los usuarios. Hay diferentes tipos de consumos: Doméstico, no-doméstico (dividido en comercial e industrial) y público.
- e) **Demanda:** Cantidad de agua requerida por una localidad completa, una parte de ella, sector industrial, o industria específica, para facilitar las actividades (domésticas, comerciales, industriales, turísticas, etc.) que ahí tienen lugar.
- f) **Dotación:** Cantidad de agua asignada a cada habitante para satisfacer sus necesidades personales en un día medio anual. (Es el cociente de la demanda entre la población de proyecto). Consumo diario promedio per cápita.
- g) **Gasto:** Volumen de agua medido en una unidad de tiempo, generalmente se expresa en litros por segundo. (Conagua, 2007)

2.3.2 Cálculo de la población

Para el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método geométrico expresado por la fórmula siguiente:

$$P_n = P_0(1 + r)^n$$

P_n: Población del año "n"

Po: Población al inicio del período de diseño

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

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

Si no se dispone de datos de población al inicio del período de diseño, deberá efectuarse un censo poblacional por medio de los representantes comunitarios o promotores sociales, previamente entrenados. Conviene conocer la tasa de crecimiento histórico nacional, para compararla con la obtenida en cada caso particular. Los valores anuales varían de 2.5% a 4%. El proyectista deberá justificar la adopción de tasas de crecimiento diferente a los valores indicados. (INAA, 1999).

2.3.3 Dotación

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de:

- 1- Nivel de servicio adoptado
- 2- Factores geográficos
- 3- Factores culturales
- 4- Uso del agua

(INAA, 1999)

2.3.4 Demanda y consumo

Para efectos de diseño es importante determinar la demanda futura. Esta demanda se calcula con base en los consumos de las diferentes clases socioeconómicas, la actividad comercial, industrial, la demanda actual, el pronóstico de crecimiento de la población y su actividad económica.

Para la predicción de la demanda se debe considerar lo siguiente:

- a) La proyección del volumen doméstico total se realiza multiplicando los valores de las proyecciones de población de cada clase socioeconómica, por sus correspondientes consumos per cápita para cada año, dentro del horizonte de proyecto.

- b) Cuando las demandas comercial, industrial y turística sean poco significativas con relación a la demanda doméstica, y no existan proyectos de desarrollo para estos sectores, las primeras quedan incluidas en la demanda doméstica.
- c) Cuando las demandas de los sectores comercial, industrial y turístico sean importantes, deberán considerarse las tendencias de crecimiento histórico con los censos económicos o con proyectos de desarrollo, del sector público o de la iniciativa privada, y se aplicarán los consumos de cada sector a las proyecciones correspondientes.

El consumo es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema. Se expresa en unidades de m³/día o l/día, o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza l/hab/día.

El consumo de agua se determina de acuerdo con el tipo de usuarios, se divide según su uso en: Doméstico y no-doméstico; el consumo doméstico, se subdivide según la clase socioeconómica de la población en residencial, medio y popular. El consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos; a su vez, el consumo industrial se clasifica en industrial de servicio e industrial de producción (fábricas), (Conagua, 2007)

2.4 Estudiar la fuente de abastecimiento mediante estudios hidrológicos

2.4.1 Geomorfología de la cuenca

Según los autores Agustín Cahuana y Weimar Yugar en su tesis sobre la enseñanza y aprendizaje de la hidrología definen la geomorfología como el estudio las formas superficiales del relieve terrestre (geo=tierra, morfo=forma; logia=estudio o tratado).

2.4.2 Elementos geomorfológicos de la cuenca

Los autores mencionados anteriormente definen los siguientes elementos geomorfológicos:

a) Parteaguas o divisoria de aguas

Línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico, que separa la cuenca en estudio de las cuencas vecinas.

b) Área de la cuenca

Superficie en proyección horizontal, delimitada por la divisoria de aguas.

c) Cauce principal de una cuenca

Corriente que pasa por la salida de la cuenca; las demás corrientes se denominan cauces secundarios (tributarios). Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias se llaman cuencas tributarias o subcuencas.

2.4.3 Características físicas de la cuenca

De igual manera Cahuana y Yugar definen que el funcionamiento de una cuenca se asemeja al de un colector, que recibe la precipitación pluvial y la convierte en escurrimiento. Esta transformación presenta pérdidas de agua, situación que depende de las condiciones climatológicas y de las características físicas de la cuenca. Cuencas vecinas sometidas a las mismas condiciones climáticas, pueden tener regímenes de flujo totalmente distintos, situación debida principalmente a las características físicas de las cuencas. En función de esto, las características físicas más importantes de una cuenca son:

- Área.
- Perímetro.
- Forma de la cuenca.
- Longitud.
- Pendiente promedio.
- Curva hipsométrica.
- Densidad de drenaje.
- Alturas y elevación promedia.
- Perfil cauce principal.
- Pendiente promedia del cauce principal.

2.4.4 Calidad del agua

Según el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados en el documento, Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural define que el 80% de todas las enfermedades en el mundo están asociadas con el agua de mala calidad.

El objetivo de las normas establecidas en el mencionado documento es proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua, que puedan representar un riesgo para la

salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua, para lo cual se deberán seguir las siguientes instrucciones.

- a) La fuente de agua a utilizarse en el proyecto, se le deberá efectuar por lo menos un análisis físico, químico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal.
- b) Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: Coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad.
- c) El análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano deberán cumplir con las normas de calidad del agua vigente aprobada por el INAA y MINSAL. (INAA)

2.5 Componentes del sistema

2.5.1 Período de diseño

En los diseños de proyectos de Abastecimiento de Agua según el INAA se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de:

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

A continuación, se indican los períodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Tabla 1. Periodos de diseño por componentes del sistema

Tipos de Componentes	Período de diseño
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro Lento	20 años
Líneas de Conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: (INAA, 1999)

2.5.2 Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda que éstas se cumplan dentro de un rango permisible, en los valores siguientes:

Presión mínima: 5.0 metros

Presión máxima: 50.0 metros

2.5.3 Velocidades permisibles en tuberías

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías.

Los valores permisibles son los siguientes:

Velocidad mínima = 0.4 m/s

Velocidad máxima = 2.0 m/s

(INAA, 1999)

2.5.4 Cobertura de tuberías

Para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo.

2.5.5 Pérdidas de agua en el sistema

Cuando se proyectan Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes, la cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%. (INAA, 1999)

2.5.6 Pérdidas de carga

Según (Ayllon Magne, 2008), Se debe efectuar el estudio hidráulico del escurrimiento para determinar si las tuberías trabajan a presión, lo que dependerá de las características topográficas de la zona y del diámetro del conducto. No se admiten presiones negativas.

Para el cálculo hidráulico y la determinación de pérdidas de carga en tuberías a presión se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

Darcy & Weisbach

Hazen & Williams

En el cálculo hidráulico se utiliza el diámetro real. Sin embargo, para efectos del diseño se debe considerar el diámetro nominal de la tubería.

Formula de Darcy – Weisbach (1850)

En 1850, Darcy-Weisbach dedujeron experimentalmente una ecuación para calcular las pérdidas por cortante (“fricción”), en un tubo con flujo permanente y diámetro constante.

2.6 Presupuesto del sistema de agua potable

2.6.1 Presupuesto de una obra

Según (INIFOM) Dentro de la construcción, el control del presupuesto de la obras presentan particularidades propias de cada obra, en virtud de las características que diferencian este tipo de obras, al involucrar una serie de procesos y operaciones extensas, donde cada una implica métodos de construcción, equipos y maquinarias, mano de obra diferentes, al existir lugares de trabajo siempre diferentes, personal en la obra variados: Profesionales, obreros calificados, obreros no calificados, cuyos costos por lo tanto son variables y difíciles de controlar.

Cada obra en particular requiere ser cuidadosamente estudiada y analizada desde todos los puntos de vistas.

Normas específicas institucionales, métodos constructivos a utilizar, disponibilidad de recursos financieros, materiales y mano de obra, modalidad de contratación, fluctuaciones en el mercado, tiempos de ejecución, pliego de bases del concurso, ajuste de precios, etc.

2.6.1.1 Ante presupuesto

Es una suposición de valor aproximado de un producto para condiciones no del todo definidas y requeridas para un tiempo mediano. No es propiamente un presupuesto porque su realización requiere de tiempo y dedicación e involucra el análisis detallado de cada concepto que la integra.

2.6.2 Elaboración del presupuesto

Para elaborar un presupuesto se requiere determinar todos los conceptos que intervienen en una obra. Para ello es necesario conocer el trabajo a realizar, estudiando los planos arquitectónicos, estructurales, y de instalaciones.

Debe verificarse que se contemplen todos los conceptos con las características y cualidades deseadas, previamente definidas en las especificaciones técnicas.
(INIFOM)

a) Costo directo

Es la suma de los costos de materiales, mano de obra, herramienta y equipo que intervienen en un concepto de obra.

b) Salario

Es la retribución o pago por un servicio personal realizado, efectuándose este en forma semanal.

c) Sueldo

Es la remuneración o pago efectuado por un servicio profesional prestado; aplicando dicho pago en forma quincenal, entendiéndose por salario base al salario mínimo el que recibe un trabajador en la construcción y su nivel depende de lo que determine la comisión de salarios mínimos.

d) Gastos indirectos de operación

Se definen como aquellos que eroga la oficina central de una empresa constructora en un tiempo determinado, generalmente un año para construir determinado volumen de obra. Estos gastos son: Gastos técnicos administrativos, alquileres y depreciaciones, obligaciones y seguros, materiales de consumo, capacitación y promoción.

e) Gastos indirectos de obra

Son todos los originados en la administración propia de la obra, tales como: sueldos y prestaciones de los residentes, gastos de traslado del personal de la obra, gastos de comunicación de la obra, construcciones provisionales en la obra y consumos varios.

Fuente: (Acosta Carlon)

2.7 Plan de operación y mantenimiento del sistema

2.7.1 Operación de un sistema

En el libro de Procedimientos para la operación y mantenimiento de captaciones y reservorios de almacenamiento (Aguero, 2004) se especifica que operación es el conjunto de acciones adecuadas y oportunas que se efectúan para que todas las partes del sistema funcionen en forma continua y eficiente según las especificaciones de diseño.

2.7.2 Mantenimiento

El autor antes mencionado define que el mantenimiento se realiza con la finalidad de prevenir o corregir daños que se produzcan en las instalaciones, y que existen dos tipos de mantenimiento los cuales son:

a) Mantenimiento preventivo

Es el que se efectúa con la finalidad de evitar problemas en el funcionamiento de los sistemas.

b) Mantenimiento correctivo

Es el que se efectúa para reparar daños causados por acciones extrañas o imprevistas, o deterioros normales del uso.

De la buena operación y mantenimiento de un sistema de agua potable depende que el agua que se consuma sea de buena calidad, y que se tenga un servicio continuo y en la cantidad necesaria.

Además, permitirá garantizar la vida útil del sistema y disminuir los gastos de reparaciones.

(Aguero, 2004)

Capítulo III: Diseño metodológico

3.1 Diagnóstico

3.1.1 Visita de campo

Por medio de la autorización y acompañamiento de la alcaldía municipal de Jinotega y con el comité comunitario de desarrollo de la comunidad el Mancotal abajo, se realizó una visita de campo a la comunidad, con el fin de hacer un reconocimiento del lugar y de la fuente que se encuentra abasteciendo a dicha comunidad.

3.1.2 Delimitación del área de estudio

Se solicitaron los planos del sistema de abastecimiento de agua potable existente, para tener una ubicación más precisa de todos los elementos que componen el sistema ya que este estudio se enfocó únicamente en diagnosticar el estado del sistema existente en la comunidad.

3.1.3 Diagnóstico del sistema

Mediante la utilización de normativas como la NTON de agua potable, CAPRE y normas rurales para el diseño de sistemas de agua potable, se determinó el tipo de fuente utilizada de igual manera se realizaron aforos de la misma para determinar el caudal que ésta proporciona para verificar si este es lo suficientemente bueno para el abastecimiento de la población, se tomó una muestra de agua del punto de captación para obtener o realizar un análisis físico químico, bacteriológico y biológico de esta, por medio de los planos de la red existente se tomaron datos de presiones en puntos específicos del sistema de agua potable, esto se realizó por medio de la utilización de un manómetro que se colocó en los puntos específicos seleccionados del plano de la red, de igual manera se determinó la vejez de la tubería que compone el sistema, esto en el mismo momento en el que se tomaron los datos de presiones se vio la tubería para dar un estimado de su edad además de verificar el año en que esta fue instalada.

3.1.4 Analizar los datos obtenidos

3.1.4.1 Tipo de fuente

Según el tipo de fuente que se encuentra siendo utilizada ya sea esta una fuente superficial o subterránea, además con los estudios físico químicos de esta, se determinó si el tipo de tratamiento que se le está dando actualmente a estas aguas es

el adecuado según la Norma Técnica para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua NTON 09 003-99, desde la tabla 3.1 hasta la tabla 3.4 y finalmente con la tabla 5-1 de la presente norma.

3.1.4.2 Presiones en las tuberías

Por medio de la utilización del software EPANET, el plano original de la red y el caudal que proporciona la fuente, se realizó un análisis del sistema por medio de este software para obtener así, presiones en diversos puntos específicos de la red, esto con el fin de realizar la comparación entre las presiones existentes en el sistema y las obtenidas del software.

3.1.4.3 Clasificación del sistema

Se realizó una ficha técnica, en la cual se muestra un resumen de los datos obtenidos, dando a conocer el estado actual del sistema de agua potable de la comunidad Mancotal abajo, el estado de esta se ha determinado por medio de la comparación de los datos de campo con los que rigen las normas haciendo un mayor enfoque en la norma NTON, los datos y parámetros a comparar son los ya mencionados como, la calidad de agua de la fuente, presiones en las tuberías, caudal de la fuente, tratamiento del agua y el estado de la tubería.

Finalmente se clasificó el sistema en una tipología de proyecto de agua potable según (Ministerio de Desarrollo Social / Metodología Proyectos Agua Potable Rural) Chile, en: 1- Proyecto de instalación, 2- Proyecto de ampliación de la oferta, 3- Proyecto de mejoramiento y 4- Proyecto de reposición.

3.2 Topografía

3.2.1 Reconocimiento de datos de campo

Mediante la visita de campo se logró dar una idea de cómo es el croquis y el tipo de terreno de la comunidad, esto dio una idea de la posible extensión que puede tener el sistema de agua potable, por medio de la utilización de imágenes satelitales, fotografías aéreas, curvas de nivel, mapas cartográficos proporcionados por la alcaldía municipal, identificaremos la ruta para la línea de conducción, puntos donde se podría ubicar el taque de almacenamiento y las zonas más elevadas de la comunidad.

3.2.2 Levantamiento topográfico

a) Curvas de nivel

Por medio de las imágenes satelitales extraídas de Google Earth y la utilización del software Global Mapper se obtuvieron las curvas de nivel del terreno, las cuales fueron útiles para identificar las zonas más elevadas de la comunidad, determinar la ubicación del tanque de almacenamiento y la diferencia de elevaciones que existe entre la fuente y el tanque ya que esto determinaría si el proyecto se trabaja por gravedad o por bombeo.

b) Materiales y equipo

- Estación total
- GPS
- Cinta métrica
- Brújula

c) Línea de conducción

La línea de conducción siguió el trazado propuesto por las curvas de nivel de tal forma que fuese lo más directamente posible desde el punto de captación de la fuente hasta el tanque de almacenamiento.

Se estableció un BM con la utilización del GPS y se iniciaron a tomar los puntos con el equipo de la estación total, desde la fuente de abastecimiento hasta llegar al punto donde se establecerá el tanque de almacenamiento, debido al tipo de terreno y la distancia que existe entre la fuente y el tanque se establecieron más BM a lo largo de la línea.

d) Red de distribución

Mediante la utilización de los mapas catastrales proporcionados por la alcaldía municipal se identificaron las viviendas y lotes que iban a ser abastecidos en la localidad, una vez determinadas las viviendas, desde el punto del tanque de almacenamiento se inició con el trazo de la red de distribución, tomando puntos con el equipo de la estación total al centro de la vía y puntos específicos en donde existían tomas domiciliarias.

e) Procesamiento de datos

Una vez finalizado el levantamiento topográfico los datos obtenidos fueron procesados desde la memoria interna de la estación total a una PC, con el fin de trabajar estos puntos en un formato xlsx. (Excel) con sus respectivas leyendas.

f) Elaboración de planos

A través de los datos obtenidos en Excel se generaron los planos, estos datos fueron exportados al programa Civil3D en donde se trabajó en la realización de estos, se crearon los puntos en este software y se formaron las curvas de nivel, superficies de diseño, planimetría y altimetría del terreno.

3.3 Estudio de la demanda poblacional

3.3.1 Recopilación de la información

3.3.1.1 Encuestas

El objetivo y uso de la encuesta es para conocer la cantidad de habitantes que hacen uso del sistema de agua potable y del sector que se anexará en la comunidad de Mancotal abajo, por medio de las encuestas se conoció la calidad de vida de las personas recolectando datos como nivel socioeconómico, condiciones de la vivienda, saneamiento e higiene ambiental, enfermedades padecidas por cada casa, y en las viviendas que ya poseen servicio de agua potable se pretende conocer la calidad de agua y servicio que se les proporciona.

3.3.2 Cálculo poblacional

3.3.2.1 Aplicación del método geométrico para población futura

En la aplicación de este método se utilizaron variables como población del periodo de inicio del diseño, para esto se emplearon los datos proporcionados por las encuestas. El porcentaje de crecimiento poblacional por lo general varía entre 2.5% y 4% anualmente según el INAA.

Una vez obtenidos los datos se aplicó la fórmula $P_n = P_0(1 + r)^n$, para así conocer la población futura para los años de diseño del sistema.

3.3.3 Dotación

Según el INAA la dotación para zonas rurales en sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias se le asignó un caudal de 50 a 60 lppd.

3.3.4 Demanda y consumo

3.3.4.1 Normativas

Para el cálculo de la demanda según INAA se sumó el total de consumos según el tipo de usuario, más las pérdidas físicas.

En Mancotal abajo los usuarios serían los siguientes:

- Consumos domésticos: Se multiplico el número de usuarios por el consumo promedio diario.
- Consumos públicos: Consumo de agua para hospitales y escuelas; Actualmente la comunidad no cuenta con ninguna de las dos instituciones mencionadas, pero serán considerados en el diseño debido al crecimiento de la comunidad por la proyección del proyecto a 20 años. El porcentaje de consumo público según el INAA es del 7%.

El INAA especifica que las pérdidas físicas a considerar para Nicaragua no deben ser mayores al 20%. Una vez obtenidos todos los datos se realizó la suma para obtener la demanda.

3.4 Estudiar la fuente de abastecimiento mediante estudios hidrológicos

3.4.1 Definir la geomorfología de la cuenca

a) Recolección de datos sobre la cuenca

Para realizar la geomorfología se necesita información sobre la cuenca, la cual se obtendrá de programas como global mapper y google earth para obtener modelos digitales del terreno; Se hará uso de GPS para obtener las coordenadas del lugar realizando un recorrido por la cuenca. Una vez obtenidos los datos se procede a la definición del parteaguas, área de la cuenca y cauce principal por medio de AutoCAD.

b) Definir las características físicas de la cuenca

Para definir las características físicas de la cuenca se utilizarán los siguientes programas:

- Global mapper: Este programa brinda información como áreas y elevaciones.
- AutoCAD: Define perímetros, forma de la cuenca y longitud.
- Excel: Por medio de hojas de cálculo se obtendrán datos como pendientes promedio, perfil del cauce principal y curva hipsométrica.

3.4.2 Definir calidad de agua

Para analizar la calidad de agua se necesitan exámenes biológicos y microbiológicos de la fuente, una vez realizadas las pruebas correspondientes se procedió a analizar los exámenes comparando los resultados según la (CAPRE, 1993)

Tomando las tablas del documento del INAA desde la tabla 3-1 hasta la tabla 3-4. (Paginas 9-15).

3.5 Diseño de componentes hidráulicos del sistema

Para el diseño de este sistema se tomaron en cuenta los factores topográficos y demográficos de la comunidad de Mancotal abajo, estos estudios llevaron a tomar decisiones en cuanto al tipo de consumo del lugar, así como la clasificación del sistema. Es por eso por lo que se partió con el cálculo de caudal de diseño.

3.5.1 Cálculo de caudal de diseño

El caudal que circulará por la red está dado en base a la Normativa técnica obligatoria nicaragüense (NTON 09-001-99 Norma rural). Este resultó de los datos obtenidos de la proyección poblacional a 20 años según el capítulo 4.1 de dicha norma.

3.5.2 Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño que se establecieron se presentan en la siguiente tabla pagina 28, tabla 2. Parámetros de diseño

Tabla 2. Parámetros de diseño

N.º	Descripción	Unidad	Parámetro
1	Dotación (Domiciliar-publico)	lppd	60 – 40
2	Periodo de diseño	años	20
3	Pérdidas de agua	%	20%CPD
4	Variación de consumo	-	1.5 – 2.5
5	Diámetro mínimo	Pulgadas	1 ^{1/2} " – 2"
6	Cobertura de tubería	Metros	1 - 1.2
7	Presiones permisibles	m.c.a	5 – 50
8	Velocidades permisibles	m/s	0.4 – 2

Fuente: Elaboración propia en base a la NTON 09-001-99 (INAA, 1999) Cap. IV

3.5.3 Línea de conducción

Esta línea de conducción fue diseñada con un sistema por gravedad.

3.5.3.1 Al diseñar por gravedad

Siguiendo la normativa (INAA, 1999) se tomó el consumo de máximo día que es igual al consumo promedio diario por el factor 1.5.

$$CMD = 1.5CPD + \text{pérdidas Ec 3.1}$$

También se estipula que la presión mínima en puntos críticos debe ser de por lo menos 5 m, y permitiendo un máximo de 70 m esto dependió de la tubería usada.

3.5.3.2 Al diseñar por bombeo eléctrico

Se diseñó con el consumo de máximo día y se calculó de igual manera con la formula.

$$CMD = 1.5CPD + \text{pérdidas Ec 3.1}$$

A este consumo se le sumaron las pérdidas por fricción las cuales se calcularon con el método de Hazen & William.

$$H_f = \frac{10.675}{D^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * L \text{ Ec 3.2}$$

Donde

H_f: Pérdida de carga por fricción en metros.

Q: Caudal conducido en $\frac{m^3}{seg}$

C: Coeficiente de fricción, que depende de la rugosidad del material según el material.

L: longitud en metros.

D: Diámetro interno en metros.

3.5.4 Diámetro de tubería de conducción

Según el INAA dicho diámetro económico se calcula con la fórmula de Bresse.

$$D = K \times Q^{0.45} \text{ Ec 3.3}$$

Donde

D: Diámetro económico en metros

K: 0.9

Q: Caudal en $\frac{m^3}{seg}$

3.5.5 Diseño de sistema de tratamiento PTAP

El diseño del filtro dependió de los resultados de las pruebas físico químicas y bacteriológicas del agua, así como también de la aplicación de las (NORMAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA) (NTON 09 003-99), (GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS) y (POTABILIZACION DEL AGUA 3a Edición) estos tres documentos fueron necesario para correcta realización del sistema filtrante que se fuera a necesitar.

Los parámetros para la selección del filtro fueron los establecidos en los documentos ya antes mencionados, como en el capítulo IX de la norma NTON 09 003-99 donde establece la calidad que el agua debe tener para la aplicación de un tipo de filtro ya

sea este filtro rápido, filtro lento y algún tipo de prefiltros, en (Organización panamericana de la salud, 2005) se encuentra una tabla para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FiME.

Tabla 3. Modelo para selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FiME.

Coliformes fecales (UFC/100 ml)	Turbiedad (UTN)	<10	10 - 20	20 - 50	50 – 70*
	Color real (CR)	<20	20 - 30	30 - 40	30 – 40*
< 500		Sin FGA	$FGAC_{0.6}$	$FGAC_{0.45}$	$FGAC_{0.3}$
500 – 10000		$FGAC_{0.6}$	$FGAC_{0.6}$	$FGAC_{0.45}$	$FGAC_{0.3}$
10000 – 20000		$FGAC_{0.45}$	$FGAC_{0.45}$	$FGAC_{0.45}$	$FGAC_{0.3}$

Fuente: Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas

Una vez seleccionado el tipo de filtración se procedió a realizar su diseño, calculando el dimensionamiento de este y el número de unidades del mismo, así como también el drenaje a utilizar y más importante las pérdidas de carga de agua totales en el filtro, estas pérdidas se calcularon con la aplicación de fórmulas establecidas en el libro Potabilización del Agua 3a Edición de Jairo Alberto Romero Rojas. (Rojas, 1999)

3.5.6 Desinfección de agua

Se baso en la norma NTON de agua potable 09 003-99 capítulo X, en donde la presente norma indica la forma con la cual se debe realizar el correcto cálculo de la forma de desinfección del agua ya sea esta por hipoclorito de sodio (Líquido), hipoclorito de calcio (pastilla) o como cloro en gas.

3.5.6.1 Tipo de cloro a utilizar

El tipo de cloro a utilizar dependerá por completo de la capacidad requerida por la estación de cloración utilizando la siguiente ecuación.

$$Ca = \frac{(Q * C)}{1000} \text{ Ec. 3.4}$$

Donde

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

Q: Caudal de agua, máximo horario m³/día

C: Dosis de cloro a aplicar mg/l

La norma NTON de agua potable en general recomienda hipo cloración para capacidades menores de 1 kg/día

Tabla 4. Dosis de cloro aplicadas en plantas potabilizadoras

Compuesto de cloro	Dosis (ppm)
Cloro gas	1 – 16
Hipoclorito de sodio	0.2 – 2
Hipoclorito de calcio	0.5 – 5

Fuente: (CONAGUA, Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento.)

Según Conagua en su tomo 23 capítulo 4, pág. 45; El valor de la dosis estará dado según el método de desinfección a usar y su unidad de medida en partes por millón (ppm) que, en el análisis químico del agua equivale mg/l.

3.5.7 Red de distribución

La red existente en la comunidad de Mancotal abajo no abastece a toda la población requerida, debido a eso se realizó una ampliación de dicha red para anexar un nuevo sector. Según el resultado del diagnóstico a la red, se propusieron mejoras para su mejor funcionamiento y suficiente alcance a la población necesitada del agua potabilizada.

Esta red es abierta o de malla cerrada y se diseñó con el caudal máximo horario que se calcula multiplicando el consumo promedio diario por el factor 2.5. Según (INAA, 1999).

$$CMH = 2.5CPD + \text{pérdidas Ec 3.5}$$

3.5.7.1 Análisis con Epanet 2.0

Para un mejor análisis de la red de conducción y distribución actual y futura se trabajó de la mano con el software Epanet. Para ello se procedió como primer paso a configurar un nuevo trabajo en Epanet donde se modificaron:

- Unidades de medida para caudal diámetros, longitudes etc.
- Ecuación para utilizar en el cálculo de perdidas; Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning.

Luego de configurar los valores por defecto del proyecto en Epanet se ingresó la red (Abierta o cerrada), proveniente del diseño en el Programa AutoCAD. Se procedió a ingresar los valores calculados de diámetros y caudal de diseño. Se inició el análisis donde se obtuvieron las presiones y velocidades de la red.

3.5.8 Tanque de almacenamiento

El rediseño del tanque de almacenamiento está basado en resultados de la evaluación.

A como requiere el redimensionamiento se tomaron nuevamente los porcentajes de volumen establecidos por la Norma Técnica (NTON 09-001-99 Norma Rural) los cuales son:

- Volumen compensador: 15% del CPD
- Volumen de reserva: 20% del CPD

Fuente: (INAA, 1999) Cap. VIII.

Por lo tanto, el tanque diseñado consta del 35% del consumo promedio diario calculado. El tanque podrá ser construido de mampostería, hormigón armado o de acero.

3.5.9 Dimensionamiento

El dimensionamiento del tanque varía según el diseño, se tomó en cuenta los datos del tanque existente como la capacidad de almacenamiento del mismo y según el cálculo de consumo promedio diario actual se evaluó si necesitaba un rediseño completo o un anexo al tanque.

3.6 Costos del proyecto

Para definir la parte económica de esta obra sanitaria se programó el proyecto previamente ya que de esto depende la buena realización del presupuesto. En este aspecto se tomaron en cuenta los costos directos, costos indirectos, administrativos, de utilidad y de operación. Primeramente, se recurrió al catálogo de etapas y

subetapas otorgado por el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE) el cual estipula todas y cada una de las posibles etapas constructivas para este proyecto de agua potable. Una vez estudiado y evaluado el sistema existente y teniendo una hipótesis se seleccionaron solo las actividades necesarias a implementar en el proyecto.

3.6.1 Presupuesto

1. Para empezar a realizar el presupuesto se estudiaron los planos proporcionados. Dichos planos fueron trabajados en el programa AutoCAD.
2. Se solicitó el catálogo del FISE para cuantificar las etapas y subetapas y así llevar un control ordenado a seguir.
3. Según las actividades previstas se cuantificaron las cantidades de materiales a utilizar por etapa y se investigó el mercado de la zona de Jinotega para mayor facilidad de transporte, si se requiere se procedió a su obtención exterior al departamento.
4. Para el presupuesto los precios unitarios utilizados fueron actualizados y considerados en tiempos reales y por ello fue importante el factor tiempo en dicho análisis.

Para ello primeramente cotizamos los costos de materiales y de mano de obra, así como de equipos (maquinaria pesada, bombas etc.). Al presupuestar se evaluaron los tipos de costos, los cuales para este y la mayoría de los proyectos son:

- Costos directos: Se multiplico la cantidad de obra por actividad con su respectiva unidad de medida (m , m^2 , m^3 , o según sea el caso) por el costo unitario directo de cada actividad.
5. Al final del análisis de precios unitarios y al ordenar todos los tipos de costos se procedió a aplicarlos junto con los volúmenes de obra, para así obtener el presupuesto general el cual se realizó en el programa Excel.

3.7 Propuesta de programa de mantenimiento y operación del sistema

Es importante la operación y mantenimiento correcto de un sistema de agua potable ya que es el que mantiene con vida dicho sistema, de este depende el correcto funcionamiento de la aducción, almacenamiento y distribución.

Para ello se capacitó al personal adecuado, además de proveer de los suficientes recursos para brindar un mantenimiento constante ya sea este preventivo o correctivo.

Este programa de operación y mantenimiento se planeó, ejecutó y controló primeramente realizando un inventario técnico de todos los componentes a tratar de este sistema en donde se clasificó cada uno de ellos en grupos homogéneos.

Estos grupos obtenidos serán manejados por personal especializado en cada área. Y también cabe recalcar que en este proyecto se modificó según su tipo de funcionamiento (De gravedad o por Bombeo). El plan de operación del sistema varía en cuanto a trabajo y presupuesto según el funcionamiento aplicado.

Para llevar un programa ordenado y entendible se procedió a crear formatos o tablas de seguimiento que detallamos con las fechas, área o componente en cuestión, trabajo realizado etc., además del nombre y firma del operario que lleva a cabo la reparación, cambio o mantenimiento de rutina.

A continuación, se mencionará el componente o grupo de componentes y su debida operación y mantenimiento preventivo. Se tomaron como referencia el “Manual de administración, operación y mantenimiento de sistemas de agua potable y saneamiento” elaborado por la Mancomunidad de MANCUERNA, San Marcos, Guatemala; y el “Manual de operación y mantenimiento de sistemas de suministros de agua en el medio Rural” del INAA.

3.7.1 Sistema por gravedad

a) Captación

(MANCUERNA) Cap. 5.3 páginas 75 - 77, especifica su operación (puesta en marcha) y su mantenimiento cada mes y cada 6 meses.

(MANCUERNA) Cap. 3. Tabla 3.1.1.3.1 aborda el mantenimiento de manera diaria, semanal, mensual y semestral.

b) Línea de conducción

(MANCUERNA) Cap. 5.5 páginas 79-84, especifica su operación (puesta en marcha y desinfección de tubería) y su mantenimiento cada mes. De igual forma detalla el mantenimiento en las obras existentes (cajas rompe presión, válvulas).

c) Tanque de almacenamiento

(MANCUERNA) Cap. 5.6 páginas 86-95, especifica su operación (puesta en marcha) y su mantenimiento cada mes, cada 3 meses, cada 6 meses y cada año. Así mismo detalla la correcta operación y mantenimiento del hipoclorador. En el cap. 2.6.1 y la tabla 3.1.5.1. Detalla un sistema de desinfección diario, semanal y mensual.

d) Red de distribución

(MANCUERNA) Cap. 5.7 páginas 95 - 101, especifica su operación (puesta en marcha) y su mantenimiento cada mes. También especifica el mantenimiento de las obras existentes en dicha red (Válvulas, cajas rompe presión), así como el mantenimiento y cuidado de la conexión domiciliar.

(INAA, 1999) Cap. 3 tabla 3.1.4 aborda el mantenimiento de manera diaria, semanal y mensual.

3.7.2 Sistema por bombeo eléctrico

a) Estación de bombeo

(MANCUERNA) Cap.5.8 páginas 102 - 114, muestra el debido monitoreo, supervisión y precaución al momento de operar (puesta en servicio y paro del equipo) cada uno de los componentes de dicha estación como son; equipo de bombeo (bombas centrifugas, de turbina etc.) y paneles de control. Así mismo detalla el mantenimiento y operación (puesta en marcha y desinfección de tubería) de la línea de bombeo y las obras o accesorios que la complementan.

(INAA, 1999) Cap. 2.2.1.1 muestra la operación en la estación de bombeo.

b) Mantenimiento correctivo

(MANCUERNA) Cap. 5.9 páginas 114 - 122, especifica la inspección general del sistema y su mantenimiento correctivo mostrando indicaciones de reparación en caso de fallas en los componentes del sistema. (INAA, 1999) En su Cap. 3.2 referencia dicho mantenimiento correctivo.

Capítulo IV: Resultados y análisis

4.1 Diagnóstico del sistema existente

Mancotal abajo es una comunidad que se encuentra aproximadamente a 1 hora viajando en vehículo desde el centro de la ciudad de Jinotega, la mayor parte del trayecto es terreno natural, la topografía de esta comunidad es bastante irregular, presentando variaciones de alturas significativas.

4.1.1 Delimitación

El sistema de agua potable de la comunidad Mancotal abajo cubre un área de 260.96 Km² y con una longitud de tubería total de 7.2 km.

4.1.2 Captación

Es una fuente que se capta en la superficie la cual se forma de un afloramiento de agua (manantial) y su captación es por medio de una mini presa de concreto ciclópeo formando un estanque que capta 1.406 m³ de agua aproximadamente, en la actualidad esta no presenta ningún tipo de filtración por lo cual acumula sedimentos en la obra. La fuente proporciona un caudal de 1.692 l/s en época de verano.

Según norma, la fuente de abastecimiento se clasifica como manantial, su caudal tiene una variación mínima con respecto a su temporada seca y además es lo suficientemente bueno para abastecer a la población que cubre el sistema ya que su caudal crítico de (1.692 l/s) es mayor al consumo máximo diario (1.219 l/s) de la población futura.

4.1.3 Línea de conducción

La línea de conducción presenta problemáticas en su funcionamiento dado que desde el punto de toma la tubería es de 2" y cambia bruscamente en su recorrido, es decir que esta tubería no va en sentido al flujo de la fuente por la utilización de codos a 90° y en menos de 100 metros de recorrido sufre una reducción a 1 ½", luego otra reducción a 1 ¼" que es el diámetro final de entrada al tanque. A lo largo del recorrido la tubería se desarrolla por tramos superficiales y bajo tierra con tubería de PVC en ambos casos la cual ha sufrido de muchos daños por la intemperie o daños provocados por la misma población, la reparación de estos genera muchas más pérdidas en la

línea. Una de las casas que forma parte del sistema se abastece directamente de esta línea.

Presenta 2 válvulas de aire artesanales, elaboradas con tubería PVC SDR 26 de ½” con un tapón lizo PVC del mismo diámetro, con un agujero en la parte superior que no realizan un buen funcionamiento, además se forman columpios que acumulan sedimentos a lo largo de la línea debido a la topografía del terreno.

Según la norma NTON la capacidad de esta línea es deficiente ya que no puede transportar el gasto máximo/día que se necesita en la comunidad, conociendo que en el punto de toma de la fuente su caudal crítico es de 1.692 l/s y el caudal de entrada en el tanque es tan solo 0.558 l/s generando pérdidas de un 67% del caudal total, viéndose así afectada la red de distribución la cual solo puede estar en funcionamiento por una hora hasta vaciar el tanque, este se llena en 12 horas nuevamente, a largo de la línea presenta formaciones de columpios donde acumula sedimentos y no posee válvulas de limpieza en estos puntos a como lo indica la presente norma además de no cumplir con el diámetro mínimo de 2”.

4.1.4 Tanque de almacenamiento

El depósito está elaborado de mampostería reforzada de ladrillo sobre suelo, tiene dimensiones externas de 3.85 m x 3.85 m e internas de 3.40 m x 3.40 m con una profundidad de 1.98 m, almacenando 22.89 m³ de agua hasta su rebose. Su estación de control no presta las debidas condiciones ya que su cerca perimetral es de baja calidad y no hay vigilancia continua. La válvula de pase para la red de distribución es de 3” y es de hierro fundido con flanches empernado.

Se encuentra ubicado en una de las zonas más altas de la comunidad, aunque una de las casas que forma parte del sistema se abastece mediante un puesto de agua.

Este tanque fue diseñado para un volumen de 20 m³ sobrepasando con un 5% los requerimientos de la norma que establece que la capacidad del tanque será de un 35% del consumo promedio diario (CPD), es decir que este se diseñó con un 40% del consumo promedio diario además de establecer una dotación de litros por persona diario (LPPD) de 75 LPPD cuando la norma establece que para este tipo de proyectos se trabajara con 60 LPPD.

Al ser elaborado de mampostería sobre suelo, la norma indica que este no debe sobrepasar una altura de 2.5 m el cual cumple con este requerimiento.

Este tanque elaborado sobre suelo evaluado según norma presenta las siguientes características:

- a) Las tuberías de entrada y salida están separadas y se encuentran en lados opuestos de este.
- b) No posee un paso directo conectado tipo puente, para mantener el servicio de agua cuando a este se le está haciendo un lavado o reparación del mismo.
- c) La tubería de rebose no descarga sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.
- d) No posee válvulas de compuerta en todas sus tuberías, únicamente en la tubería de salida, las demás poseen llaves de pase PVC de 1 ¼”.
- e) No tiene escalera para su acceso ni indicador de niveles, en cambio sí tiene respiradero y acceso con su tapadera.
- f) Este tiene una altura menor a los 3 m máximos que permite la norma, pero no posee los 0.5 m de borde libre que establece la misma, se encuentra cubierto por una losa de concreto.

4.1.5 Tratamiento

Según los resultados de los laboratorios por la realización de las pruebas físico químicas y bacteriológicas del agua, se dio por entendido que el tratamiento que está recibiendo esta agua no es adecuado para considerar que esta sea saludable para el consumo humano ya que a través de la revisión con las tablas 3.1 hasta la 3.4 y la tabla 5.1 de la norma NTON de agua potable se pudo observar en que parámetros se estaban cumpliendo los requerimientos de la norma y en cuales no, tales parámetros se tocaron más a fondo en los resultados del objetivo “Estudiar la fuente de abastecimiento mediante estudios hidrológicos”.

El único tratamiento al cual se encuentra sometida el agua, es la desinfección en la entrada del tanque y se realiza por medio de una pastilla de cloro la cual es aplicada semanalmente.

Se tomaron muestras de agua en distintos puntos de la red de distribución en las casas más altas, alejadas y bajas que cubre el sistema, las cuales fueron utilizadas para hacer pruebas rápidas de la cantidad de cloro que posee y el pH con el cual esta agua está llegando a las casas beneficiadas, dando como resultado que todas las muestras carecían de la presencia de cloro, pero encontrándose en un rango ideal de 7.2 y 7.6 en el pH como se muestran a continuación

Muestras de agua, análisis de pH y CL realizadas en campo

Foto 1- Zona baja

Foto 2 - Zona alejada

Foto 3 - Zona alta



Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Red de distribución

Los planos y datos proporcionados por (AVODEC, 2019) de la red de distribución ya existente carecían de información necesaria para el desarrollo de este trabajo, en su mayor parte fueron utilizados para identificar la ubicación de la tubería, accesorios que componen el sistema y diámetros de tuberías, por tanto, no fue posible obtener datos de presiones en las tuberías utilizando el programa de EPANET, de igual manera si se tomaron presiones en la red en distintos puntos del sistema, esta red solo presentaba 8 válvulas de pase de diámetro variable en toda su extensión las cuales no reciben ningún tipo de mantenimiento y ninguna de estas se utiliza para limpieza de la red, posee diámetros de tubería de 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1 ¼", 1" y en algunos casos ½".

En los puntos más altos y alejados del sistema las presiones fueron casi imperceptibles por el manómetro dado que el agua llegaba por momentos y de forma discontinua es decir no existe un flujo constante que permitiera obtener presiones, en cambio en el

punto más bajo del sistema fue donde se encontró la mayor presión siendo esta de 40 psi, esto es causado ya que en este punto de la red es donde se conglomeran la mayor cantidad de agua cuando el tanque deja de abastecer, el cual solo proporciona agua durante una hora antes de vaciarse.

Con lo que respecta a las tomas domiciliarias en cada punto de esta red, no existe la presencia de medidores para controlar los gastos de agua generados por la población.

Según norma NTON

- a) Se diseñó con el caudal máximo horario que resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario más pérdidas según la norma.
- b) Este sistema es una combinación de red abierta y malla cerrada lo cual es permitido.
- c) La red no cuenta con válvulas de limpieza y accesorios para el buen funcionamiento de esta.
- d) Presenta incumplimiento en los diámetros mínimos que esta permite en redes de distribución, la cual establece que el diámetro mínimo de tubería será de 2" y algunas excepciones se podrá utilizar 1 ½".

4.1.7 Recreación y evaluación del sistema existente

Se realizó una recreación del sistema de agua existente por medio de una nueva topografía la cual siguió el trazado de tubería que cubría todo el sistema a como fueron instaladas en el año 2011, esto con la finalidad de obtener un análisis más objetivo del estado del sistema.

Se realizó un análisis con los datos de funcionamiento del año en el que fue elaborado y uno con las condiciones actuales, es decir que se trabajó el mismo recorrido y diámetros de tubería afectando nada más que los caudales de diseño, en el año 2011 existía un caudal de 0.89 l/s y actualmente es de 1.692 l/s, la rugosidad de las tuberías de igual manera se trabajaron con distintos datos ya que en la actualidad esta se encuentra deteriorada y la norma (NTON, 2000) establece que para tuberías inciertas, la rugosidad es de 130 y no 150, para calcular las pérdidas del sistema y para los distintos diámetros internos de tuberías PVC se trabajó con SDR 26 160 Psi (ASTM D-

2241) para las tuberías de 2", 1 ½" y 1 ¼" con longitudes de 102 m de 2", 60 m de 1 ½" y 953 m de 1 ¼" en línea de conducción.

Se procedió a realizar el diseño mediante la utilización del programa civil 3D para así formar la trayectoria de las tuberías con sus respectivas elevaciones en cada uno de sus puntos, este fue el diseño que se trasladó a el software EPANET para poder hacer el análisis de presiones y velocidades de flujo en las tuberías. (Rediseño de civil 3D en anexos planos lamina 4)

Este análisis se dividió en dos tramos, línea de conducción por una parte y red de distribución por otra.

4.1.8 Línea de conducción

Esta línea se trabajó de forma independiente a la manera en la que se elaboró la red de distribución ya que esta no fue solo evaluada en el software EPANET sino también por medio de tablas de cálculo, para estas tablas se trabajó únicamente en civil 3D y Excel, el programa Excel ayudó a calcular las pérdidas de carga totales que existían en la línea por longitud y diámetro de tubería utilizando Hazen-Williams para estas pérdidas, en el programa civil 3D se generó un perfil de terreno desde la fuente de abastecimiento hasta el tanque de almacenamiento siguiendo la trayectoria de la línea horizontal, esto con la finalidad de generar una línea piezométrica al perfil del terreno, la cual fue dada por las pérdidas ya antes calculadas, esto sirvió para comparar que la diferencia de elevación entre el tanque y la fuente fuese mayor que el total de pérdidas acumuladas en la línea ya que esto define como y en qué cantidad llega el agua al tanque.

4.1.9 Análisis con datos de caudal y rugosidad de tubería del año 2011

En este caso se realizó el análisis como en el momento que fue diseñada esta línea, con un caudal de 0.89 l/s y una rugosidad de tubería de 150 para calcular las pérdidas totales de carga, dando como resultado que la pérdidas totales son de 16.65 m (ver tabla 1 en anexos página VIII) y la diferencia de elevación entre el tanque y la fuente es de 17.65 m es decir que solo existía una diferencia de elevación 0.9988 m, de los

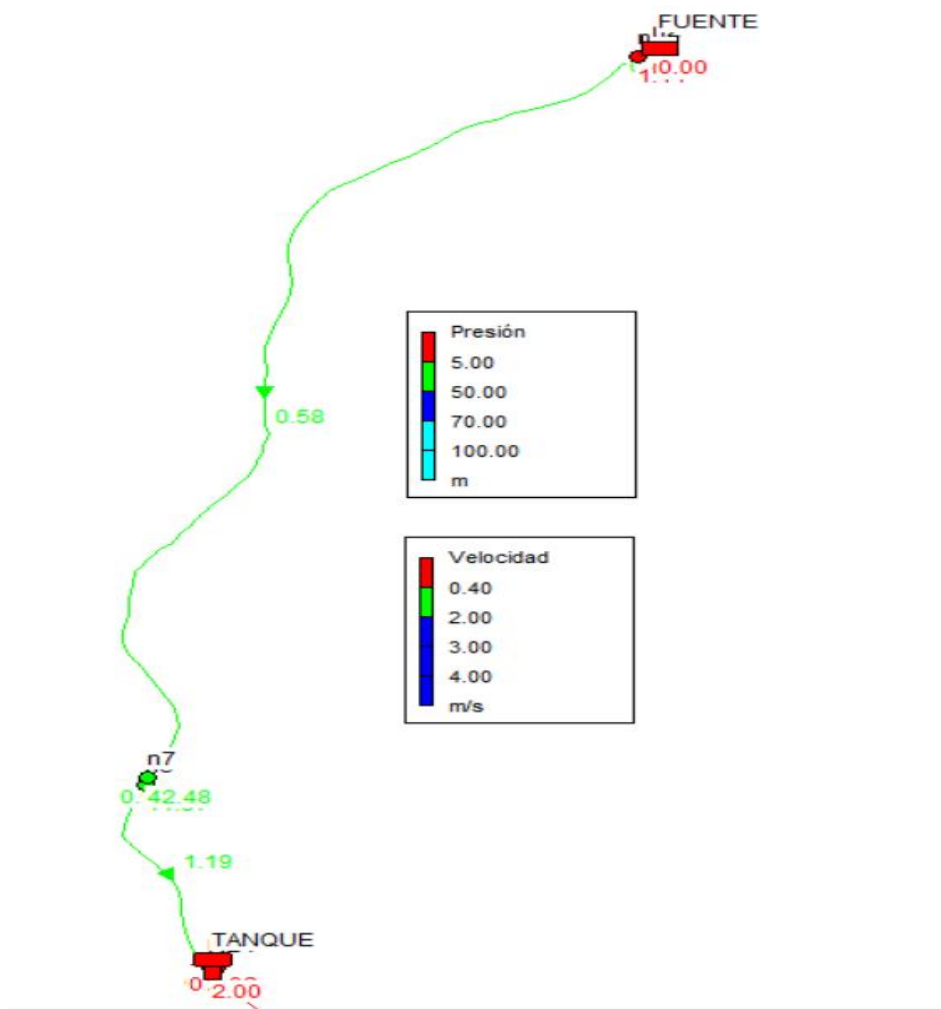
cuales la norma (NTON, 2000) establece que deben existir al menos 5 m de diferencia de carga a partir de la línea piezométrica en los puntos críticos de la línea.

4.1.10 Análisis con datos de caudal y rugosidad de tubería en la actualidad

Se trabajó con el nuevo caudal obtenido que fue de 1.692 l/s y con una rugosidad en las tuberías de 130 al ser inciertas, se calcularon las pérdidas totales de la línea las cuales fueron de 72.07 m viéndose de esta forma que existe una pérdida de carga muy por encima de la elevación útil de 17.65 m, con una diferencia de 54.42 m entre estas, esto causa que el caudal de entrada a la línea sea muy diferente al de entrada al tanque de apenas 0.558 l/s. (Ver tabla 2. Pérdidas de carga en anexos página VIII)

4.1.11 Análisis en el software Epanet con datos del año 2011

Imagen 1. Presiones y velocidades en línea de conducción

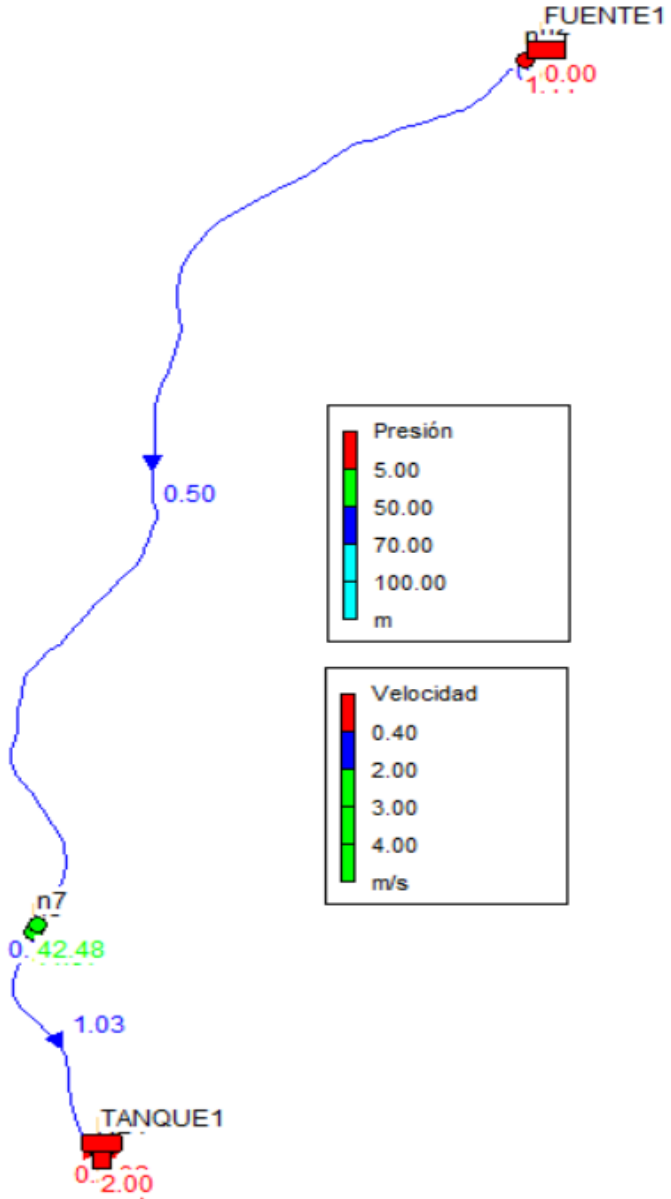


Fuente: Elaboración propia en base a diseño de AVODEC 2011

En la imagen 1 de la página 42 se ven las velocidades de flujo y presiones en la línea de conducción a como fue diseñada en el año 2011, de la cual se puede apreciar que las velocidades se encontraban en un rango aceptable según la norma rural de agua potable e igual las presiones en los nodos.

4.1.12 Análisis en el software Epanet con datos del año 2019

Imagen 2. Presiones y velocidades en línea de conducción



Fuente: Elaboración propia en base a diseño de AVODEC 2011

En la imagen 2 de la página 43 se aprecia cómo han cambiado las presiones y velocidades en la línea de conducción con respecto a su año de diseño.

Según el software EPANET esta línea no presenta un mal funcionamiento, pero al observar las pérdidas de carga que esta genere aplicando Hazen – Williams (ver tabla 2. Pérdida de carga por fricción en anexos página VIII) esta no tiene un buen funcionamiento en lo absoluto, ya que desde su diseño se encontraba incumpliendo la norma NTON de agua potable al no cumplir con la diferencia de carga mínima de 5 m que esta establece, se vio que en la actualidad su funcionamiento empeoro demasiado con unas pérdidas muy por encima de las que permite la norma ya antes mencionada, siendo esto fácil de entender ya que el caudal actual es mayor al caudal con el que fue diseñada la línea, además presenta diámetros muy pequeños a lo largo de esta lo cual aumenta las pérdidas en exceso, eso sin contar la cantidad de reparaciones que se le han hecho a la línea hasta la fecha.

4.1.13 Red de distribución

Esta red se trabajó con los programas de civil 3D y el software EPANET, el programa de civil 3D a como ya se mencionó anteriormente se utilizó para dar el trazado de las tuberías, con el software EPANET se realizó el análisis correspondiente a las presiones y velocidades existentes en la red, trabajando con su caudal máximo horario (CMH) los cuales son de 1.47 l/s en el momento de su diseño y 2.25 l/s en la actualidad, tuberías y rugosidades del año en el que fue diseñado para conocer cómo era su funcionamiento en ese momento y como es en la actualidad.

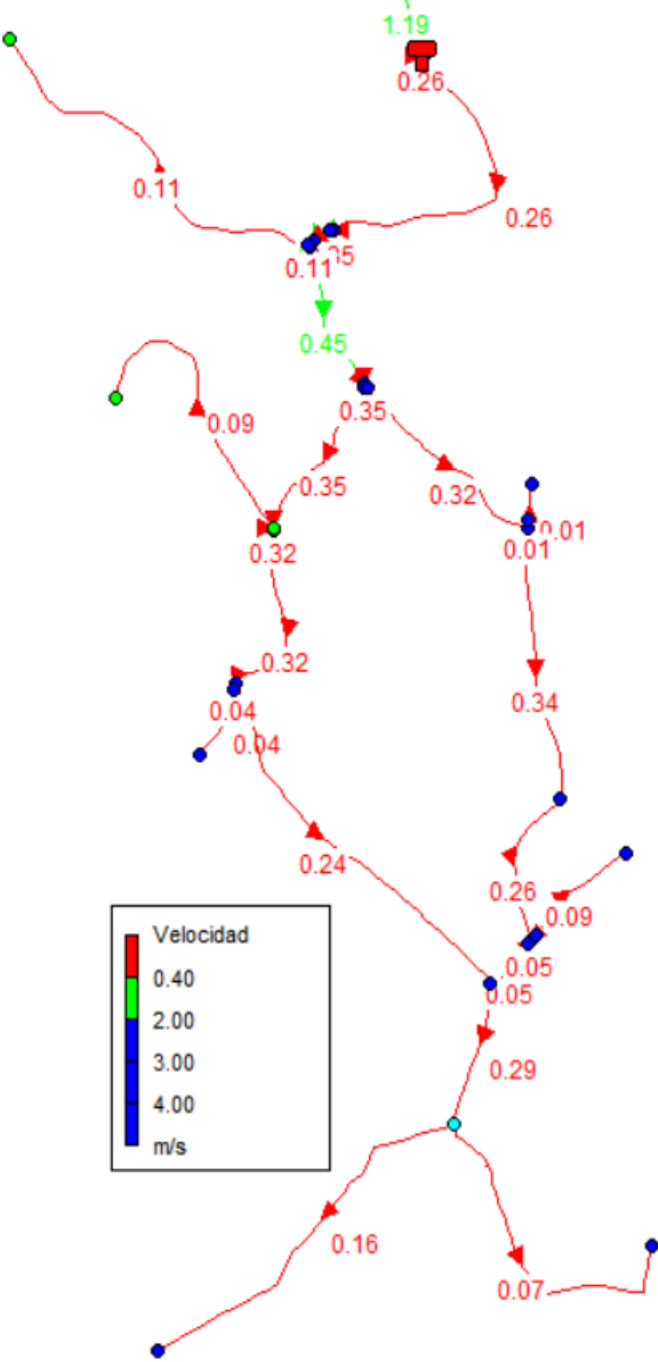
Para realizar este análisis se tomaron en cuenta todos los diámetros de tuberías extraídos del diseño original el cual fue proporcionado por la organización AVODEC, presentando a lo largo de esta red una gran variación de diámetros los cuales fueron de 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1 ¼", 1" y en algunos casos ½" además de 8 válvulas de pase.

4.1.14 Análisis con datos de caudal máximo horario y rugosidades de tubería del año 2011

Al realizar este análisis se obtuvieron demasiados errores en el diseño ya que las velocidades en tuberías fueron demasiado bajas en comparación a como lo establece

la norma, las cueles deben estar entre 0.4 m/s y 2 m/s, en la mayoría de los casos estaba por debajo de estos a como se puede ver en la siguiente imagen.

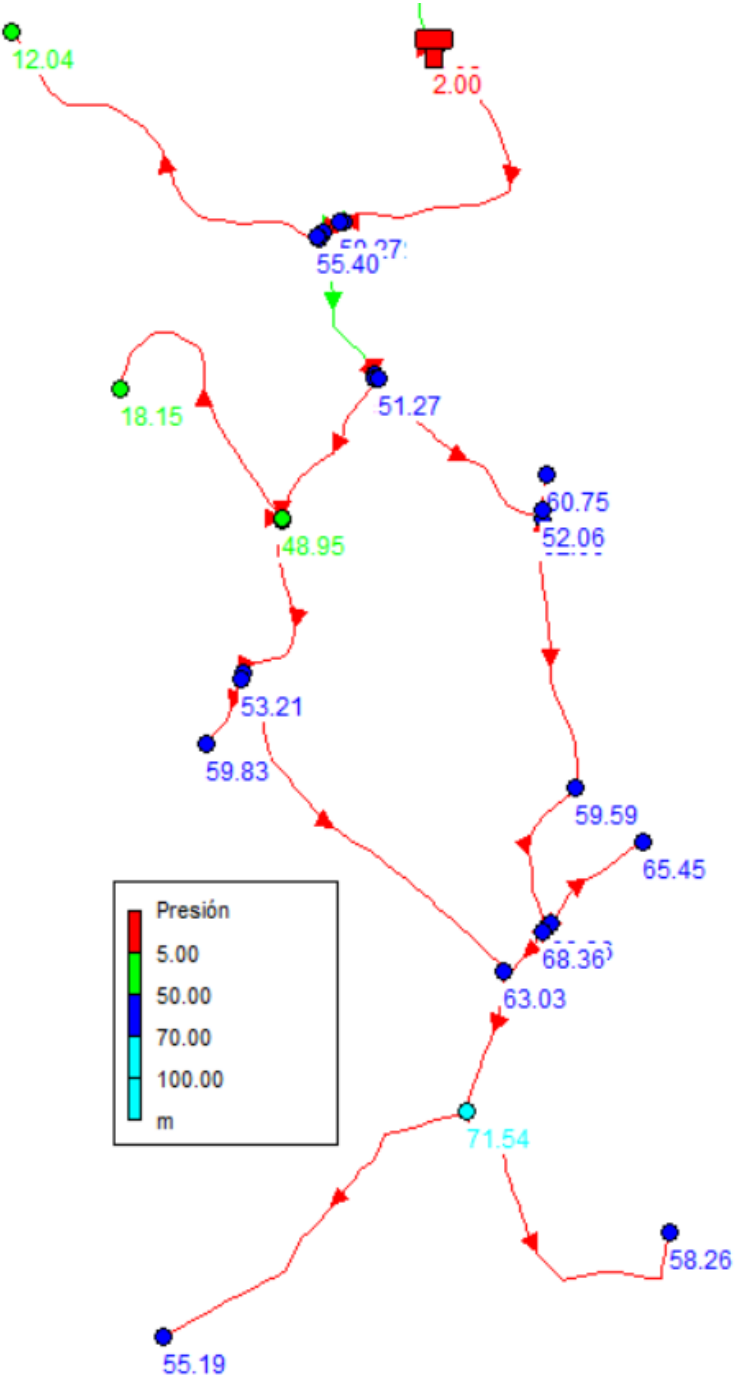
Imagen 3. Velocidad de flujo en red de distribución año 2011



Fuente: Elaboración propia en base a diseño de AVODEC 2011

Apreciando en la imagen 3 pagina 45 que las velocidades en toda la red del sistema excepto en un tramo se encontraban por debajo de la norma incluso en el momento en el que fue diseñada.

Imagen 4. Presiones en red de distribución año 2011



Fuente: Elaboración propia en base a diseño de AVODEC 2011

Con respecto a las presiones en los distintos puntos de la red se encontraban entre el rango que establece la norma rural el cual es de 5 m – 50 m, siendo una de las mayores presiones o sobre presión de 71.54 m la cual se encuentra por encima de lo establecido por la norma por tanto causaría que la tubería en ese tramo explotara al no resistir la misma, al realizar una comparación de las presiones tomadas en campo y las ahora calculadas se encontró una diferencia significativa en los distintos puntos, en los puntos más alejados del sistema según el software las presiones serian de 55.19 m las cueles en campo solo alcanzaban los 6.33 m, en los puntos más altos según software son de 12.04 m y en campo de tan solo 2.81 m, en los puntos más bajos donde se encontraron las mayores presiones en campo fueron de 28.13 m y en el software fueron de 63.03 m.

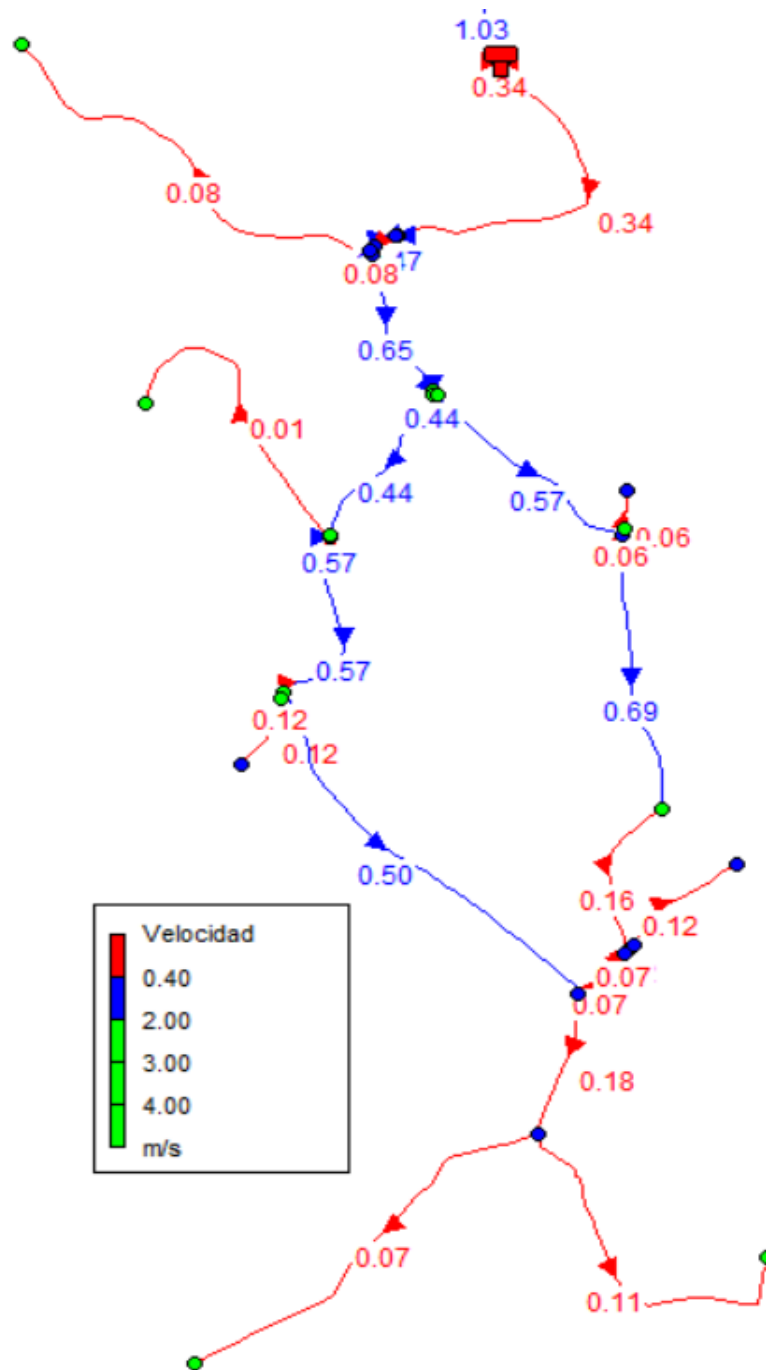
Todos estos datos con respecto a las presiones con esa variación entre ellas resultaron entendibles ya que los datos de presiones tomados en campo son en la actualidad 9 años después de su diseño original, es decir que el sistema ya se encuentra desgastado por tanto es normal que las presiones no coincidan.

4.1.15 Análisis con datos de caudal máximo horario y rugosidades de tubería en la actualidad

Con los datos actuales el funcionamiento de esta red empeoro ya que presentaba un mayor caudal máximo horario que con el que fue diseñado y condiciones desfavorables en la rugosidad de las tuberías, eso genero aún mayores pérdidas y las presiones disminuyeron por este motivo, al contrario de tener un mayor caudal las velocidades aumentaron en ciertos puntos de la red (ver imágenes 5 y 6 páginas 48 y 49) debido a la relación de menor presión mayor velocidad, pero aún en algunos tramos estaban por debajo de la norma, las velocidades en los trayectos de tubería como por ejemplo en la zonas más alejadas seguían por debajo de esta en su lugar las presiones seguían estando en un muy buen rango según la misma ya que estas fueron de 54.20 m en algunos puntos de esta zona, los lugares más altos presentaban velocidades de 0.01 m/s aún por debajo de la norma y sus presiones fueron de 11.32 m notando una reducción al diseño original, la zona más baja de la comunidad continua teniendo los datos más funcionales con velocidades de 0.50 m/s predominantemente

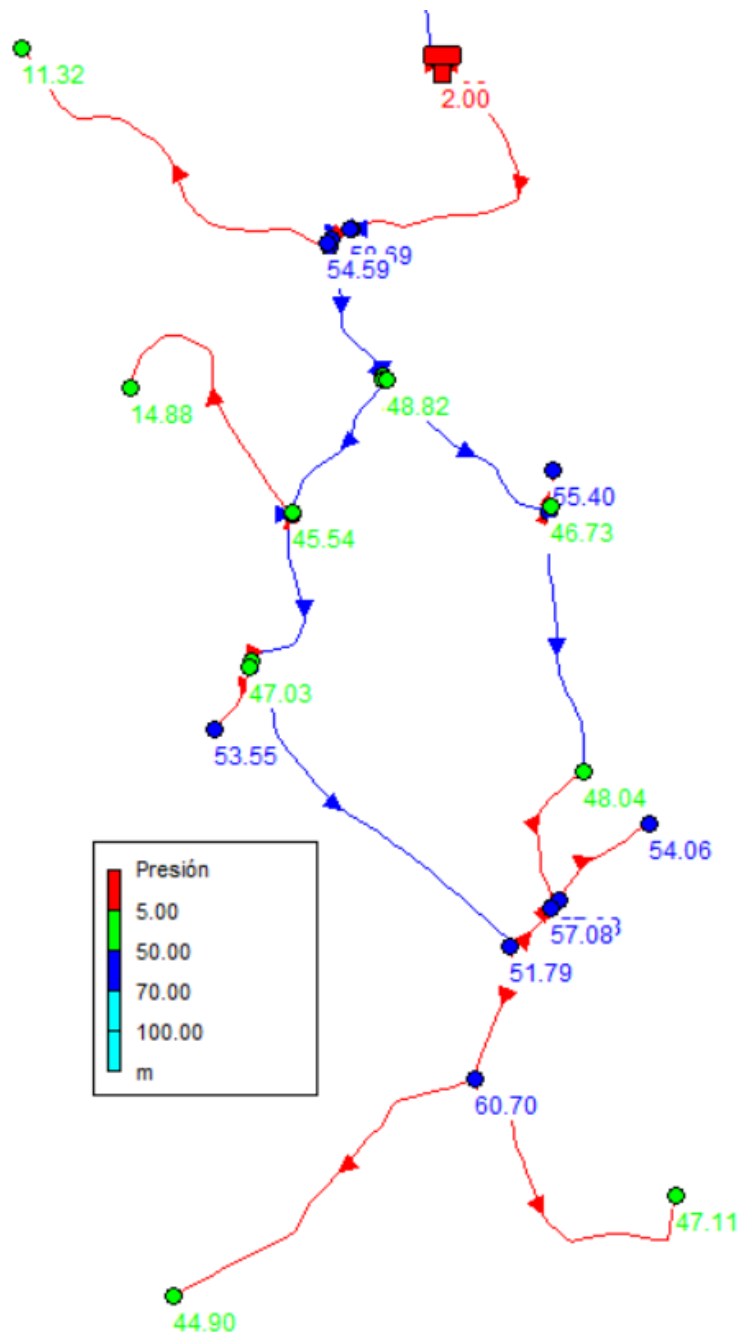
y unas presiones de 51.79 m, si se puede notar con lo antes mencionado estas presiones en el software aún estaban muy por encima de las presiones que fueron tomadas en campo por tanto la red no está funcionando a cómo debería.

Imagen 5. Velocidades en red de distribución año 2019



Fuente: Elaboración propia en base a diseño de AVODEC 2011

Imagen 6. Presiones en tuberías red de distribución año 2019



Fuente: Elaboración propia en base a diseño de AVODEC 2011

Finalmente se observó que, aunque el caudal suministrado a aumentado de manera significativa con respecto al que fue diseñado, este no ayudo a mejorar el funcionamiento de esta red, los valores que fueron afectados solo aumentaban o descendían sin generar un gran cambio visible, es entonces donde se propone rehacer un diseño de

esta red aprovechando lo mayormente posible de la ya existente, hasta el punto donde esta muestre que puede dar un mejor funcionamiento.

4.1.16 Evaluaciones finales

Fuente de abastecimiento: Aún puede estar en funcionamiento para abastecer a esta población y la futura.

Captación: Esta podrá seguir en funcionamiento, mejorando la obra de toma.

Línea de conducción: No funciona en lo absoluto se diseñará por completo nuevamente.

Tanque de almacenamiento: Se encuentra en buen estado, se le deberá de realizar mejoras y una ampliación o depósito extra.

Red de distribución: Presenta muchas problemáticas en funcionamiento se le deberán realizar muchos cambios en su diseño.

Finalmente se clasificó el sistema en una tipología de proyecto de agua potable según (Ministerio de Desarrollo Social / Metodología Proyectos Agua Potable Rural) Chile, en: Proyecto de mejoramiento.

4.2 Topografía

Analizar la topografía realizada por AVODEC no resultó viable, ya que en su año esta fue realizada con equipos de poca precisión como para establecer perfiles y trazos de tuberías, teniendo un total de apenas 243 puntos, por tanto, los siguientes datos topográficos fueron realizados en el presente año con un mejor equipo y mayor precisión de estos, sumando un total de 772 puntos.

4.2.1 Reconocimiento de datos de campo

Al realizar la visita de campo se obtuvo una idea más general del terreno y lugares donde pasaban las líneas de tuberías que componen el sistema existente, siendo este un terreno muy irregular a lo largo de todo el sistema.

La alcaldía municipal del departamento de Jinotega no contaba con los documentos que se le fueron solicitados como lo son mapas cartográficos de la comunidad,

imágenes aéreas y planos catastrales, es decir no existe un registro de esta comunidad en el área de catastro de la alcaldía municipal.

4.2.2 Levantamiento topográfico

4.2.2.1 Curvas de nivel

Se utilizó el programa de Google Earth para realizar un recorte del terreno a través de una poligonal generada en el programa, esto para ingresarlo al software global mapper para así generar las curvas de nivel del terreno cabe mencionar que este tipo de curvas no son del todo exactas así que proporcionan valores aproximados a los reales que se obtendrían con el levantamiento topográfico.

A través de la revisión de estas curvas se determinó que el sistema poseía la suficiente diferencia de elevaciones entre la fuente y el tanque de almacenamiento para trabajar por gravedad, la ubicación de este tanque es la idónea para el funcionamiento del sistema. (Imágenes del software en Anexos, Imagen 2.3 Pág.IX)

4.2.2.2 Levantamiento

Este levantamiento se realizó con la utilización de una estación total marca Leica TS09 plus, GPS garmin 64s, libreta de apuntes, demás materiales y herramientas de apoyo.

4.2.2.3 Línea de conducción

Se establecieron los BM principales cerca de la fuente para el estacionamiento inicial, se procedió a tomar puntos a lo largo y ancho de la captación así como también la profundidad de columna de agua que se forma por el muro de captación para así dimensionar la cantidad de agua que este recoge, una vez terminado esto se procuró seguir el trazado de la línea existente hasta el tanque de almacenamiento, a lo largo de este tramo se establecieron 32 PC estacionándose 17 veces cubriendo una longitud de 1115 m.

4.2.2.4 Red de distribución

Debido a la falta de documentos que se le fueron solicitados a la alcaldía municipal, el trazo de esta red se realizó por medio del acompañamiento de personas de la comunidad como el jefe de la directiva del agua de esta misma, obteniendo así información sobre las casas que estaban siendo abastecidas y la ubicación del trazo

de la tubería existente en la comunidad, la cual se utilizó para tomar los puntos topográficos siguiendo esta tubería hasta completar la red en su totalidad.

4.2.3 Procesamiento de datos

Se extrajo de la memoria de la estación un total de 772 puntos los cuales se transfirieron a un formato en Excel para luego trabajar con ellos en el programa civil 3D, así se generaron curvas y superficies del terreno. (Imágenes y Plano de curvas de nivel y superficie en anexos, Imagen 2.4 y 2.5 Pag. X, Plano-Hoja 3 y 4)

4.3 Estudio de la demanda poblacional

4.3.1 Encuestas

Se realizaron 87 encuestas que hacen un total de 125 familias, tomando en cuenta que a veces en una misma casa viven más de tres familias, pero se dividían en cuartos apartes en los patios y recurren a una sola toma de agua domiciliar por tanto existe la diferencia de encuestas y familias. (Formato de encuestas en anexos página XVIII a la página XXII)

Se obtuvieron los siguientes resultados

La población total es de 453 personas, se tomó en cuenta a la población que ya tiene el servicio de agua potable, así como casas que no cuentan con este, de esta población 238 son varones y 215 son mujeres, la mayor parte de estas personas se encuentran entre las edades de 16 a 25 años con un porcentaje del 24% de la población total.

Escolaridad: El 42% de la población solo tiene estudios de primaria, siendo este el mayor índice escolar, 19% secundaria, 11% ninguna y el 2% universitaria.

Ocupación: La actividad que más se dedica la población es a la agricultura en su mayor parte café y maíz con un índice del 26%, el 24% se dedica a estudios y amas de casa con un 23%.

Condiciones de la vivienda: El 97% posee casas propias y el 3% prestadas, el 89% de las casas están hechas de madera, en resumen, el estado en condiciones de viviendas se encuentra el 43% en mal estado, el 43% regular y el 14% en buen estado según criterios de evaluación.

Situaciones económicas de las familias: El 36% de la población trabaja, el 33% trabaja dentro de la comunidad y el 3% fuera. Los ingresos mensuales de la mayor parte de las familias oscilan entre los 3000 y 4500 córdobas.

Saneariamiento e higiene ambiental de la vivienda: El 71% de la población hacen uso de letrinas y el 29% hacen uso de la letrina del vecino o van al campo. Las aguas servidas en su mayoría van a zanjas de drenaje con un 52%, el 25% las dejan correr, el 8% la riegan y el 7% posee un filtro de absorción. Con respecto a la basura el 51% de las viviendas la quema y el 20% la entierra.

Servicios y recursos de agua: El 85% de la comunidad ya poseen el servicio, y el 15% no tienen que es el nuevo sector de viviendas que se anexara, según la población la calidad de agua que consumen el 63% la clasifican como buena, el 25% como regular y el 2% como de mala calidad; Con respecto a las condiciones de agua el 15% de los encuestados detallan que le sienten mal olor, mal sabor o mal color, el 85% no notan nada raro.

Situación de salud en la vivienda: La enfermedad más común en la comunidad son los resfriados en un 66%, la tos con un 59%, diarrea con un 11%, infección renal 2%, dérmicas 2% y 2% otro tipo de enfermedades. (Gráficos de los parámetros mencionados, en anexos de la Pag.XI – Pag.XIV)

Como resultado de las encuestas obtenidas y según (Huembes, 2019) la comunidad de Mancotal Abajo en su evaluación financiera no puede afrontar por sí sola el financiamiento para la realización de este proyecto, para remunerar el capital invertido de la empresa o agencia que ejecute la obra al considerarse una población extremadamente pobre por tener ingresos de C\$ 10,800 anuales por persona aproximadamente, en la mayoría de las viviendas las familias dependen de los ingresos de una sola persona por lo general los jefes de casa en su mayoría varones y las mujeres se encargan de las labores domésticas. Las casas donde su ingreso mensual es mayor de los C\$ 4500 se debe al nivel de escolaridad que estas tienen y al trabajar más de una persona en la familia.

Desde el punto de vista económica-social mejora la calidad de vida de sus habitantes en la producción de alimentos dado que en Mancotal la mayoría de las personas se

dedican a la agricultura, ayuda en las labores domésticas, reducen las enfermedades de origen hídrico, aumenta la nutrición e incrementa el valor de las viviendas, mejora la autoestima brindando mayor comodidad para el aseo personal y brinda comodidad para la realizar las necesidades fisiológicas.

Para la tarifa mensual que se puede pagar por el servicio de agua potable (Huembes, 2019) determina de manera general que en las familias Nicaragüenses en el área rural el promedio de agua consumida por vivienda es de $10 m^3$ cada m^3 tiene un costo de C\$7.50 por lo tanto la tarifa que se tiene que pagar por vivienda es de al menos C\$75.

4.3.2 Cálculo de población futura

Se utilizaron censos del año 2011 elaborado por AVODEC al momento de diseñar el proyecto para la comunidad de Mancotal abajo con un total de 324 habitantes y 60 viviendas, censos del año 2019 con un total de 453 habitantes y 87 viviendas, elaborado a través de las encuestas realizadas.

Por medio del método geométrico se consideró como año base el 2020, con 20 años de periodo de diseño.

$$r = \left(\frac{pf}{pi}\right)^{1/n} - 1 \quad r = \left(\frac{453}{324}\right)^{1/8} - 1 = 4.28\%$$

se encontró una tasa de crecimiento poblacional del 4.28% y se tomó como el 4% como lo especifican las normas del INAA, por tanto, se estima una población futura de 1032 habitantes para el año 2040.

4.3.2.1 Dotación

Para la dotación se tomaron 60lppd como lo especifica la norma INAA para zonas rurales.

4.3.2.2 Consumo

El consumo domiciliar de la comunidad proyectada a 20 años será de 0.717 l/s una vez calculado esto se procedió a aplicar el porcentaje de pérdidas del 20%, obteniendo unas pérdidas totales de 0.17 l/s, por lo tanto, el CPD equivale a 0.832 l/s, luego al aplicar los factores de ampliación de 1.5 y 2.5 se obtuvo un CMD de 1.414 l/s y un

CMH de 2.245 l/s, siendo todos estos los valores considerados en el nuevo diseño.(Ver Tabla 5. Dotación, caudales de diseño Pag.59)

4.4 Estudios hidrológicos

Realizar los estudios hidrológicos como la elaboración de la cuenca que abastece a la fuente, no fue posible dado a una confusión de términos de los tipos de fuentes ya que se consideró en cierto momento como una fuente superficial la cual se abastecía de la escorrentía de las lluvias por medio de una cuenca, pero esto no fue así ya que la fuente de abastecimiento de la comunidad Mancotal abajo se clasifica como un manantial el cual aflora a la superficie en forma de corriente donde es captada por medio de una mini presa de concreto ciclópeo, según la norma NTON rural de agua potable para considerar un manantial como una fuente de abastecimiento para una población esta debió cumplir con los siguientes parámetros: que el aforo realizado fuera en la temporada seca de la zona para así tomarlo como punto de diseño, esta fuente proporciona un caudal mínimo o crítico en temporada seca de 1.692 l/s y por último que el caudal crítico de la fuente fuese mayor que el consumo máximo diario (CMD) para el periodo final de diseño, del cual el consumo máximo diario para el año 2040 será de 1.414 l/s siendo este menor al caudal crítico de la fuente de 1.692 l/s, por tanto la fuente presta las debidas condiciones necesarias para la utilización de esta.

4.4.1 Calidad del agua

Se realizo un análisis de control normal (Físico-Químico y bacteriológico del agua) según la (CAPRE, 1993) elaborados por los laboratorios PIENSA de la Universidad Nacional de Ingeniería. Resultado de las pruebas de laboratorio en la siguiente página.



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MB-1909-0158

CLIENTE		DIRECCION		TELEFONO	
Evaluación y Propuesta de Mejora del Sistema de Agua Potable de la Comunidad Mancotal Abajo-Jinotega		UNI - ESTELI		NR	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL		CELULAR
Lesmar Pineda		Tesistas	lesmarpineda1@gmail.com		8698-8967
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	10/09/2019	3620	NUMERO DE MUESTRAS
02/09/2019	02/09/2019	06/09/2019	02/09/2019 ; 06:20 am		Una (01)
Fecha y Hora de Muestreo		Muestreado por		Rango o valor máximo permisible o recomendado	
		Supervisor de Muestreo en Campo		NR	
		Fuente		Manantial	
		Tipo de muestra		Agua Superficial	
		Observaciones de Ubicación		Comunidad Mancotal Abajo-Jinotega	
		Coordenadas		NR	
		Codificación PIENSA		LA-1909-0793	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION		Norma CAPRE*
			PUNTO DE MUESTREO 1		
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	2.8*10 ³		Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	7.9*10 ²		Negativo

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

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

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

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

0001379



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FQAN1909-0137

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELEFONO
Evaluación y Propuesta de mejora del Sistema de Agua Potable de la Comunidad Mancotal Abajo-Jinotega		UNI - ESTELI		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Lesmar Pineda		Tesista	lesmarpinedai@gmail.com	8698-8967
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	12/09/2019	3620
02/09/2019	06/09/2019	12/09/2019		Una (01)
Fecha y Hora de Muestreo		02/09/2019; 06:20 am		
Muestreado por		Silvio Antonio Molina		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		Manantial		
Tipo de muestra		Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación		Comunidad Mancotal Abajo-Jinotega		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1909-0793		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 1	Norma CAPRE*
Visual	Aspecto	NE	Turbio amarillo	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.53	6.5 - 8.5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	108.10	400**
2130-B	Turbiedad	UNT	11.80	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	9.00	15
2320-B	Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	47.40	NE
2320-B	Carbonatos	mg/L CaCO ₃	<0.40	NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	47.40	NE
4500-B	Nitratos	mg/L	1.53	50
4500-B	Nitritos	mg/L	<0.009	0.1
4500-D	Cloruros	mg/L	13.58	250
3500-B	Hierro Total	mg/L	0.058	0.3
4500-D	Sulfatos	mg/L	<1.00	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO ₃	39.28	400**
2340-C	Dureza Calcica	mg/L CaCO ₃	27.20	NE
3500-B	Calcio	mg/L	10.90	100**
3500-B	Magnesio	mg/L	2.94	50
3500-B	Manganeso	mg/L	<0.02	0.5
3500-X	Sodio	mg/L	9.86	200
3500-C	Potasio	mg/L	3.12	10
4500-C	Fluor	mg/L	0.102	0.7

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

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

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

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

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

0001380

4.4.2 Análisis de las pruebas

Basándose en las tablas 3.1 hasta la 3.4 y la tabla 5.1 (ver en anexos pag.XV – pag.XVII) de la norma NTON 09 003-99 de agua potable se realizó una comparación de los datos obtenidos en los laboratorios con los que rige la norma, tomando en cuenta los valores máximos permisibles por la misma, los ensayos que resultaron más afectados fueron la turbiedad con un valor de 11.80 UNT siendo su valor máximo en tabla permisible de 5 UNT, coliformes fecales y totales con valores respectivos de 2.8 ml y 7.9 ml los cuales deberían de ser negativos por lo tanto se propone un tratamiento por filtración lenta de arena de forma descendente más desinfección por hipoclorito de calcio cuyos parámetros de diseño y especificaciones técnicas se ven detalladamente en el diseño de los componentes del sistema; El resto de los ensayos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles siendo óptimos para el consumo humano.

4.5 Diseño de los componentes hidráulicos del sistema

Para el diseño de estos componentes se analizó la topografía de la comunidad, esto para tener una idea de la distribución demográfica de la población, así como vías de acceso y tránsito vehicular ya que de esta manera se obtiene una idea de las zonas de mayor demanda de caudal, cabe mencionar que se anexaron aproximadamente un total de 20 viviendas las cuales no poseen el servicio de agua potable. Con esta información obtenida de la evaluación se ubicaron nodos principales en la red principal.

4.5.1 Cálculos de caudales de diseño

Los caudales de diseño de la línea de conducción y red distribución son los siguientes:

CMD: 1.414 l/s

CMH: 2.245 l/s

Estos se obtuvieron en base a la aplicación de consumo doméstico, público, industrial y comercial optando una proyección poblacional a 20 años de periodo de diseño a como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 5. Dotación, caudales de diseño y almacenamiento de tanque.

$P_f: P_b * (1 + Kg)^n$			<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <th style="background-color: #92d050;">Dotación</th> <th style="background-color: #92d050;">Pérdidas</th> <th style="background-color: #92d050;">CC</th> <th style="background-color: #92d050;">CP</th> <th style="background-color: #92d050;">CI</th> <th style="background-color: #92d050;">Volumen</th> </tr> <tr> <td>Lppd</td> <td>%</td> <td>%</td> <td>%</td> <td>%</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>20%</td> <td>7%</td> <td>7%</td> <td>2%</td> <td>35%</td> </tr> </table>						Dotación	Pérdidas	CC	CP	CI	Volumen	Lppd	%	%	%	%	%	60	20%	7%	7%	2%	35%
Dotación	Pérdidas	CC	CP	CI	Volumen																					
Lppd	%	%	%	%	%																					
60	20%	7%	7%	2%	35%																					
Tasa	4.00%																									
n	Año	Población fut	CD (l/s)	CC (l/s)	CP (l/s)	CI (l/s)	CPD (l/s)	Pérdidas (l/s)	CMD (l/s)	CMH (l/s)	Vol. (m3)															
0	2019	453	0.315	0.022	0.022	0.006	0.365	0.07	0.620	0.985	11.04															
1	2020	471	0.327	0.023	0.023	0.007	0.380	0.08	0.645	1.025	11.48															
5	2025	573	0.398	0.028	0.028	0.008	0.462	0.09	0.785	1.247	13.96															
5	2030	697	0.484	0.034	0.034	0.010	0.562	0.11	0.955	1.517	16.99															
5	2035	848	0.589	0.041	0.041	0.012	0.683	0.14	1.162	1.845	20.67															
5	2040	1032	0.717	0.050	0.050	0.014	0.832	0.17	1.414	2.245	25.15															

Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Línea de conducción

La línea de conducción fue diseñada por gravedad ya que la diferencia de elevación existente entre la fuente y el tanque de almacenamiento lo permite, para cumplir con las presiones y velocidades óptimas para suministrar suficiente caudal al tanque. Su recorrido es parecido al ya existente solo se modificó su trazo en ciertos puntos en donde se veía afectada la funcionalidad de la tubería. (Planos-Hoja 10 y 2 en anexos)

4.5.2.1 Diámetro de tubería de conducción

La línea de conducción fue diseñada en base al caudal máximo día (CMD=1.414 l/s)

$$D = 0.9 \times 0.001414^{0.45} \text{ Ec 3.3.}$$

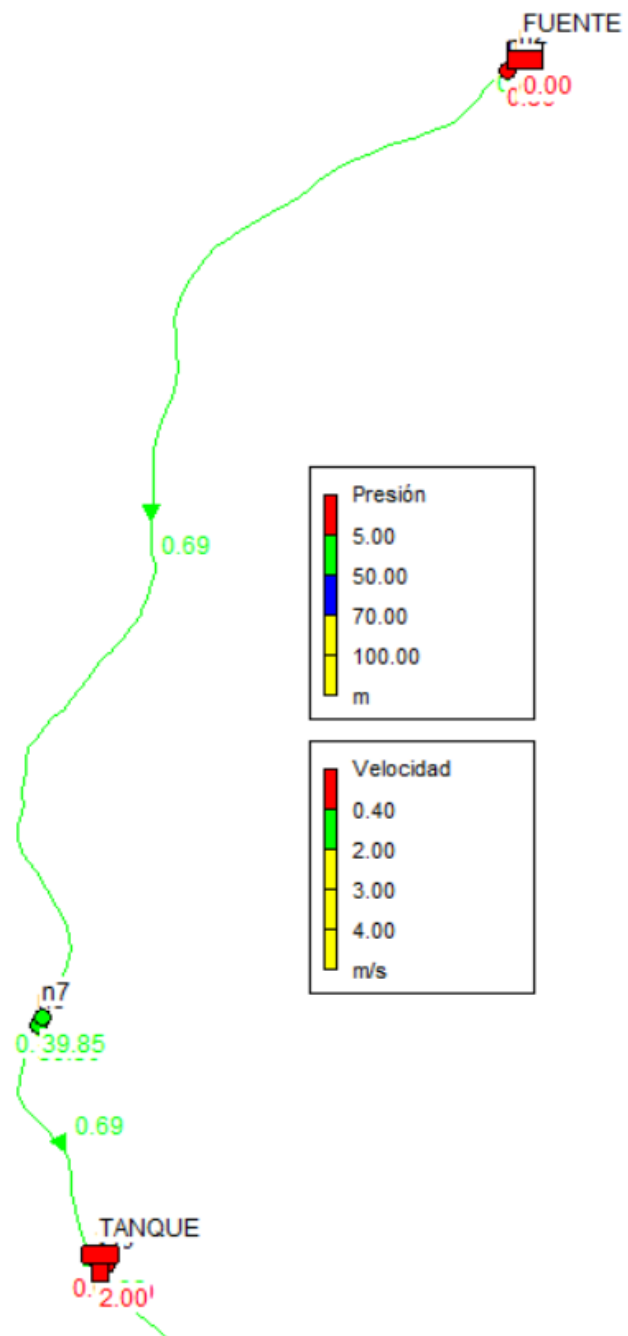
$$D = 0.0470 \text{ m} * 39.37 \text{ in}$$

$$D = 1.85 \text{ in} \approx 2 \text{ in}$$

Utilizando la fórmula de Bresse se obtuvo un diámetro económico de 1.85" por tanto se sugiere un diámetro de 2" SDR 26 160 Psi (ASTM D-2241).

4.5.2.2 Presión y velocidad en línea de conducción

Imagen 7. Presiones y velocidades en línea de conducción



Fuente: Elaboración propia a base de resultados de Epanet.

Con el programa AutoCAD y Civil3D se procedió a realizar el recorrido de esta línea, así como la realización de la línea piezométrica que se realiza con ayuda de la fórmula de cálculo de pérdidas de Hazen-Williams.

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.675Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} \text{ Despejando ... } H = \frac{10.675Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} \times L \text{ Ec 3.2}$$

Por tanto:

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.675 * 1.692^{1.85}}{150^{1.85} * 0.0557^{4.87}} \text{ Para tubería Pvc 2"}$$

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.675 * 1.692^{1.85}}{100^{1.85} * 0.052^{4.87}} \text{ Para tubería H°G° 2"}$$

Los resultados en metros se le restan a la carga estática entre la fuente y el tanque acumulándose a tal grado que se convierte en la línea piezométrica.

Los coeficientes de rugosidad (C) varían según el material que en este caso se propuso PVC SDR 26 160 Psi (ASTM D-2241) y H°G° 40 (ASTM A-51).

La tubería de hierro galvanizado fue ubicada específicamente en dos tramos uno de 20 m a la salida de la captación y otro de 8.04 m sobre una pequeña quebrada, este estará a paso sobre cruces aéreos. (Se puede observar en Plano-hoja 4 y 5 en anexos, cruce aéreo hoja 8)

Tabla 6. Pérdida de carga por fricción aplicando Hazen-Williams propuesta de nuevo diseño.

		Propuesta nuevo diseño					
		Q (l/s)	1.692				
	Diámetro (in)	L	m/m	S	hf	Diferencia de elevación entre tanque y la fuente	Pérdida Carga residual
Hg	2"	20	0.0284	2.84%	0.57		
PVC	2"	890	0.0096	0.96%	8.56		
Hg	2"	8	0.0284	2.84%	0.23		
PVC	2"	197	0.0096	0.96%	1.90		
					11.25 m	17.65 m	6.40 m

Fuente: Elaboración propia

La sumatoria de pérdidas es de 11.25 m y la carga estática es de 17.65 m por tanto la diferencia de ambos (6.40 m) están conforme a norma y serán de provecho para poder suministrar el caudal deseado al tanque.

La cobertura de la tubería es de 1 m con respecto al nivel de suelo (rasante), siempre respetando el nivel de la Línea piezométrica que indica que debe estar 5 m por debajo de esta. (se puede observar en plano-hoja 10 en anexos)

Cuenta con una válvula de compuerta en la toma de captación y otra en la entrada a tanque de almacenamiento, 5 válvulas de aire y vacío en los puntos altos de la red y 4 válvulas de limpieza en los puntos bajos donde acumula sedimento.

4.5.3 Filtro lento de arena

El diseño de filtro que se aplicó para el tratamiento de agua del sistema es un filtro lento de arena. (FLA)

Para el diseño de este se tomaron criterios principalmente de la Norma NTON de agua potable la cual establece que para este tipo de filtros se deben utilizar dos unidades como mínimo, teniendo esto en cuenta se inició su diseño calculando el dimensionamiento a través de fórmulas encontradas en (Organización panamericana de la salud, 2005) donde establece que el área superficial está dada por

$$\text{Área superficial } (As) = \frac{Qd}{N \times Vf} \text{ Ec. 4.1}$$

Donde

As: m^2

Vf: velocidad de filtración (m/h)

Qd: caudal de diseño (m^3/h)

N: número de unidades

El caudal de diseño utilizado fue de $6.1 m^3/h$ el cual es el proporcionada por la fuente de agua y la velocidad de filtración fue dada por las siguientes tablas

Tabla 7. Tasa de filtración

Turbiedad (UTN)	Tasa $\left(\frac{m^3}{m^2*d}\right)$
10	7.20 – 20.40
50	4.8
50 – 100	2.4

Fuente: NTON agua potable 09 003-99

Utilizando parámetros de turbiedad de 50 UTM siendo los resultados de laboratorio de 11.80 UTM, por tanto, la velocidad de filtración para el diseño fue de 0.2 m/h.

Tabla 8. Datos de diseño para filtro

Datos			
caudal de diseño	Qd	6.1	m ³ /h
velocidad de filtración	Vf	0.2	m/h
número de unidades	N	2	

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Área superficial (As)} = \frac{6.1}{2 \times 0.2}$$

$$\text{Área superficial (As)} = 15 \text{ m}^2$$

El ancho y largo de la unidad esta dado por

$$\text{Longitud de unidad (L)} = (As * K)^2 \text{ Ec. 4.2}$$

$$\text{Ancho de unidad (B)} = (As * K)^2 \text{ Ec. 4.3}$$

Donde K es el coeficiente de mínimo costo que se calculó de la siguiente manera

$$\text{Coeficiente de mínimo costo (K)} = \frac{(2 * N)}{(N + 1)} \text{ Ec. 4.4}$$

$$\text{Coeficiente de mínimo costo (K)} = \frac{(2 * 2)}{(2 + 1)}$$

$$\text{Coeficiente de mínimo costo (K)} = 1.33$$

Entonces el largo y el ancho serán

$$\text{Longitud de unidad (L)} = (15 * 1.33)^2$$

$$\text{Longitud de unidad (L)} = 4.5 \text{ m}$$

El ancho al usar la misma fórmula obtuvo la misma medida de 4.5 m, estas serían medidas provisionales ya que la norma NTON 09 003-99 establece lo siguiente.

Tabla 9. Relación lago/ancho

Número de unidades	Largo/Ancho
2	1.33
3	1.50
4	2

Fuente: NTON agua potable 09 003-99

Por consiguiente, el largo y el ancho verdadero fueron de L=5.2 m y B=3.8 m al ser de esta manera se calcula la nueva área superficial al multiplicar el largo por el ancho dando como resultado un $A_s = 19.76 \text{ m}^2$, una vez dimensionado de esta forma se calcula una velocidad real de filtración, la cual fue de 0.15 m/h.

Culminado el dimensionamiento del filtro se propusieron los espesores de los lechos filtrantes y soporte, así como sus tamaños efectivos y coeficientes de uniformidad, estos se extrajeron de la tabla 5 del documento "GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS"

Tabla 10. Granulometría del lecho filtrante

Criterio de diseño	Valores recomendados
Altura de la arena (m)	
Inicial	1
Mínima	0.5
Diámetro efectivo (mm)	0.15 – 0.35
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	<3
Deseable	1.8 - 2
Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0.1 – 0.3

Fuente: (Organización panamericana de la salud, 2005)

De los cuales se tomó una altura de arena de 1 m, 1 m de agua sobrenadante, 0.2 m de borde libre, un diámetro efectivo de 0.25 mm, un coeficiente de uniformidad de 2 y una altura de lecho de soporte de 0.3 m, el lecho de soporte estaría compuesto de diferentes granulometrías de grava a como están en la siguiente tabla de la norma NTON 09 003-99.

Tabla 11. Tamaño y espesor del lecho de soporte

Capa	Tamaño (Pulg)	Espesor (m)
*1	1 – 2	0.10 – 0.12
2	½ - 1	0.08 – 0.10
3	¼ - ½	0.05 – 0.10
4	1/8 – ¼	0.05 – 0.10

Fuente: NTON agua potable 09 003-99

Donde la de mayor tamaño se encuentra en el fondo y sucesivamente, los espesores seleccionados fueron 0.12 m para 1", 0.08 m para ½", 0.05 m para ¼" y 0.05 m para 1/8" sumando un total de 0.3 m de lecho de soporte.

Definidas las anteriores características del filtro se calcularon las pérdidas de carga a través de los lechos filtrantes utilizando las fórmulas dadas en el Capítulo 6 del libro Potabilización del agua (Rojas, 1999) donde Rose define las siguientes fórmulas para calcular las pérdidas de energía en filtros lentos siendo esta la siguiente.

$$h = 1.067 * Cd * \frac{1}{e^4} * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{g} \quad \text{Ec. 4.5}$$

$$Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0.34 \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$Nre = \frac{\rho * v * d}{\mu} = \frac{v * d}{\nu} \quad \text{Ec. 4.7}$$

Donde

h: Pérdida de carga a través del lecho, m

Cd: Coeficiente de arrastre

e: Porosidad del lecho (volumen de vacíos/volumen del lecho)

L: Profundidad del lecho, m

ρ : Densidad del agua, kg/m³

d: Diámetro característico de los granos, m

v: Velocidad de filtración, m/s

g: Aceleración de la gravedad, m/s²

Nre: Número de Reynolds

μ : Viscosidad dinámica, Pa.s

ν : Viscosidad cinemática, m²/s

Los datos utilizados como lo fueron viscosidad cinemática, porosidad del lecho de arena y grava además de la aceleración de la gravedad el agua se trabajó a una temperatura de 20°C por tanto los datos fueron los siguientes.

Datos

$$\nu = 1.003 * 10^{-6} m^2/s$$

$$e \text{ de arena} = 0.4$$

$$e \text{ de grava} = 0.3$$

$$g = 9.81 m/s^2$$

$$v = 0.15 m/h$$

$$d = 0.25 \text{ mm}$$

Aplicando la ecuación 4.7 de Rose.

$$Nre = \frac{\rho * v * d}{\mu} = \frac{v * d}{\nu} \text{ Ec. 4.7}$$

$$Nre = \frac{v * d}{\nu} \text{ Ec. 4.7}$$

$$Nre = \frac{\left(\frac{0.15}{3600}\right) * \left(\frac{0.25}{1000}\right)}{1.003 * 10^{-6}}$$

$$Nre = 0.011$$

Sustituyendo número de Reynolds en ecuación 4.6 de Rose se obtuvo el coeficiente de arrastre.

$$Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0.34 \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$Cd = \frac{24}{0.011} + \frac{3}{\sqrt{0.011}} + 0.34$$

$$Cd = 2276.91$$

Por último, se calculó entonces la pérdida de energía generada en el lecho de arena.

$$h = 1.067 * Cd * \frac{1}{e^4} * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{g} \quad \text{Ec. 4.5}$$

$$h = 1.067 * 2276.91 * \frac{1}{0.4^2} * \frac{1}{\left(\frac{0.25}{1000}\right)} * \frac{\left(\frac{0.15}{3600}\right)^2}{9.81}$$

$$h = 0.07 \text{ m}$$

El mismo proceso de cálculo de pérdidas fue realizado en los lechos de soporte de grava aplicando pérdidas para cada uno de los lechos teniendo los siguientes resultados.

Tabla 12. Profundidades lechos de soporte

Profundidad de lecho de soporte 1	0.12 m
Profundidad de lecho de soporte 2	0.08 m
Profundidad de lecho de soporte 3	0.05 m
Profundidad de lecho de soporte 4	0.05 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Resultado de pérdidas en lechos de soporte

Numero de Reynolds 4	Nre	1.085	
Numero de Reynolds 3	Nre	0.542	
Numero de Reynolds 2	Nre	0.271	
Numero de Reynolds 1	Nre	0.136	
coeficiente de arrastre 4	Cd	25.34	
coeficiente de arrastre 3	Cd	48.66	
coeficiente de arrastre 2	Cd	94.59	
coeficiente de arrastre 1	Cd	185.17	
Perdida de carga grava 4	H	0.000003	m
Perdida de carga grava 3	H	0.000008	m
Perdida de carga grava 2	H	0.000018	m
Perdida de carga grava 1	H	0.000072	m

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo unas pérdidas totales el lecho filtrante de arena y soporte de grava de tan solo 0.0712 m en donde (Rojas, 1999) establece que las pérdidas de energía máxima en filtros no deben de exceder 1.8 m para filtros de lecho dual.

Finalmente se diseñó el sistema de drenaje, se propuso tubería de 3" de diámetro para tuberías laterales y de recolección esto lo establece (Rojas, 1999) en el capítulo 6.13 drenaje para filtros donde establece que para tuberías laterales de 2 m se debe utilizar tubería de 3" y estas deberán de estar separadas a un rango de 7.5 cm – 30 cm del cual se seleccionó una separación de 15 cm, el mismo criterio de separación es para los orificios y el diámetro de perforación para estos es de 6 y 19 mm del cual se aplicaron 10 mm de diámetro y con una inclinación de tubería del 2% para el drenaje del agua según la NTON de agua potable.

Para determinar que la selección de tubería, tamaño de orificios, así como la separación propuesta de tubería están en el rango correcto, el autor ya antes mencionado establece la siguiente formula.

$$\frac{\text{Area total de orificios}}{\text{Area filtrante}} = 0.15\% - 0.5\% \text{ Ec 4.8}$$

El resultado de esta fórmula aplicada a los datos del diseño de este filtro se obtuvo el valor de:

$$\frac{0.087}{19.76} = 0.0044 \quad 0.15\% - 0.5\%$$

$$0.0044 * 100\% = 0.44\% \quad 0.15\% - 0.5\%$$

Encontrándose dentro del rango por tanto la distribución de tuberías y diámetros de los huecos fue correcta.

De esta manera se finalizó el diseño del filtro por filtración lenta de arena (FLA), el diseño final fue realizado en el programa AutoCAD. (Todos los planos de diseño de filtro se encuentran en anexos planos-hoja 16 hasta 21 la ubicación del mismo se encuentra en el plano-hoja 10)

4.5.4 Sistema de desinfección

Se seleccionó el sistema por Hipoclorito de calcio ya que a como lo indica NTON en sistemas rurales es el método más económico de fácil aplicación y manejo en estas zonas.

Por tanto, se aplica la formula con un CMH de 2.245 l/s equivalentes a 193.98 m³/día se toma el valor de 2 ppm ya que así lo recomienda la Comisión Nacional del Agua y la NTON de agua potable 09 003-99 capitulo X.

$$Ca = \frac{(193.98 \text{ m}^3/D * 2 \text{ ppm})}{1000} \text{ Ec. 3.4}$$

$$Ca = 0.388 \text{ kg cloro/dia}$$

$$Ca = 388 \text{ g cloro/dia}$$

La cantidad de gramos para la cual el dosificador trabajará será 0.388 kilogramos/día, siendo este valor aceptable al ser menor a 1 Kg/día como lo estipula la Norma técnica NTON.

$$N^{\circ} \text{ de pastillas} = \frac{Ca}{\text{peso de 1 pastilla en gramos}} \text{ Ec. 4.9}$$

$$N^{\circ} \text{ de pastillas} = \frac{388 \text{ g}}{300 \text{ g}} = 1 \frac{1}{4} \text{ pastilla/día}$$

Se aplicará aproximadamente 1 1/4 pastilla de hipoclorito de calcio (300g) al día al dosificador.

4.5.5 Tanque de almacenamiento

Para el diseño del tanque de almacenamiento se trabajó con el caudal promedio diario (CPD) el cual es de 0.832 l/s.

Volumen de almacenamiento:

$$Vol (m^3) = 35\% \text{ CPD Ec. 4.9}$$

$$Vol (m^3) = 35\% (0.832 \text{ lps}) \left[\frac{\left(\frac{86400 \text{ seg}}{\text{día}} \right)}{\left(\frac{1000 \text{ lts}}{1 \text{ m}^3} \right)} \right] = 25.15 \text{ m}^3$$

(Ver cálculo en tabla 5 Pag.59)

4.5.5.1 Dimensionamiento

El tanque de almacenamiento existente en la comunidad cuenta con condiciones aceptables para permanecer funcionando, su volumen actual de 22.89 m³ y se le anexará la diferencia de volumen mediante el diseño de un mini tanque el cual su diseño es el siguiente:

Vol.(i): Volumen para el tanque nuevo.

Vol.(x): Volumen actual.

Vol.(n): Volumen de diseño.

$$Vol. (i) = Vol. (n) - Vol. (x) \text{ Ec. 4.10}$$

$$Vol. (i) = 25.15 \text{ m}^3 - 22.89 \text{ m}^3 = 2.26 \text{ m}^3$$

El tanque por diseñar requiere un volumen de 3.26 m³, pero será construido con borde libre por lo tanto su volumen de diseño variará.

Por tanto, las dimensiones serán las siguientes:

BL= 0.5 m

$$L = 2 \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$h = 0.6 \text{ m}$$

$$Vol \text{ de Diseño}(i) = L * l * (h + BL) \text{ Ec. 4.11}$$

$$Vol \text{ de Diseño}(i) = 2 \text{ m} * 2 \text{ m} * (0.6 \text{ m} + 0.5 \text{ m}) = 4.4 \text{ m}^3$$

Se ampliará la altura del tanque existente ya que este no cuenta con BL

$$Vol \text{ de Diseño}(x) = 3.4 \text{ m} * 3.4 \text{ m} * (1.98 \text{ m} + 0.5 \text{ m}) = 28.67 \text{ m}^3$$

Cabe mencionar que estas dimensiones son internas y el diseño completo del almacenamiento se refleja en los planos. (Planos de tanques en anexos, planos-hoja 22 hasta 27).

4.5.6 Red de distribución

La red existente no abastece correctamente a toda la población debido a la pobreza de diseño tanto en diámetros como en la falta de accesorios como válvulas de limpieza, de aire entre otras.

Primeramente, se realizó el diseño de la red en el programa AutoCAD Civil3D y se tomó como base el diseño existente (malla abierta y cerrada) pero se estableció solamente una red principal la cual se transportó a el programa Epanet y esta se convirtió en una red abierta.

La tubería principal se compone de tubería

PVC 2 ½" SDR 26 = 557.2 metros de tubería

HG° 2 ½" CED 40 = 5.71 metros de tubería

PVC 1 ½" SDR 26 = 2203.4 metros de tubería

La tubería secundaria se compone de tubería

PVC 1" SDR 26 = 1115.8 metros de tubería

PVC ½" SDR 26 = 1476.8 metros de tubería

Se ubicaron válvulas de limpieza, de aire y vacío, así como válvulas de pase en los puntos de división de ramales.

Las válvulas utilizadas en el diseño son:

- 4 válvula de pase o regulación de 1 ½"
- 7 válvula de aire y vacío de 1 ½"
- 1 válvula de limpieza de 2 ½"
- 2 válvula de limpieza de 1 ½"
- 1 válvula de compuerta de 2 ½ "

(Ubicación de estas en planos de red en anexos, planos-hoja 5)

Para el diseño de las válvulas se utilizaron planos tipo proporcionados por la Alcaldía Municipal de Jinotega. (Planos tipos en anexos, planos-hoja 6 y 7)

4.5.6.1 Distribución de caudales

La distribución de caudales se realizó por el método de longitud unitaria con el cual se calcula un caudal unitario, dividiendo el CMH entre la longitud total de la red principal. Para obtener el caudal en cada tramo se debe multiplicar el caudal unitario por la longitud de tramo correspondiente.

Como antes se mencionó, se ubicaron 22 nodos principales en los puntos específicos de mayor demanda, los cuales se muestran en la tabla 14. Distribución de caudales presentada a continuación.

Tabla 14. Distribución de caudales

Qmh (l/s)	2.245
Long total tubería - Lt (mts)	6883.23

$q = \frac{Qmh}{Lt}$	Caudal Unitario - q (l/s)
	0.0003262

Caudal por nodo - Qi	$Qi = q \times Li$
-----------------------------	--------------------

Nodo	Long. Tramo - Li (m)	Qi (l/s)
1	904.2943	0.2950
2	13.1441	0.0043
3	247.0246	0.0806
4	33.1855	0.0108
5	210.0207	0.0685
6	0.0000	0.0000
7	7.4345	0.0024
8	636.2100	0.2075
9	273.8533	0.0893
10	480.8205	0.1568
11	420.4000	0.1371
12	125.9376	0.0411
13	347.8100	0.1135
14	66.9421	0.0218
15	627.1009	0.2046
16	222.6863	0.0726
17	524.0000	0.1709
18	5.7100	0.0019
19	300.3000	0.0980
20	607.8000	0.1983
21	541.2900	0.1766
22	287.2700	0.0937
Total		2.2452

Fuente: Elaboración propia

4.5.6.2 Análisis con EPANET

Se configuraron debidamente las unidades de medidas a utilizar, así como el método a utilizar (Hazen & Williams).

C = 150

Q: (l/s)

D: (mm)

4.5.6.2.1 Presiones

Las presiones obtenidas son las siguientes:

Tabla 15. Presiones en red de distribución

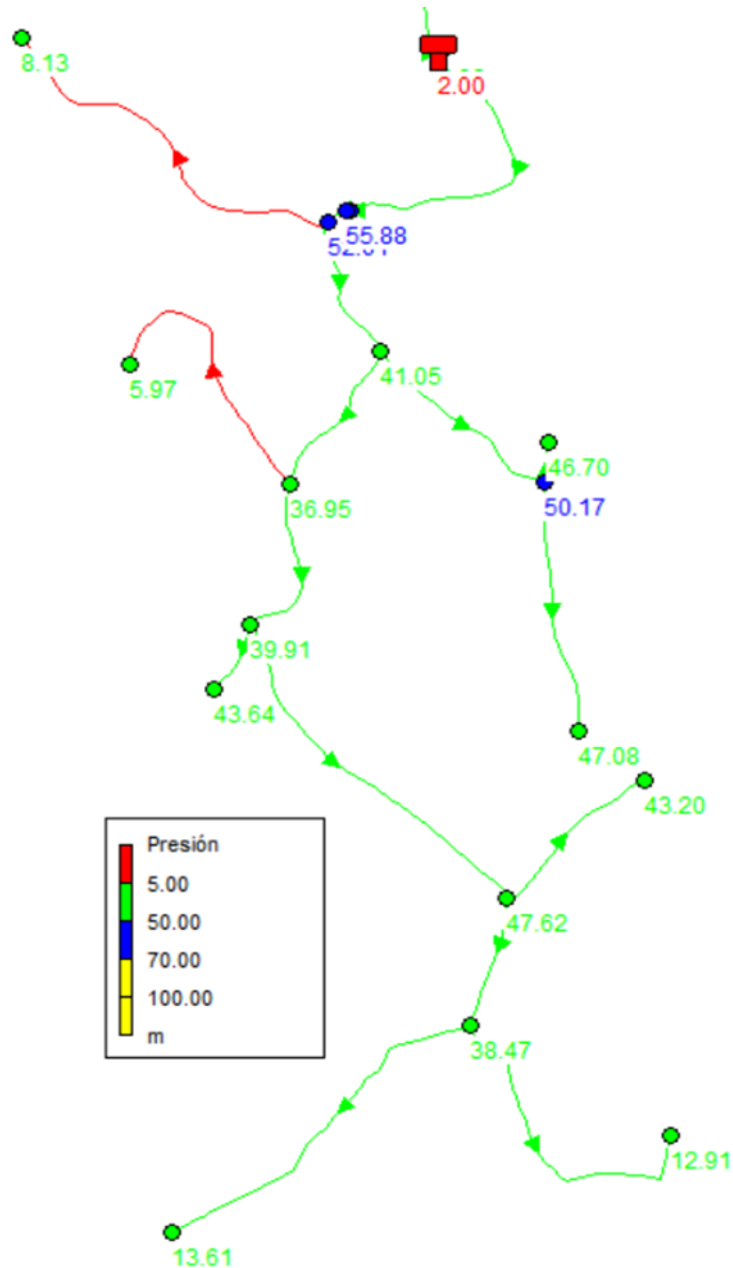
Tabla de red - Nodos	
ID Nodo	Presión (m)
Conexión n1	0.86
Conexión n2	0.00
Conexión n3	41.05
Conexión n4	52.01
Conexión n5	39.30
Conexión n6	2.00
Conexión n7	39.85
Conexión n8	8.13
Conexión n9	36.95
Conexión n10	5.97
Conexión n11	47.08
Conexión n12	43.64
Conexión n13	50.17
Conexión n14	46.70
Conexión n15	47.62
Conexión n16	38.47
Conexión n17	55.71
Conexión n18	55.88
Conexión n19	43.20
Conexión n20	13.61
Conexión n21	12.91
Conexión n22	39.91
Conexión v1	5.92
Embalse fuente	0.00
Depósito tanque	2.00

Fuente: Elaboración propia a base de datos obtenidos de Epanet.

La presión de salida es baja, pero es debido a la propia cota de agua de nivel máximo del tanque que es 1.98 m.

De esta forma se obtuvieron las presiones en todos los puntos o nodos que forman parte de la red de distribución la ubicación de estos nodos con sus respectivas presiones se puede ver en la imagen 8. Presiones en red de distribución

Imagen 8. Presiones en red de distribución



Fuente: Elaboración propia a base de resultados de Epanet.

4.5.6.2.2 Velocidades

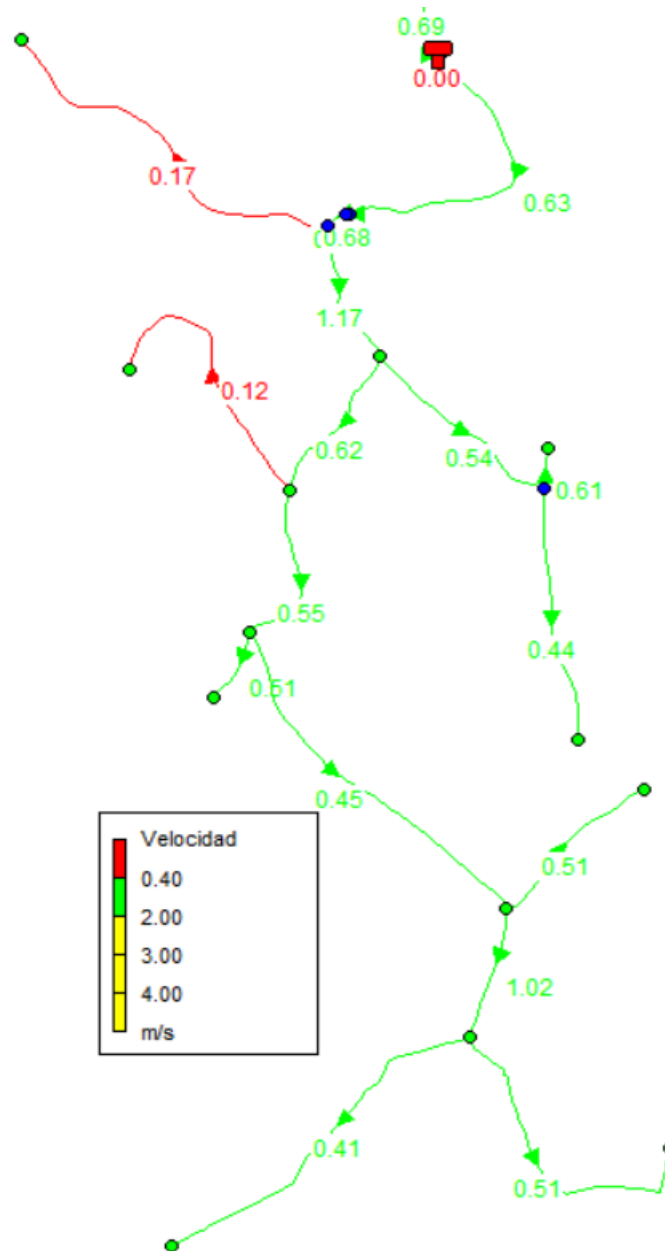
Tabla 16. Velocidades en red de distribución

Tabla de Red - Tuberías	
ID Tubería	Velocidad (m/s)
Tubería C. Hg1	0.78
Tubería D. PVC3	1.17
Tubería C. PVC2	0.69
Tubería C. Hg2	0.78
Tubería C. PVC1	0.69
Tubería Secund.PVC1	0.17
Tubería Secund.PVC2	0.12
Tubería Secund.PVC4	0.51
Tubería Secund.PVC3	0.61
Tubería Secund.PVC6	1.02
Tubería D. PVC1	0.63
Tubería D. PVC2	0.56
Tubería Secund.PVC5	0.51
Tubería Secund.PVC7	0.41
Tubería Secund.PVC8	0.51
Tubería D. PVC4	0.62
Tubería D. PVC6	0.55
Tubería D. PVC8	0.45
Tubería D. PVC5	0.54
Tubería D. PVC7	0.44
Tubería D. Hg3	0.68
Válvula V1. Compuerta	0.63
Válvula V2. Compuerta	0.69
Válvula V7. Regulación	0.00

Fuente: Elaboración propia a base de datos obtenidos de Epanet.

Las velocidades en las tuberías y en la salida del tanque cumplen con los requerimientos de la Norma Rural. La velocidad máxima alcanzada en la red es de 1.17 m/s y la velocidad mínima es de 0.12 m/s incumpliendo esta con la norma técnica al estar bajo el mínimo (0.4 m/s) siendo comprensible al encontrarse en tubería secundaria.

Imagen 9. Velocidades en red de distribución



Fuente: Elaboración propia a base de resultados de Epanet

Las velocidades cumplen casi en un 100% con la Norma técnica al permanecer en el rango permisible, excepto por la tubería secundaria PVC de 1". Esto debido a la pronunciada diferencia de elevaciones entre el nodo 8 y el nodo 4 además de una considerada longitud de tubería (480 m).

Esto se consideró un problema ya que al disminuir diámetros cumplía la velocidad, pero fallaba la presión en el nodo 8, y la presión en esas alturas es un factor muy importante para beneficiar a la población que se ubica en las zonas más altas del sistema, por lo cual se priorizó la presión antes que la velocidad del flujo ya que la presión será la que permita que el agua llegue hasta este punto de la red.

4.6 Presupuesto

PRESUPUESTO GENERAL	
Sistema MAG comunidad Mancotal Abajo - Jinotega	

ETAPA	SUBETAPA	DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTOS TOTALES
310	00	PRELIMINARES	M2			C\$ 188,522.00
310	01	LIMPIEZA INICIAL	M2	3881		C\$ 77,620.00
		Línea de conducción	m ²	1116	C\$ 20.00	C\$ 22,320.00
		Red de distribución	m ²	2765	C\$ 20.00	C\$ 55,300.00
310	02	TRAZO Y NIVELACION	M	3881		C\$ 77,620.00
		Línea de conducción	m	1116	C\$ 20.00	C\$ 22,320.00
		Red de distribución	m	2765	C\$ 20.00	C\$ 55,300.00
310	03	ELIMINACION DE TUBERIA DE CUALQUIER TIPO	M			C\$ 20,232.00
		Línea de conducción	m	1116	C\$ 6.00	C\$ 6,696.00
		Red de distribución	m	2256	C\$ 6.00	C\$ 13,536.00
310	04	ROTULOS (1 por vivienda, incluye pintura de aceite)	C/U	87	C\$ 150.00	C\$ 13,050.00
320	00	LINEA DE CONDUCCION	M			C\$ 181,477.52
320	01	EXCAVACION PARA TUBERIA	M3	669.6	C\$ 53.72	C\$ 35,970.91
320	02	INSTALACION DE TUBERIA	M	1140	C\$ 6.00	C\$ 6,840.00
320	03	RELLENO Y COMPACTACION	M3	669.6	C\$ 48.19	C\$ 32,268.02
320	04	PRUEBA HIDROSTATICA	M	1	C\$ 2,500.00	C\$ 2,500.00
320	05	TUBERIA DE 2" DE DIAMETRO	M	1140		C\$ 57,104.60
		Tubería PVC SDR-26 de 2" diámetro * 6m de largo	c/u	195	C\$ 240.00	C\$ 46,704.00
		Tuberías HG° Cedula 40 de 2" diámetro * 6 m de largo	c/u	5	C\$ 2,185.00	C\$ 10,400.60
320	06	TUBERIA DE 6" DE DIAMETRO	M	6		C\$ 2,530.00
		Tubería PVC SDR-26 de 6" * 6mts	c/u	1	C\$ 2,530.00	C\$ 2,530.00
320	07	VALVULAS Y ACCESORIOS	C/U		C\$ 7,850.00	C\$ 34,431.46
		Válvula de aire y vacío PVC de 1-1/2"	c/u	5	C\$ 1,000.00	C\$ 5,000.00
		Válvula de limpieza Br de 2"	c/u	4	C\$ 780.00	C\$ 3,120.00
		Válvula de compuerta Br de 2"	c/u	2	C\$ 780.00	C\$ 1,560.00
		Caja para protección de válvulas	c/u	4	C\$ 2,182.50	C\$ 8,730.00
		Tee deducida de 2" PVC	c/u	9	C\$ 50.00	C\$ 450.00
		Tapón PVC de 6"	c/u	5	C\$ 490.00	C\$ 2,450.00
		Tapón PVC de 2"	c/u	4	C\$ 50.00	C\$ 200.00
		Codo 45° PVC de 2"	c/u	3	C\$ 45.00	C\$ 135.00
		Codo 45° Hg° de 2"	c/u	3	C\$ 145.00	C\$ 435.00
		Codo PVC 90° de 2"	c/u	1	C\$ 50.00	C\$ 50.00
		Adaptador mixto PVC Roscado 1 1/2"	c/u	10	C\$ 35.00	C\$ 350.00
		Adaptador mixto PVC Roscado 2"	c/u	23	C\$ 40.00	C\$ 920.00
		Pega PVC	Gls	2	C\$ 1,250.00	C\$ 2,911.46
		Reductor PVC de 2" a 1 1/2"	c/u	5	C\$ 40.00	C\$ 200.00
		Niple PVC 1 1/2"	c/u	1	C\$ 30.00	C\$ 30.00
		Teflón tape 12 mm*0.075mm*10mts	c/u	4	C\$ 10.00	C\$ 40.00

320	08	CRUCE AEREO	C/U	4	C\$ 35.25	C\$ 9,832.52
		Cemento Holcim de 42,5 kg	bolsa	6	C\$ 315.00	C\$ 1,885.75
		Arena motastepe	m ³	0.46	C\$ 650.00	C\$ 297.10
		Grava de 3/4"	m ³	0.61	C\$ 750.00	C\$ 460.73
		Acero liso de 1/4"	qq	0.21	C\$ 1,450.00	C\$ 299.09
		Acero corrugado de 3/8"	qq	0.61	C\$ 1,450.00	C\$ 881.88
		Alambre de amarre N°18	Lbs	3.35	C\$ 30.00	C\$ 100.35
		Tabla de 1"x10"x5 vrs	c/u	2.10	C\$ 430.00	C\$ 901.02
		Clavos de 2-1/2"	Lbs	1.3	C\$ 140.00	C\$ 182.00
		Cable de acero de 3/4"	m	20	C\$ 180.00	C\$ 3,600.00
		Brida para fijar tubería	c/u	20	C\$ 1.00	C\$ 20.00
		Tensores de 1/2"	c/u	4	C\$ 250.00	C\$ 1,000.00
		Piedra bolón para base	c/u	0.12	C\$ 530.00	C\$ 63.60
330	00	LINEA DE DISTRIBUCION	M			C\$ 392,270.47
330	01	EXCAVACION PARA TUBERIA	M3	1395	C\$ 53.72	C\$ 74,912.54
330	02	INSTALACION DE TUBERIA	M	2789	C\$ 6.00	C\$ 16,734.00
330	03	RELLENO Y COMPACTACION	M3	1395	C\$ 48.19	C\$ 67,200.96
330	04	TUBERIA DE 1 1/2" DE DIAMETRO	M	2215		C\$ 71,710.63
		Tuberías PVC SDR-26 de 1-1/2" * 6 mts	c/u	388	C\$ 185.00	C\$ 71,710.63
330	06	TUBERIA DE 2 1/2" DE DIAMETRO	M	568		C\$ 42,125.62
		Tuberías PVC SDR-26 de 2-1/2" * 6 mts	c/u	98	C\$ 400.00	C\$ 39,340.00
		Tuberías HG ^o Cedula 40 de 2-1/2" * 6 mts	c/u	1	C\$ 2,731.00	C\$ 2,785.62
330	07	TUBERIA DE 6" DE DIAMETRO	M	6		C\$ 2,656.50
		Tubería PVC SDR-26 de 6" * 6mts	c/u	1	C\$ 2,530.00	C\$ 2,656.50
330	08	Tubería secundaria				C\$ 51,206.75
		Tubería PVC SDR-26 de 1" * 6mts	c/u	186	C\$ 150.00	C\$ 27,894.25
		Tubería PVC SDR-26 de 1/2" * 6mts	c/u	311	C\$ 75.00	C\$ 23,312.50
330	09	VALVULAS Y ACCESORIOS	C/U		C\$ 12,200.00	C\$ 58,820.70
		Válvula de pase y regulación Br de 1-1/2"	c/u	4	C\$ 585.00	C\$ 2,340.00
		Válvula de aire y vacío Br de 1-1/2"	c/u	7	C\$ 1,000.00	C\$ 7,000.00
		Válvula de limpieza Br de 2-1/2"	c/u	2	C\$ 975.00	C\$ 1,950.00
		Válvula de limpieza Br de 1-1/2"	c/u	4	C\$ 585.00	C\$ 2,340.00
		Válvula de compuerta Br de 2-1/2"	c/u	1	C\$ 6,000.00	C\$ 6,000.00
		Caja para protección de válvulas	c/u	6	C\$ 2,182.50	C\$ 13,095.00
		Tee de 2 1/2" PVC	c/u	2	C\$ 150.00	C\$ 300.00
		Tee de 1 1/2" PVC	c/u	10	C\$ 40.00	C\$ 400.00
		Tapones de 1 1/2"	c/u	7	C\$ 35.00	C\$ 245.00
		Tapones liso PVC 6"	c/u	7	C\$ 465.00	C\$ 3,255.00
		Tapones de 2 1/2"	c/u	1	C\$ 65.00	C\$ 65.00
		Yee de 1 1/2"	c/u	1	C\$ 130.00	C\$ 130.00
		Adaptador mixto PVC roscado 2 1/2"	c/u	8	C\$ 95.00	C\$ 760.00
		Adaptador mixto PVC roscado 1 1/2"	c/u	30	C\$ 35.00	C\$ 1,050.00
		Reductor PVC de 2 1/2" a 2"	c/u	1	C\$ 65.00	C\$ 65.00
		Pega PVC	Gls	6	C\$ 1,250.00	C\$ 7,625.70

330	10	NIVELACION Y CONFORMACION	M2	1395	C\$	4.95	C\$	6,902.78
335	00	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M3				C\$	122,228.24
335	01	MOVIMIENTO DE TIERRA PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO	M3				C\$	15,583.92
		Corte de material	m ³	1.875	C\$	300.00	C\$	562.50
		Concreto ciclópeo	m ³	4.76	C\$	500.00	C\$	2,377.96
		Piedra bolón	m ³	2	C\$	530.00	C\$	1,008.26
		Cemento Holcim de 42,5 kg	Bolsa	18	C\$	315.00	C\$	5,780.85
		Arena motastepe	m ³	2.3	C\$	650.00	C\$	1,507.03
		Grava de 3/4"	m ³	3	C\$	750.00	C\$	1,930.00
		Explotación de banco de material	m ³	6.794	C\$	300.00	C\$	2,038.26
		Acarreo de material	m ³	15.193	C\$	379.06	C\$	379.06
335	02	TRAZO Y NIVELACION	M2	6.25	C\$	50.00	C\$	1,128.06
		Cuartones 2"x2"x5vrs	c/u	5	C\$	60.00	C\$	275.56
		Reglas 1"x3"x5vrs	c/u	4	C\$	140.00	C\$	530.45
		Clavos de 2"	lbs	0.382	C\$	25.00	C\$	9.55
335	03	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE MAMPOSTERIA de 6m3	M3				C\$	13,365.31
		Cemento Holcim de 42,5 kg	Bolsa	17.5	C\$	315.00	C\$	5,499.55
		Arena motastepe	m ³	1.3	C\$	650.00	C\$	827.40
		Grava de 3/4"	m ³	2	C\$	750.00	C\$	1,197.18
		Acero de refuerzo de 40000 Psi Varilla N°3	qq	3.216	C\$	1,450.00	C\$	4,663.67
		Alambre de amarre N°18	lbs	18	C\$	30.00	C\$	530.69
		Acero de 1/4" para estribos	qq	0.45	C\$	1,450.00	C\$	646.82
335	04	MAMPOSTERIA EN TANQUE	M2	9.612	C\$	2,500.00	C\$	33,565.68
		Ladrillos de 6cm x 12cm x 24cm	c/u	553	C\$	7.00	C\$	3,869.93
		Arena motastepe	m ³	0.34	C\$	650.00	C\$	219.70
		Cemento Holcim de 42,5 kg	Bolsa	2.4	C\$	315.00	C\$	765.36
		Repello corriente (1cm)	m ²	26	C\$	31.22	C\$	811.72
		Arena motastepe	m ³	0.3	C\$	650.00	C\$	219.70
		Cemento Holcim de 42,5 kg	Bolsa	2.4	C\$	315.00	C\$	765.36
		Repello fino (0.5cm)	m ²	41.5	C\$	40.73	C\$	1,690.09
		Arena motastepe	m ³	0.2	C\$	650.00	C\$	150.77
		Cemento Holcim de 42,5 kg	Bolsa	3.3	C\$	315.00	C\$	1,043.06
200	05	PINTURA	M2	83.0	C\$	60.00	C\$	8,972.67
		Pintura asfáltica Protecto para tanque	gal	1.4	C\$	650.00	C\$	885.01
		Pintura Corona clásica color celeste cielo de aceite	gal	3	C\$	510.00	C\$	1,388.79
		brochas de 3"	c/u	3	C\$	60.00	C\$	180.00
		felpas	c/u	4	C\$	150.00	C\$	600.00
		Impermeabilizante Waterlock	gal	1.4	C\$	690.00	C\$	939.47
40	06	FORMALETAS	M2	39.2	C\$	77.16	C\$	5,576.87
		formaletas de 7"x1"x5vrs	c/u	6	C\$	250.00	C\$	1,392.37
		formaletas de 5"x1"x5vrs	c/u	6	C\$	200.00	C\$	1,159.83
330	07	INSTALACION DE TUBERIAS	M	21.6	C\$	6.00	C\$	129.83
330	08	TUBERIAS Y ACCESORIOS	C/U				C\$	27,464.49
		tubos HG° de 2" CED40-6mts	c/u	4	C\$	2,185.00	C\$	8,273.83
		Válvula de paso Br de 2"	c/u	8	C\$	780.00	C\$	6,240.00
		Codo HG° 90° de 2"	c/u	9.0	C\$	150.00	C\$	1,350.00
		Codo HG° 45° de 2"	c/u	1.0	C\$	145.00	C\$	145.00
		Tee de 2" HG°	c/u	2.0	C\$	150.00	C\$	300.00
		Tee reducida de 2,5"x2,5"x2" HG°	c/u	1.0	C\$	180.00	C\$	180.00
		Yee de 2" HG°	c/u	2	C\$	1,100.00	C\$	2,200.00
		Teflón de 1/2"x12mts	c/u	7	C\$	10.00	C\$	71.66
		Caja de válvula de ladrillo cuarterón, repello corriente y fino	global	1.0	C\$	2,182.50	C\$	2,182.50
		Caja de registro de ladrillo cuarterón, repello corriente y fino	global	1.0	C\$	971.50	C\$	971.50

335	09	CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES	M	28	C\$ 60.00	C\$ 17,569.47
		Alambre de púas nº 14	rollo	1.2	C\$ 1,450.00	C\$ 1,680.00
		postes de concreto tipo procon de 8*12cm de 2,5 mts	c/u	13	C\$ 430.00	C\$ 5,590.00
		arriostres de concreto de 2,4 mts @ 5 postes	c/u	8	C\$ 425.00	C\$ 3,400.00
		excavación para cerco perimetral	m ³	1.380	C\$ 40.19	C\$ 55.44
		Arena motastepe	m ³	1.1	C\$ 650.00	C\$ 730.81
		Cemento Holcim de 42,5 kg	m ³	11	C\$ 315.00	C\$ 3,467.32
		Grava de 3/4"	m ³	1.3	C\$ 750.00	C\$ 965.90
350	00	CONEXIONES	C/U			C\$ 112,975.63
350	01	CONEXIONES INTRADOMICILIARES	C/U	49	C\$ 300.00	C\$ 14,700.00
350	02	TUBERIA DE 1/2" DE DIAMETRO	M	240	C\$ 6.00	C\$ 6,040.00
		Tubería PVC-SDR 26 de 1/2"	c/u	40	C\$ 115.00	C\$ 4,600.00
350	03	MEDIDORES DE AGUA POTABLE	C/U			C\$ 72,750.00
		Medidor de agua de chorro múltiple con caja de protección	c/u	97	C\$ 750.00	C\$ 72,750.00
350	04	INSTALACION DE VALVULAS Y ACCESORIOS	C/U		C\$ 4,900	C\$ 19,485.63
		Válvula MIP PVC de 1/2" lisa	c/u	97	C\$ 38.00	C\$ 3,686.00
		Abrazadera PVC de 2-1/2" * 1/2"	c/u	2	C\$ 180.00	C\$ 360.00
		Abrazadera PVC de 1-1/2" * 1/2"	c/u	40	C\$ 33.00	C\$ 1,320.00
		Abrazadera PVC de 2" * 1/2"	c/u	7	C\$ 80.00	C\$ 560.00
		Codo PVC 90° de 1/2"	c/u	98	C\$ 60.00	C\$ 5,880.00
		Tapón PVC de 1/2"	c/u	49	C\$ 6.00	C\$ 294.00
		Adaptador PVC de 1/2" RL	c/u	194	C\$ 5.00	C\$ 970.00
		Pega PVC	Gls	1	C\$ 1,250.00	C\$ 1,515.63
360	00	PLANTA DE PURIFICACION	M3			C\$ 474,711.04
		FILTROS	C/U	2	C\$ 290,053	C\$ 470,312
		Cemento Holcim de 42,5 kg	bolsa	256	C\$ 315.00	C\$ 80,550.13
		Arena motastepe	m ³	21.59	C\$ 650.00	C\$ 14,034.59
		Arena para lecho filtrante	m ³	39.52	C\$ 350.00	C\$ 13,832.00
		Grava de 3/4"	m ³	19.7	C\$ 750.00	C\$ 14,781.85
		Grava de 1"	m ³	4.7	C\$ 970.00	C\$ 4,600.13
		Grava de 1/2"	m ³	3.2	C\$ 480.00	C\$ 1,517.57
		Grava de 1/4"	m ³	2.0	C\$ 240.00	C\$ 474.24
		Grava de 1/8"	m ³	2.0	C\$ 125.00	C\$ 247.00
		Acero liso de 1/4"	qq	5.11	C\$ 1,450.00	C\$ 7,403.22
		Acero corrugado de 3/8"	qq	15.83	C\$ 1,450.00	C\$ 22,960.22
		Alambre de amarre Nº18	Lbs	87.09	C\$ 30.00	C\$ 2,612.72
		Ladrillos de 6cm x 12cm x 24cm	c/u	4440	C\$ 7	C\$ 31,077.80
360	01	EQUIPO DE CLORINACION	C/U	1		C\$ 4,398.70
		Dosificador de pastillas de cloro marca Hayward (salida 1 1/2")	c/u	1	C\$ 4,319	C\$ 4,318.70
		Reductor PVC de 2" a 1 1/2"	c/u	2	C\$ 40.00	C\$ 80.00
362	00	OBRAS DE REPARACION	GLB			C\$ 49,344.05

362	01	TANQUE DE ALMACENAMIENTO EXISTENTE	M3			C\$	49,344.05
		Repello corriente	m ²	39	C\$	31.22	C\$ 1,210.73
		Repello fino	m ²	107.69	C\$	40.73	C\$ 4,386.19
		Construcción de borde libre (50cm)	m ²	5.95	C\$	2,500.00	C\$ 14,875.00
		Ladrillos de 6cm x 12cm x 24cm	c/u	342	C\$	7.00	C\$ 2,395.56
		Arena motastepe	m ³	1.4	C\$	650.00	C\$ 891.15
		Cemento Holcim de 42,5 kg	bolsa	14	C\$	315.00	C\$ 4,323.49
		Pintura	m ²	215.38	C\$	60.00	C\$ 12,922.74
		Pintura asfáltica Protecto para tanque	gal	4	C\$	650.00	C\$ 2,296.82
		Pintura Corona clásica color celeste cielo de aceite	gal	7	C\$	510.00	C\$ 3,604.23
		Impermeabilizante Waterlock	gal	4	C\$	690.00	C\$ 2,438.16
370	00	LIMPIEZA Y ENTREGA	GLB			C\$	30,000.00
370	01	LIMPIEZA FINAL	GLB	1	C\$	30,000.00	C\$ 30,000.00
516	00	CAPACITACION DE COMITES DE MANTENIMIENTO	GBL			C\$	69,469.50
516	01	PERSONAL PARA CAPACITACION					11250
		Coordinador-monitor	hrs	30	C\$	55.00	C\$ 1,650.00
		Promotores	hrs	60	C\$	50.00	C\$ 3,000.00
		Capacitadores	hrs	60	C\$	110.00	C\$ 6,600.00
516	02	MATERIAL DIDACTICO					1890
		Guía metod. Del cap.	c/u	2	C\$	70.00	C\$ 140.00
		Folleto p/capacitación	c/u	50	C\$	35.00	C\$ 1,750.00
516	03	MATERIAL DE APOYO					4579.5
		Lapiceros	c/u	100	C\$	3.00	C\$ 300.00
		Afiches	c/u	45	C\$	15.00	C\$ 675.00
		Cuaderno (100 Págs.)	c/u	45	C\$	25.00	C\$ 1,125.00
		Cartulina	c/u	3	C\$	6.50	C\$ 19.50
		Cinta adhesiva (máquina tape)	rollo	5	C\$	21.00	C\$ 105.00
		Marcadores gruesos	c/u	10	C\$	23.00	C\$ 230.00
		Papelógrafos bond No 32	c/u	16	C\$	3.00	C\$ 48.00
		Caja de chinche	c/u	2	C\$	26.00	C\$ 52.00
		Certificados	c/u	45	C\$	45.00	C\$ 2,025.00
516	04	ALIMENTACION, REFRIGERIOS Y TRANSPORTE				C\$	51,750.00
		Refrigerios (5*2*50 personas)	c/u	500	C\$	40.00	C\$ 20,000.00
		Almuerzo (5*50 personas)	c/u	250	C\$	115.00	C\$ 28,750.00
		Transporte (combustible)	gal	20	C\$	150.00	C\$ 3,000.00
		TOTAL COSTOS DIRECTOS				C\$	1,620,998.44

Administración 5%	C\$	81,049.92
Impuestos (2% municipal)	C\$	32,419.97
Total Materiales	C\$	699,406.00
Total M.O	C\$	921,592.45
Costo Total del Proyecto	C\$	1,734,468.33

43% del total
57% del total

4.7 Operación y mantenimiento del sistema

4.7.1 Responsable de operación y mantenimiento

Se debe organizar una Junta Administradora de los Servicios de Saneamiento (JASS) responsable del mantenimiento y operación del sistema de agua potable.

Responsabilidades que debe cumplir el operador:

1. Operar y mantener adecuadamente el servicio.
2. Inspeccionar periódicamente cada componente del sistema.
3. Responder ante la JASS sobre el estado general del sistema.
4. Llevar el registro y control de la operación y mantenimiento, haciendo un reporte mensual a la JASS.
5. Informar a la JASS sobre las necesidades de adquisición de materiales, herramientas, repuestos e insumos para el buen funcionamiento del sistema.

El operador u operadora deberá vivir en la comunidad a la que representa, ser usuario, saber leer y escribir, ser mayor de 18 años y, haber participado en los talleres de capacitación para operadores y en las actividades de interés comunal. Es importante que durante la ejecución de obra se capaciten, además de los miembros de la JASS a los usuarios de la comunidad, para que posteriormente asuman el cargo de operadores u operadoras.

4.7.2 Mantenimiento preventivo

4.7.2.1 Operación- puesta en marcha

Para poner en operación, abrir la válvula de entrada al reservorio y la salida hacia la red de distribución. Cerrar la válvula del by pass y de desagüe o limpia.

La operación se realiza luego de la limpieza y desinfección de la parte interna del depósito de almacenamiento.

4.7.2.2 Limpieza y desinfección

4.7.2.2.1 La limpieza exterior

1. Abrir el candado y levantar la tapa de la caseta de válvulas.
2. Limpiar las piedras y malezas de la zona que rodea al reservorio.
3. Limpiar las paredes y el techo exterior del reservorio.
4. Limpiar el canal de limpia o desagüe.

5. Proteger la tubería de desagüe para evitar la entrada de animales pequeños.

4.7.2.2.2 Limpieza interior

1. Cerrar la válvula de entrada y la de salida, luego abrir la válvula de desagüe o limpia para desaguar. Abrir la válvula del by pass para beneficiar directamente de agua a la red de distribución.
2. Levantar la tapa de inspección para comprobar si está vacío el reservorio.
3. Cerrar la válvula del by pass y abrir la válvula de ingreso de agua al reservorio.
4. Aprovechando el agua que ingresa, con una escobilla limpiar las paredes y el fondo del reservorio.
5. Con un balde echar agua a las paredes interiores hasta que esté eliminada toda la suciedad.

4.7.2.2.3 Desinfección

La desinfección se realizará después de la construcción del segundo tanque de almacenamiento y mantenimiento del tanque existente.

Primera parte

1. Echar cuatro (4) cucharas grandes con hipoclorito de calcio al 30-35% a un Recipiente de 20 litros de capacidad y disolverlo bien.
2. Con la solución y un trapo frotar accesorios, paredes y piso.
3. Cerrar la válvula de desagüe y limpia y llenar el reservorio.

Segunda parte

1. Para preparar una solución de hipoclorito de calcio al 30-35% de acuerdo al volumen del reservorio, con una concentración de 50 partes por millón. Para este caso se utilizará la información del anexo tabla 5.5, donde se indica la cantidad de hipoclorito en número de cucharas y la cantidad de agua para preparar la solución.
2. Disolverlo bien.
3. Cuando esté en la mitad de su capacidad el reservorio, echar poco a poco la solución de hipoclorito de calcio, procurando que se disuelva bien.
4. Una vez lleno, cerrar la válvula de entrada y abrir el by pass para abastecer de agua a la red. Dejar la solución de hipoclorito de calcio en el reservorio durante cuatro (4) horas por lo menos.

5. Transcurrido ese tiempo, vaciar el agua del reservorio a la red si se tiene que desinfectar el sistema de distribución, o en su defecto vaciar abriendo la válvula de limpia.
6. Luego de las cuatro (4) horas que dura la retención de la solución en el reservorio se abre la válvula de limpia eliminando toda el agua.
7. Para poner en marcha, se cierra la válvula del by pass y la de limpia, y se abre la válvula de salida a la línea de aducción.
8. Cerrar y asegurar las tapas metálicas del buzón de inspección y la caseta de válvulas.

4.7.2.3 Mantenimiento

Frecuencia	Actividades	Herramientas y materiales
Mensual	1. Maniobrar las válvulas de entrada, salida y rebose para mantenerlas operativas.	
Trimestral	1. Limpiar piedras y malezas de la zona cercana al reservorio. 2. Limpiar el dado de protección de la tubería de limpia y desagüe y, el emboquillado del canal de limpia. 3. Limpiar el canal de escurrimiento.	Pico, lampa, machete. Balde graduado en litros, reloj y libreta de campo.
Semestral	1. Limpiar y desinfectar el reservorio. 2. Lubricar y aceitar las válvulas de control. 3. Revisar el estado general del reservorio y su protección, si es necesario resanarlo. 4. Verificar el estado de la tapa sanitaria y de la tubería de ventilación. 5. Proteger con pintura anticorrosiva las válvulas de control. 6. Pintar las escaleras del reservorio.	Escobilla, escoba, brocha, lija. Hipoclorito, pintura, cemento, arena.
Anual	1. Mantener con pintura anticorrosiva todos los elementos metálicos. 2. Pintar las paredes externas y el techo del reservorio.	Brocha, lija, pintura

Fuente: Procedimientos para la operación y mantenimiento de captaciones y reservorios de almacenamiento. Ing. Roger Agüero. Lima 2004

4.7.3 Mantenimiento correctivo

En caso de que el sistema presente problemas se tomaran las siguientes medidas dependiendo del caso que se presente.

4.7.3.1 Agua sucia (color, olor, sabor)

Si el agua sale sucia desde el punto de captación puede deberse a la acumulación de sedimentos, se debe a retirar todo el material acumulado, especialmente hojas y madera. Después se abre la válvula de drenaje para sacar el resto de los sedimentos, se cepillan las paredes del dique o restriegan con una escoba de plástico en la superficie donde se acumulen algas y suciedad y después se cierra nuevamente la llave.

Si el agua que viene de la línea de conducción entra sucia al tanque, y en la pila de captación está limpia, significa que hay fuga en la línea de conducción, se realiza un recorrido por la línea de conducción para encontrar el punto de fuga y proceder a su reparación, si no se encuentra la fuga a simple vista entonces se descubre la tubería, primero se descubre un tubo a partir de la unión, si al descubrir las uniones no se encuentran fugas, entonces se descubre totalmente la tubería.

Si el agua llega sucia a las tomas y el tanque está limpio, se realiza una inspección por todo el trazado de la tubería, si no se detecta ninguna fuga a simple vista, se deberá seguir el mismo procedimiento para detectar las fugas en la línea de conducción. Finalmente abrimos las llaves hasta que salga el agua sucia.

4.7.3.2 No llega el agua en las tomas

Si el agua que llega al tanque es adecuada y no llega agua a las tomas, entonces puede ser que hay fugas en la red de distribución, o que esta obstruida o hay derroche de agua en la parte baja del sistema. Entonces se debe realizar inspección por toda la red.

Primero se buscarán fugas en la red, si no se detecta ninguna fuga a simple vista, se seguirá el mismo procedimiento de detección de fuga que se explicó para la línea de conducción.

Si no hay derroche de agua y no se detectan fugas, entonces hay obstrucción en la red de distribución. En el sector donde no llega el agua se consulta con la población

para saber si el agua no les llega a todos o sólo a algunos, esto permite conocer si la obstrucción es en la tubería principal o en las tomas.

Si se determina que es en las tomas, se procede cortando la tubería para separar el sistema en partes, si al cortar un tramo se descubre que en las llaves no hay agua y donde cortamos la tubería si hay agua, entonces la obstrucción está en la parte de las tomas, o sea donde no sale agua.

Si al cortar un tramo se tiene que en el corte no sale agua, entonces la obstrucción está en la parte de arriba, o sea de donde viene el agua. Para hacer las reparaciones de los cortes debemos cerrar el flujo de agua, cerrando la llave más próxima al corte.

4.7.4 Reparación de tuberías y válvulas

Si las tuberías de conducción y distribución se presentan fugas de agua causadas por rupturas de los tubos o por desajustes o desgaste en algunos accesorios y válvulas.

Fugas de agua por rupturas de tuberías o accesorios de PVC

1. Cortar el flujo del agua cerrando la válvula de salida, si el daño está en la línea de conducción se corta el servicio en la zona a reparar o si es en la red de distribución excavamos donde está el daño hasta dejar expuesta la tubería y se corta la parte dañada del tubo. Se excava al menos 6 metros hacia cada lado del punto del daño, para facilitar el trabajo de reparación.
2. Se deben limpiar y secar los extremos del tubo. Aplicar una capa delgada de pegamento PVC en los extremos del tubo y en el interior de la unión o accesorio a utilizar.
3. Colocar el accesorio de unión en un extremo del tubo, levantar ambos extremos hasta una altura que permita embonarlos, los embonamos y bajamos la tubería a su posición anterior.
4. Dejar fluir el agua por la tubería para comprobar que no hay fugas, rellenar para cubrir el tubo y compactamos la zanja hasta dejar la superficie del terreno tal como estaba antes del daño.

Fugas de agua en las válvulas de pase

1. Cortar el flujo del agua cerrando la válvula de salida si el daño está en la línea de conducción, o cortar el servicio en la zona a reparar si es en la red de distribución.
2. Utilizando las herramientas adecuadas desarmar la válvula para revisar el daño.
Es preciso que la válvula la revise una persona especializada.
3. Si existe obstrucción, se quita y cambia el empaque si está desgastado.
4. Si no es posible su reparación, se cambia la válvula.

4.7.5 Recomendaciones generales

- a) Mantener una reserva de materiales y herramientas necesarios para realizar cualquier reparación del sistema.
- b) El pegamento PVC que no debe tener más de seis meses de fabricado.
- c) No añadir disolventes al pegamento PVC.
- d) Aplicar el pegamento preferiblemente utilizando una brocha de media pulgada.
- e) Mantener el recipiente de pega tapado y de preferencia en la sombra, mientras se realizan los mantenimientos y reparaciones.
- f) Utilizar lija fina, preferiblemente número 180, para lijar los tubos en las partes que se hace la conexión.
- g) Utilizar, preferiblemente accesorios nuevos.
- h) Los accesorios a utilizar tienen que ser del mismo diámetro que el tubo a reparar y de la misma cédula.
- i) Cerrar las válvulas de pase antes de hacer cualquier reparación.
- j) Esperar de media a una hora después de reparado un tubo o accesorio para dejar pasar el agua por la tubería.
- k) Evitar que los niños o niñas se cuelguen del tubo instalado en los puestos de agua y las tomas de patio.
- l) No permitir que las personas jueguen en las partes del sistema (tanque, tomas de agua).
- m) Garantizar la utilización del agua solo para el consumo humano.
- n) Mantener una copia de los planos del sistema en la comunidad para facilitar la búsqueda de los daños en el sistema.

4.7.6 Filtro

Actividades para poner en marcha un nuevo filtro lento en arena.	
ACTIVIDAD	ACCIONES CLAVE
Llenar el filtro lentamente y en forma ascendente	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecer la unidad hasta que el agua aparezca sobre la superficie de arena.
Nivelar la superficie del lecho de arena.	<ul style="list-style-type: none"> • Abrir la válvula de vaciado para descender el nivel de agua hasta 0.1 m debajo de la superficie de arena. • Nivelar las irregularidades en la superficie de arena.
Poner en marcha el filtro	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar nuevamente el llenado ascendente hasta que el nivel del agua alcance 0.2 m sobre la superficie de arena. • Abrir la válvula de entrada de regulación del filtro y mantener la velocidad de filtración en 0.02 m/h. • Abrir la válvula de desagüe de la cámara de agua filtrada. • Aumentar la velocidad de filtración 0.02 m/h cada semana hasta alcanzar la velocidad de diseño (generalmente 0.10 ó 0.15 m/h). Si al alcanzar la velocidad de diseño, la turbiedad es superior a 5 UNT, se debe continuar con la misma velocidad hasta que la turbiedad sea inferior a 5 UNT.
Retirar material flotante	<ul style="list-style-type: none"> • Retirar material desprendido del lecho filtrante con una nasa.
Revisar calidad del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Durante el período de maduración del filtro, medir a diario si el agua filtrada reúne los criterios de calidad acordados para suministro.
Pasar el agua filtrada al sistema de abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la calidad el agua filtrada sea aceptable, cerrar la válvula de desagüe del agua filtrada y abrir la válvula de distribución.

Fuente: Guías para la operación y mantenimiento de sistemas de filtración de múltiples etapas. Organización panamericana de la salud. 2005

Actividades de operación normal de un filtro lento en arena con control a la entrada.	
ACTIVIDAD	ACCIONES CLAVE
Remover el material flotante	<ul style="list-style-type: none"> • Retirar material desprendido del lecho filtrante con una nasa.
Medir la velocidad de filtración	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar en la regla de aforo o vertedero.
Regular la velocidad de filtración	<ul style="list-style-type: none"> • Manipular la válvula de entrada para mantener la velocidad de filtración constante.
Decidir la limpieza del lecho	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la altura del agua alcance el nivel de la tubería de rebose, se debe suspender el funcionamiento del filtro en servicio e iniciar su limpieza. • Programar la limpieza de manera que solo una unidad salga de operación, mientras el otro funciona.

Fuente: Guías para la operación y mantenimiento de sistemas de filtración de múltiples etapas. Organización panamericana de la salud. 2005

4.7.6.1 Mantenimiento del filtro

Procedimiento para limpiar un lecho filtrante de arena.	
ACTIVIDAD	ACCIONES CLAVE
Extraer el material flotante.	<ul style="list-style-type: none"> • Retirar el material flotante con una nasa.
Drenar el agua sobrenadante	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrar la válvula de entrada. • Abrir la válvula de vaciado. • Limpiar las paredes del filtro con un cepillo largo. • Cerrar la válvula de vaciado cuando el agua llegue a 0.20 m por debajo de la superficie del lecho filtrante.
Mantener la producción de agua de la planta	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar la velocidad de filtración en los otros filtros; la velocidad no debe exceder de 0.30 m/h.

Fuente: Guías para la operación y mantenimiento de sistemas de filtración de múltiples etapas. Organización panamericana de la salud. 2005.

Procedimiento para limpiar un lecho filtrante de arena.	
ACTIVIDAD	ACCIONES CLAVE
Raspar la capa superior	<ul style="list-style-type: none"> • Marcar áreas (3 x 3 m²) raspando en franjas estrechas. Raspar de 1 a 3 cm de la parte superior de cada área.
Retirar el material raspado	<ul style="list-style-type: none"> • Trasladar el material raspado
Retirar el equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Retirar el equipo de la zona de trabajo.
Nivelar la superficie de arena	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar una tabla o un rastrillo de dientes finos para nivelar la superficie.
Comprobar la profundidad del lecho de arena	<ul style="list-style-type: none"> • Medir la altura desde el borde superior del muro hasta el lecho filtrante.
Dar tiempo para la maduración biológica	<ul style="list-style-type: none"> • La maduración generalmente toma de 1 a 2 días en zonas tropicales (siempre y cuando la limpieza no dure más de 1 día).
Ajustar la velocidad de filtración	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar lentamente la velocidad de filtración en la unidad raspada, simultáneamente reduzca la velocidad de filtración en los otros filtros sobrecargados, hasta alcanzar la velocidad de operación normal en todas las unidades.
Pasar el agua al sistema de suministro	<ul style="list-style-type: none"> • Si al segundo día la calidad del agua efluente del filtro recién raspado es aceptable, abra la válvula de suministro.

Fuente: Guías para la operación y mantenimiento de sistemas de filtración de múltiples etapas. Organización panamericana de la salud. 2005

Procedimiento para rearenar un filtro lento de arena.	
ACTIVIDAD	ACCIONES CLAVE
Raspar la capa superior	<ul style="list-style-type: none"> • Seguir los procedimientos indicados para limpiar el lecho filtrante.
Drenar el agua del lecho filtrante	<ul style="list-style-type: none"> • Abrir la válvula de vaciado
Extraer la arena	<ul style="list-style-type: none"> • Dependiendo del tamaño del filtro dividir la superficie en varias partes y rearene una por una. • Tener en cuenta que ha retirado 0.50 m y la altura de lecho remanente en el filtro es 0.50 m. • Retirar la arena de una zona del filtro y colóquela a un lado, no saque la arena gruesa ni la grava de soporte.
Rellene el lecho de arena	<ul style="list-style-type: none"> • Rellenar con arena limpia el filtro, utilizando la almacenada en la caseta, hasta alcanzar una altura de 0.50 m, coloque sobre ésta la que previamente ha amontonado; hasta alcanzar la altura máxima de arena. • Continuar el raspado con las otras zonas del filtro, utilizando el mismo procedimiento.
Nivelar la superficie de arena	<ul style="list-style-type: none"> • Nivelar la superficie de la arena, de la misma manera que se hace después del raspado
Poner en servicio nuevamente el filtro	<ul style="list-style-type: none"> • Seguir el procedimiento indicado en los cuadros anteriores
Dejar madurar el lecho filtrante	<ul style="list-style-type: none"> • En condiciones tropicales, la maduración después de reponer la arena tomará de 3 a 15 días, dependiendo de la calidad de agua afluente.

Fuente: Guías para la operación y mantenimiento de sistemas de filtración de múltiples etapas. Organización panamericana de la salud. 2005.

Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El sistema de agua potable de la comunidad Mancotal abajo del municipio de Jinotega se encuentra en un mal estado, funcionando de una forma ineficiente del cual lo reutilizable fue únicamente el tanque de almacenamiento y redes secundarias del sistema, los demás componentes del mismo fueron diseñados nuevamente.

Para que la elaboración del sistema de agua potable para la comunidad sea sustentable para mantenerse en funcionamiento se deberá de aumentar la tarifa del costo del servicio.

Para la correcta operación y el mantenimiento del sistema se organizará un CAPS dentro de la comunidad el cual estará a cargo de llevar a cabo las labores para el buen funcionamiento del sistema de agua potable.

5.2 Recomendaciones

Realizar el sistema de alcantarillado y saneamiento de la comunidad en acompañamiento del sistema de agua potable.

Crear un vertedero controlado donde las personas de la comunidad puedan desechar la basura de sus hogares tratando de disminuir la contaminación por quemas de la misma.

Dar la correcta operación y mantenimiento del sistema de agua potable para así garantizar su buen funcionamiento y calidad del agua.

Brindar capacitación a las personas encargadas del comité del agua en la comunidad acerca de la operación y el mantenimiento que debe recibir el sistema para su correcto funcionamiento.

Bibliografía

Dirección General de Inversiones Públicas, del ministerio de hacienda y credito publico. (s.f.). Metodologia de preinversion para proyectos de agua y saneamiento . Managua .

Acosta Carlon , C. A. (s.f.). Estudio de control de costo en construcciones .

Aguero, I. R. (2004). Procedimientos para la operacion y mantenimiento de captaciones y recervorios de almacenamiento. Lima: Organizacion Panamericana de la salud. Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/041_operaci%C3%B3n_y_mantenimiento_de_captaciones_y_reservorios/Operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20captaciones%20y%20reservorios.pdf

AVODEC, V. C. (15 de MARZO de 2019). GERENTE SUCURSAL JINOTEGA. (L. PINEDA, Entrevistador)

Ayllon Magne, F. (2008). Abastecimiento, diseño y construccion de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza e la asignatura de ingenieria sanitaria I. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simon, Facultad de ciencias y tecnologias.

Cahuana Y Yugar, A. A. (2009). MATERIAL DE APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE HIDROLOGIA CIV-233. COCHABAMBA-BOLIVIA: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2012/08/18/descargar-libro-completo-de-hidrologia/>

CAPRE. (1993). Normas de calidad de agua para consumo humano. San Jose Costa Rica.

CONAGUA. (s.f.). Desinfección para sistemas de agua potable y saneamiento. En CONAGUA, Manual de agua potable, Alcantarillado y Saneamiento. (Vol. 23, págs. 45-167). Mexico: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (s.f.). Estudios Técnicos Para Proyectos de Agua. Mexico, D.F.

- Conagua, C. N. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Coyoacán, México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Cruz, i. C. (2010). Manual de uso "Microsoft Project". Santa Cruz-Bolbia.
- Huembes, A. O. (2019). Evaluacion economica-social en proyectos de agua y saneamiento rural FISE. Managua.
- INAA. (1999). Abastecimiento de agua potable. Managua-Nicaragua.
- INAA. (1999). NTON 09-001-09 Norma Rural. En Normas tecnicas para el diseño de abastecimiento y potabilizacion del agua. Nicaragua.
- INIFOM , A. (s.f.). Manual de presupuesto de obras municipales. Managua, Nicaragua.
- MAGFOR. (2013). INIDE.
- MANCUERNA. (s.f.). Manual de Administración, operación y mantenimiento de sistemas de agua potable y saneamiento. San Marcos.
- NTON. (2000). NORMAS TECNICAS PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO Y POTABILIZACIÓN DEL AGUA . Managua-Nicaragua.
- Organizacion panamericana de la salud, O. (2005). GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS. Lima.
- Quintero, M. T. (1985). El diagnostico social. Humanitas.
- Rojas, J. A. (1999). POTABILIZACION DEL AGUA 3a Edición . colombia: Pitágoras 1139, Col. Del Valle 03100, México, D. F. .
- salud, O. P. (2004). Procedimientos para la operacion y mantenimiento de captaciones y reservorios de almacenamiento . Lima .
- salud, O. p. (2005). Guia para la operacion y mantenimiento de sistemas de filtracion de multiples etapas . lima .

Anexos

Diagnóstico

Imagen 1.1 Forma de la fuente



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.2 Vista en alto del punto de toma



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.3 estructura obra de captación



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.4 obra de captación



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.5 Medición de caudal con balde



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.6 Pruebas de cloro y pH



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.7 Pruebas de cloro y pH



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.8 Aplicación de gotas para medir pH



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.9 Tabletas para prueba de cloración Imagen 1.10 Accesorios para medir el cloro en el agua



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.11 Prueba de cloración



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.12 Tanque almacenamiento



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.13 Tanque



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.14 Válvula de pase en el tanque



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.15 Aplicación de pastilla de cloro en
entrada del tanque



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.16 Tubería en línea de
conducción



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.17 Tubería Hg línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.19 Tubería línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.18 Tubería PVC línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.20 Paso sobre pilotes en línea de conducción con tubería Hg



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.21 Reducción de diámetro en tubería



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.22 Flujo de agua en casa de la zona alejada



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.23 Presión en zona alejada



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.24 Presión en zona baja



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.24 Flujo de agua en casa de zona baja



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.25 Presión en zona alta



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.26 Toma de muestras de agua



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1.27 Toma de muestras de agua de agua



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Pérdida de carga por fricción aplicando Hazen-Williams con caudal de diseño año 2011.

		Para el caudal de diseño 2011						
		Q (l/s)	0.89					
	Diámetro (in)	L	m/m	S	hf	Diferencia de elevación entre tanque y la fuente	Pérdida Carga residual	
PVC	2"	102	0.0029	0.29%	0.30			
PVC	1 1/2"	60	0.0086	0.86%	0.52			
PVC	1 1/4"	953	0.0168	1.68%	16.03			
					16.85	17.65	0.80	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Pérdida de carga por fricción aplicando Hazen-Williams con caudal de diseño año 2019.

		Para el caudal de diseño 2019						
		Q (l/s)	1.692					
	Diámetro (in)	L	m/m	S	hf	Diferencia de elevación entre tanque y la fuente	Pérdida Carga residual	
PVC	2"	102	0.0125	1.25%	1.28			
PVC	1 1/2"	60	0.0370	3.70%	2.22			
PVC	1 1/4"	953	0.0720	7.20%	68.57			
					72.07	17.65	-54.42	

Fuente: Elaboración propia

Topografía

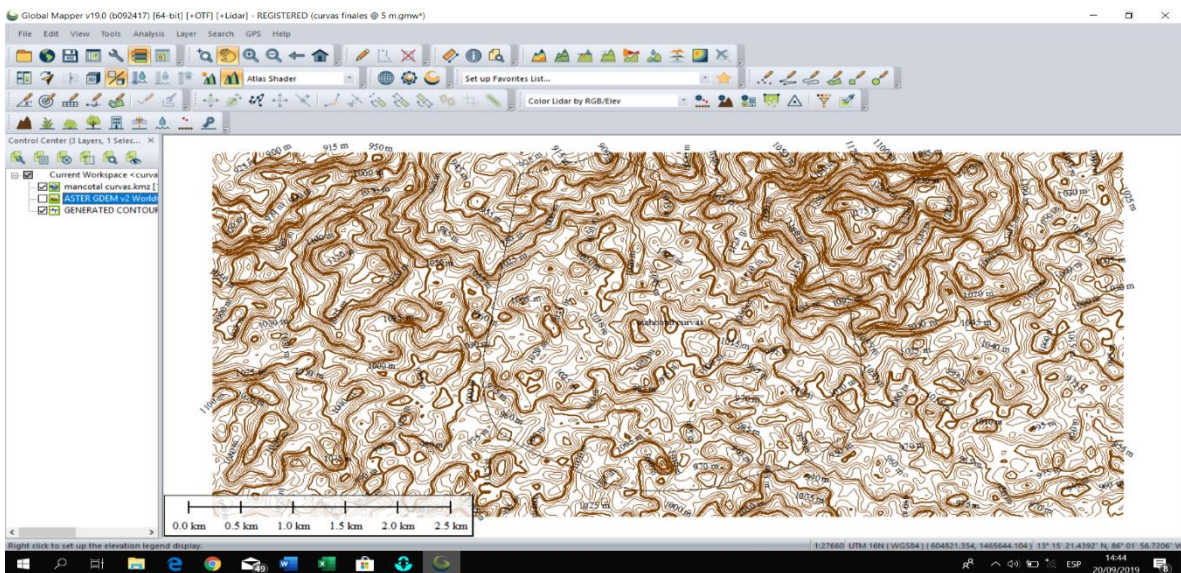
Imagen 2.1 Toma de puntos del sistema Imagen 2.2 Equipo utilizado, estación total



Fuente: Elaboración propia

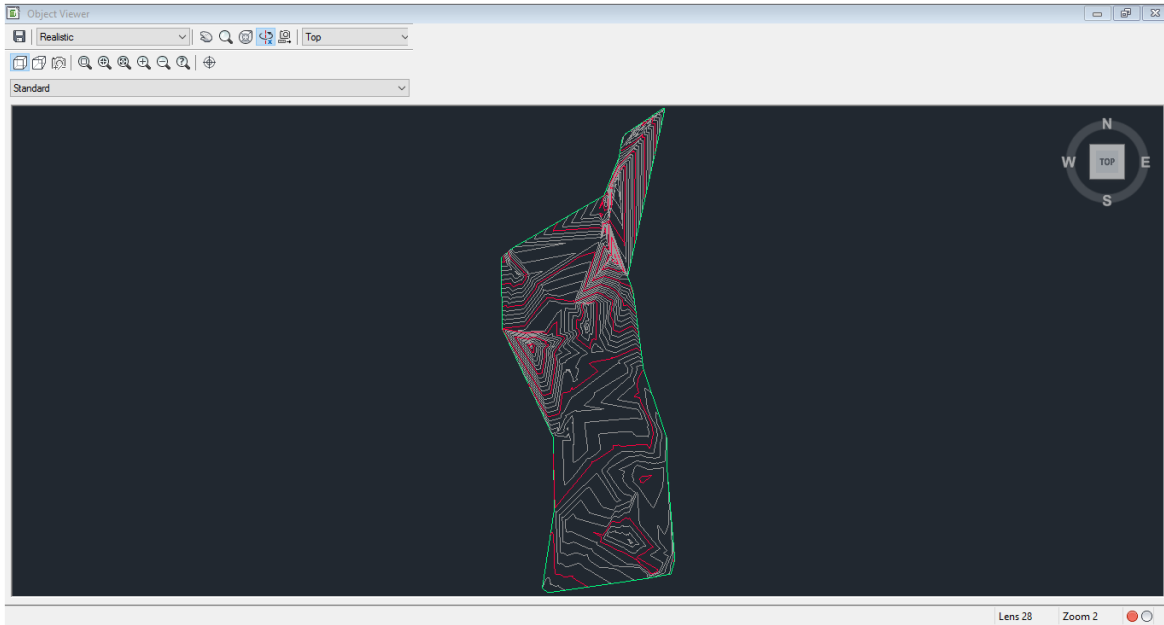
Fuente: Elaboración propia

Imagen 2.3 aster elaborado en Global Mapper (Curvas de nivel), realizado para obtener una idea de la diferencia de elevación entre la fuente y el tanque de almacenamiento.



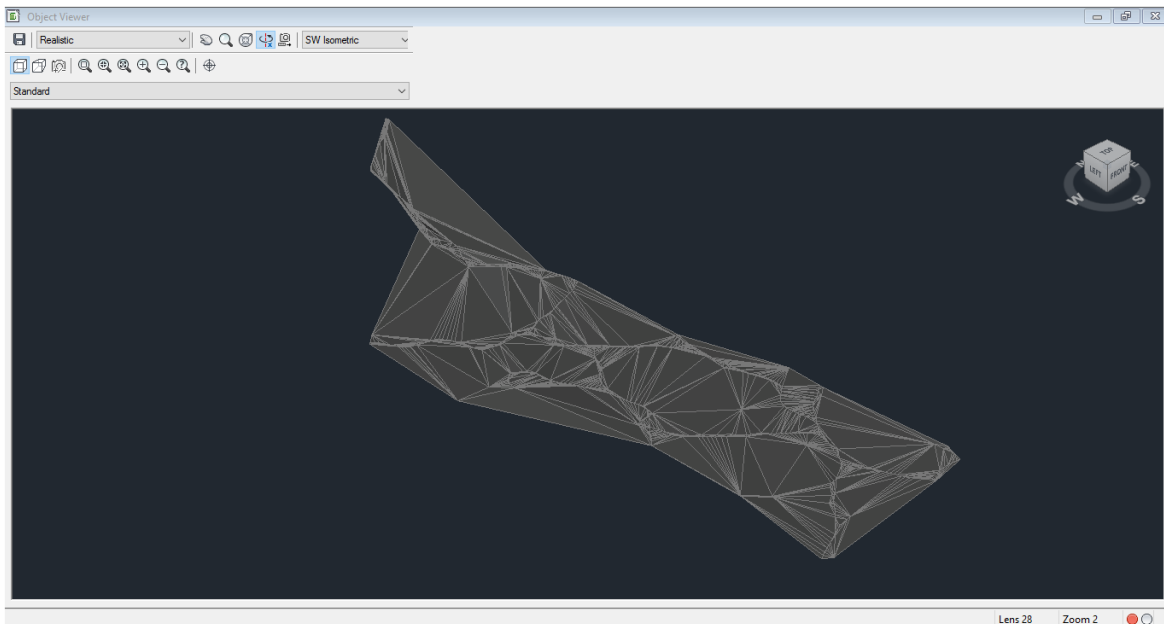
Fuente: Elaboración propia

Imagen 2.4 Curvas de nivel generadas en el software civil3D



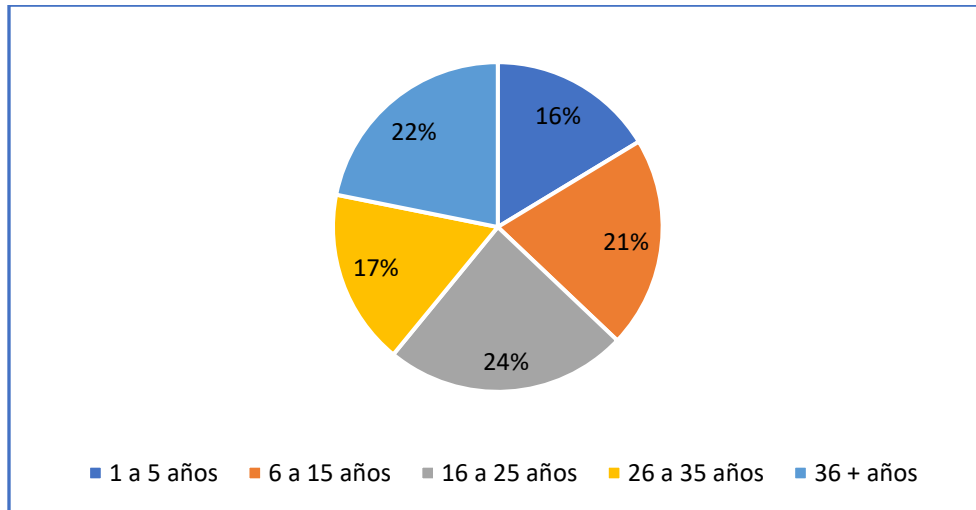
Fuente: Elaboración propia

Imagen 2.5 Vista en perfil de la forma superficial del terreno en el software civil3D



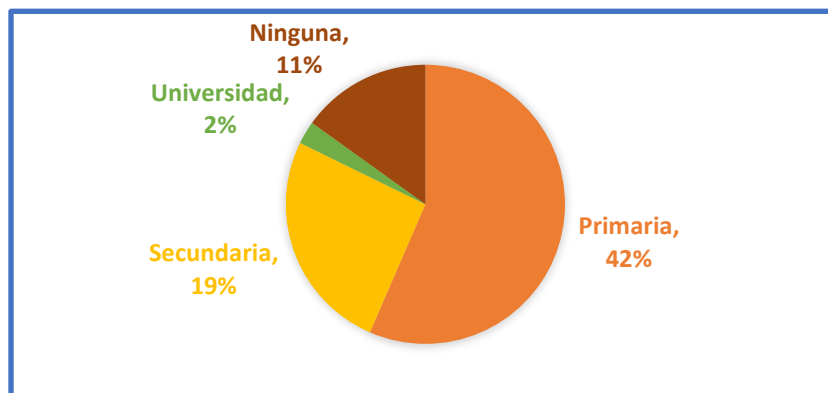
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.1. Porcentaje de edades Mancotal abajo.



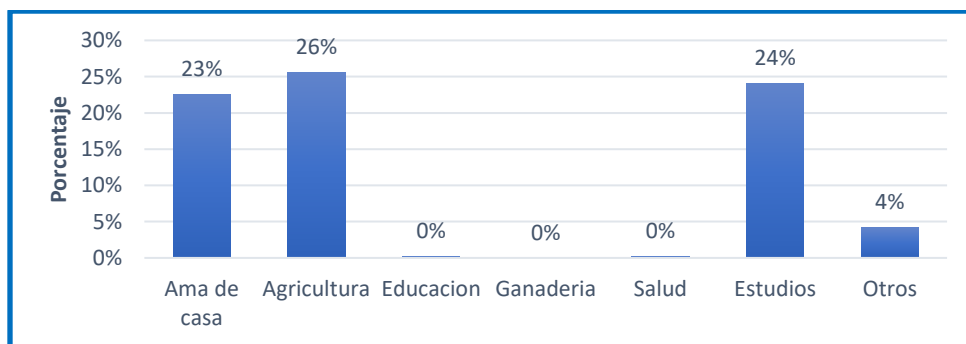
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.2. Nivel de escolaridad.



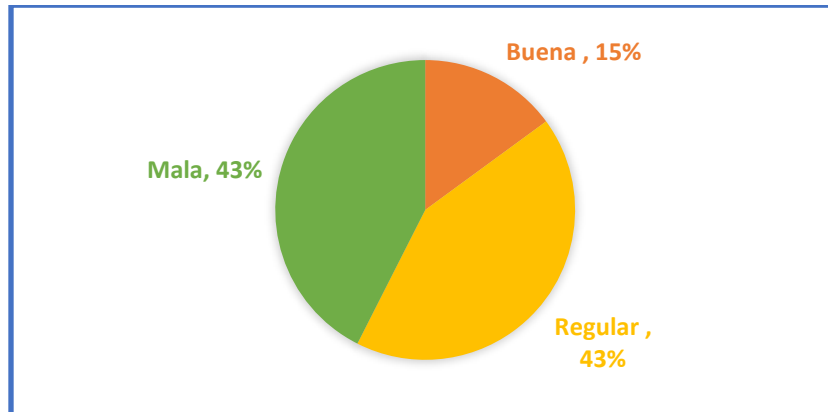
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.3. Ocupacion a la que se dedican sus habitantes.



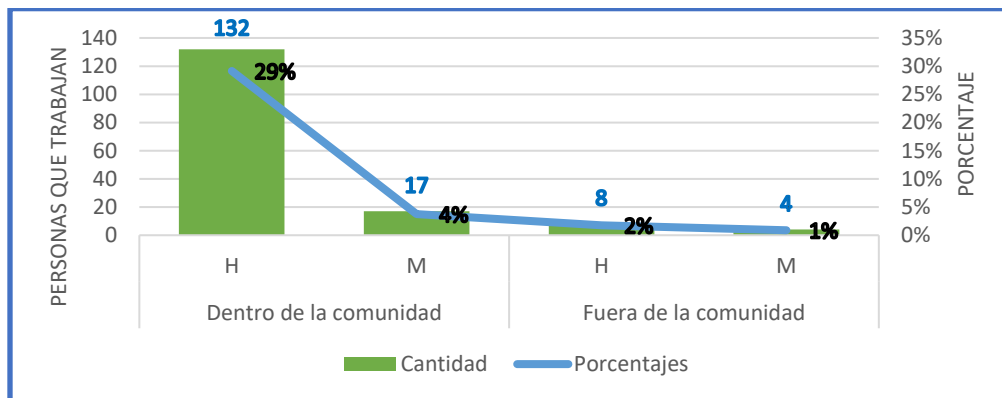
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.4. Condiciones de las viviendas - Estado actual.



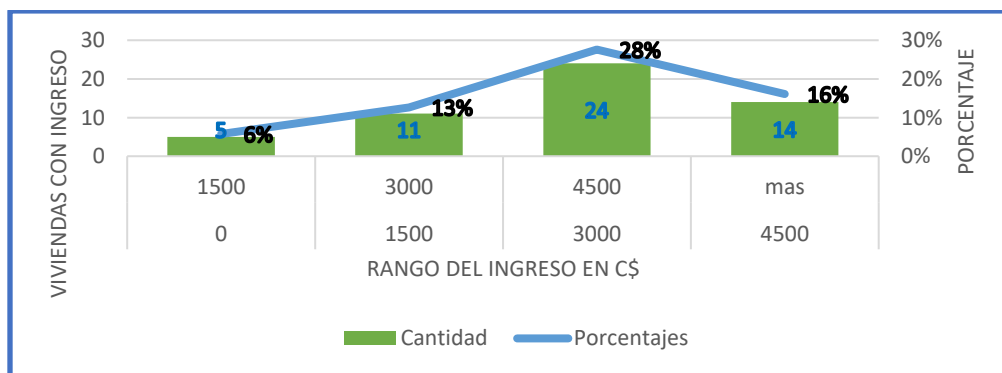
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.5. Condiciones de las viviendas – Trabajo, dentro o fuera de la comunidad.



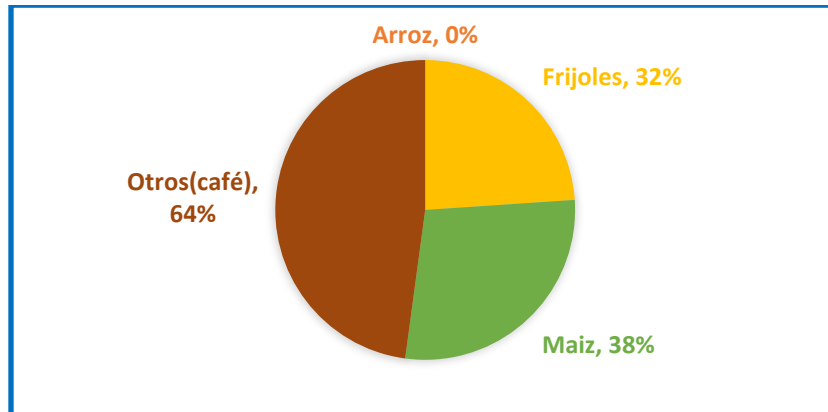
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.6. condiciones de las viviendas – Ingreso mensual por vivienda



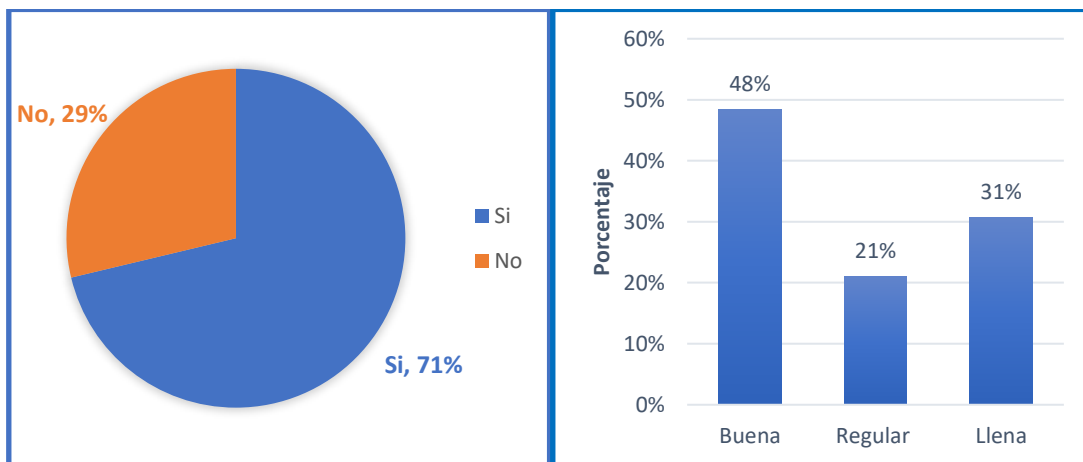
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.7. Condiciones de las viviendas – Cultivos dentro de la comunidad.



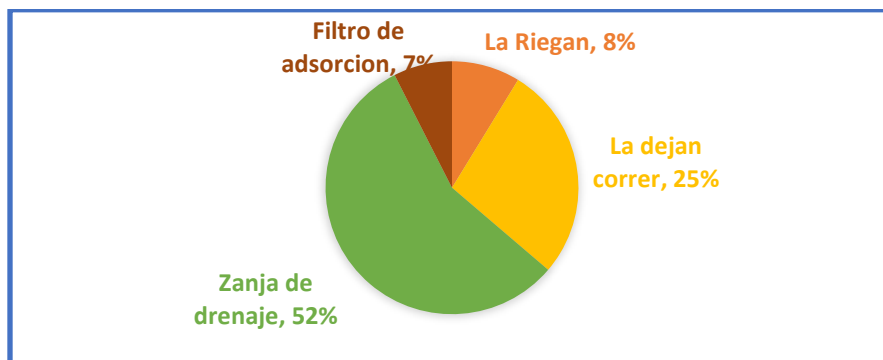
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.8. Saneamiento e higiene – Uso de letrinas en la comunidad.



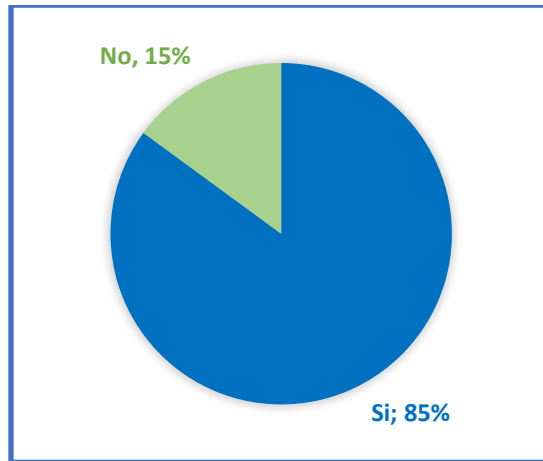
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.9. Saneamiento e higiene – Higiene ambiental.



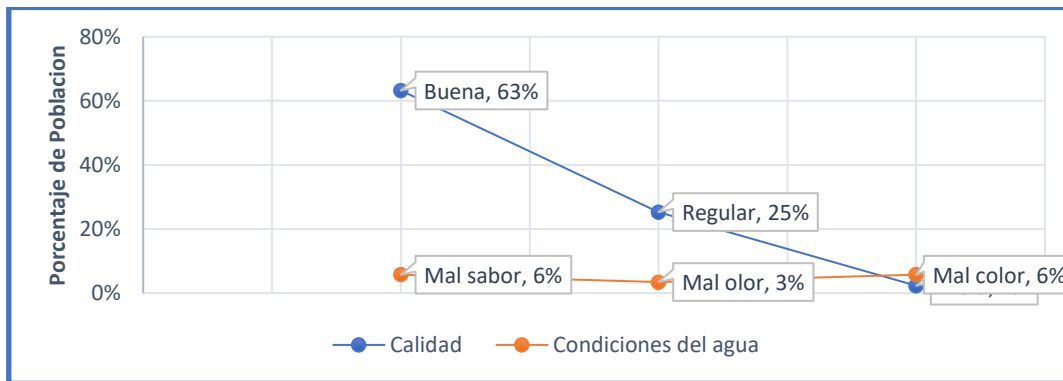
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.10. Viviendas con servicio actual de AP.



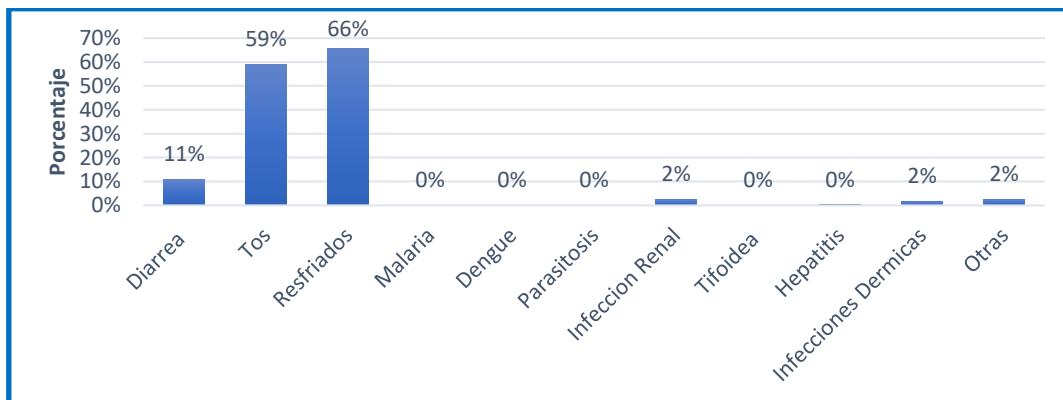
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.11. Calidad del agua potable que consumen



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.12. Situación de salud de las viviendas.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Parámetros bacteriológicos

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

Fuente: Norma NTON 09 003-99

Tabla 4. Parámetros organolépticos

**TABLA 3-2
PARAMETROS ORGANOLEPTICOS**

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Color verdadero	mg/L (pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12° C 3 a 25° C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12° C 3 a 25° C

Fuente: Norma NTON 09 003-99

Tabla 5. Parámetros para sustancias no deseadas

**TABLA 3-4
PARAMETROS PARA SUSTANCIAS NO DESEADAS**

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo admisible
Nitrato - NO-1 ₃	mg/L	25	45
Nitritos - NO-1 ₂	mg/L	0.1	1
Amonio	mg/L	0.05	0.5
Hierro	mg/L		0.3
Manganeso	mg/L	0.1	0.5
Fluoruro	mg/L		0.7 - 1.5
Sulfuro hidrógeno	mg/L		0.05

Fuente: Norma NTON 09 003-99

Tabla 6. Parámetros físico – químicos del agua

TABLA 3-3
PARAMETROS FISICO – QUIMICOS

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración			
Iones hidrógeno	Valor Ph	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	us/cm	400	
Dureza	mg/L Ca CO ₃	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO ₃	100	
Cobre	mg/L	1	2.0
Magnesio	mg/L MgCO ₃	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sol. Tot. Dis.	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

- a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en las tuberías.
- b) Cloro residual libre
- c) 5 mg/L en casos especiales para proteger a la población de brotes epidémicos.

Fuente: Norma NTON 09 003-99

Tabla 7. Clasificación de fuente de agua y posible tratamiento

TABLA 5-1

CLASIFICACION DE FUENTES DE AGUA Y POSIBLE TRATAMIENTO

ITEM	Fuente buena. Requiere como tratamiento únicamente desinfección	Fuente que puede requerir tratamiento usual tal como filtración y desinfección	Fuente deficiente puede requerir tratamiento especial y desinfección
DBO (5-días) mg/L			
Promedio Mensual	0.75-1.5	1.5-2.5	Mayor de 2.5
Máximo diario:	1.0-3.0	3.0-4.0	Mayor de 4.0
Coliforme NMP por 100 ml			
Promedio mensual	50-100	50-500	Mayor de 5000
Máximo diario:	Más de 100 en menos del 5% de las muestras	Más de 5000 en menos del 20% de las muestras.	Más de 20000 en menos de 5% de las muestras.
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.0 (mínimo)	4.0 (mínimo)	4.0 (promedio)
Saturación	75% o mayor	60% mayor	
pH promedio	6.0 - 8.5	5.0 - 09	3.8 - 10.5
Cloruro max. mg/L	Menor de 1.5	1.5 - 3.0	Mayor de 250
Fluoruros, mg/L	Menor de 1.5	1.5 - 30	Mayor de 3.0
Compuestos			
Fenolicos max. Mg/Lit.	Ninguno	0.005	Mayor de 0.005
Color, unitario	20	20 - 150	Mayor de 150
Turbiedad, (U.T.N)	10	10 - 250	Mayor de 250

NOTAS:

- 1: Toda fuente superficial debe tener como tratamiento mínimo la desinfección.
- 2: el valor de los límites indicados en esta Tabla es relativo y el proyectista deberá utilizarlos solamente, como una guía general para cada caso.

Fuente: Norma NTON 09 003-99

ENCUESTAS SOCIOECONOMICAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RURAL

Departamento: _____ Municipio: _____

Comunidad: _____ Fecha: _____

Quien es el responsable del hogar: Padre: _____ Madre: _____ Otro: _____

Nombre de la persona encuestada: _____

Tipo de proyecto: _____

Datos personales: (Iniciar con personas responsables del hogar)

Nombre y Apellidos	Parentesco	Sexo		Edad					Escolaridad	Ocupación
		M	F	1 a 5	6 a 15	16 a 25	26 a 35	36 +		

I Condiciones de la vivienda

(Preg. 2,3,4 marcar con x una o más respuestas)

- 1 la vivienda es: a) Propia _____ b) Prestadas _____ c) Alquilada _____
- 2 las paredes son de: a) Bloque _____ b) Ladrillo _____ c) Madera _____ d) otro _____
- 3 el piso es de: a) Madera _____ b) Tierra _____ c) Ladrillo _____ d) otro _____
- 4 el techo es de: a) Zinc _____ b) Teja _____ c) Madera _____ d) Palma _____
- 5 cuantas divisiones tiene la vivienda: a) Tres _____ b) Dos _____ c) No tiene _____
- 6 resumen de estado de la vivienda: a) Buena _____ b) Regular _____ c) Mala _____

II Situación económica de la familia

7 cuantas personas del hogar trabajan?

Dentro de la comunidad: H _____ M _____ Total _____

Fuera de la comunidad: H _____ M _____ Total _____

Cuál es el ingreso económico mensual, en esta vivienda: C\$ _____

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

C\$ _____

8 en que trabajan las personas del hogar? A) Ganadería _____ b) Agricultura _____ c) Jornaleros _____ d) otros _____ Cuáles? _____

9 que cultivos realizan? a) Arroz _____ b) Frijol _____ c) Maíz _____ d) otro _____

10 tienen ganado? Si _____ No _____ cuanto: a) Vacuno _____ b) Equino _____ c) Caprino _____

11 tiene animales domésticos? Si _____ No _____ cuantos: a) cerdos _____ b) gallinas _____

12 los animales domésticos están? A) encerrados _____ b) amarrados _____ c) sueltos _____

13 los animales domésticos se abastecen de agua? A) del río _____ b) la quebrada _____ c) el pozo _____

III saneamiento r higiene ambiental de la vivienda (observar, verificar)

14 tiene letrina? A) si___ en qué estado se encuentra?

A) buena___ b) regular___ c) llena___

B) No___ estaría dispuesto/a en construir su letrina sí___ No___

15 quienes usan la letrina? a) adultos___ b) niños/as___ c) otros familiares___

16 la letrina está construida en suelo? A) rocoso___ b) arenoso___ c) arcilloso___

17 que hacen con las aguas servidas de la casa? A) la riegan___ b) la dejan correr___ c) tienen zanja de drenaje___ d) tienen filtro de absorción___

18 se forman charcas en el patio? A) si___ (pasar a la pregunta 19) b) no___

19 como elimina las charcas? A) drenado___ b) aterrando___ c) otros___

20 que hace con la basura? A) la quema___ b) entierra___ c) recolección___

d) otros___

IV Recursos y servicios de agua

21 cuenta con servicio de agua? A) si___ cual: _____

b) no___ como se abastece? _____ c) cuanto pagan de agua al mes? _____

22 quien busca o acarrea el agua? A) la mujer___ b) el hombre___ c) los niños/as___ d) otros___ quién? _____

23 cuantos viajes realiza diario para buscar el agua que utiliza? _____

24 en que almacena el agua? A) Barriles ___ b) bidones ___ c) pilas _____

25 los recipientes en los que almacena el agua como los mantiene?

a) tapados___ b) destapados___ c) como _____

26 la calidad del agua que consumen en el hogar, la considera: a) buena___

b) regular___ c) mala___

27 que condiciones tiene el agua que consume (puede marcar varias situaciones)

a) tiene mal sabor___ b) tiene mal olor___ c) tiene mal color___

V Programa de agua potable y saneamiento de Nicaragua

28 le gustaría tener el servicio de agua potable en su hogar?

a) Si___ No___ Por qué? _____

29 cuanto estaría dispuesto a pagar por este servicio?

a) C\$ 20 a 35_____ b) C\$ 36 a 50_____ c) C\$ 51 a mas_____

d) no está dispuesto/a pagar_____ Por qué? _____

VI Organización comunitaria

30 las personas que habitan en esta vivienda pertenecen a alguna organización comunitaria?

Si___ ¿qué tipo? A) productiva___ b) Comunitaria___ c) religiosa___ d) otra_____

No___ por qué? _____

31 cuantos y quienes de la vivienda participan en alguna organización comunitaria? A)

hombres___ b) mujeres___ c) Total_____

32 las personas que habitan esta vivienda estarían dispuestas a PARTICIPAR de forma organizada en la construcción de un proyecto de agua potable y saneamiento para la comunidad? Si___ No___ ¿Por qué? _____

—

VII Situación de salud en la vivienda

Enfermedades padecidas por personas de la vivienda el pasado año (Cuantos)

Enfermedades	Grupos de edad				Observaciones
	0 a 5	6 a 15	16 a 25	26 +	
Diarrea					
Tos					
Resfriados					

Malaria					
Dengue					
Parasitosis					
Infección renal					
Tifoidea					
Hepatitis					
Infecciones dérmicas (piel)					
Otras					

33 están vacunados los niños y niñas? A) Si___ b) No___ por qué? _____

34 las personas que habitan en esta vivienda practican los hábitos de higiene como:

Lavado de manos a) Si___ b) No___ ¿Por qué? _____

Hacer buen uso del agua a) Si___ b) No___ ¿Por qué? _____

Hacer buen uso de la letrina a) Si___ b) No___ ¿Por qué? _____

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

Vivos/as: Niñas_____ Niños_____ Total_____

Fallecidos/as: Niñas_____ Niños_____ Total_____

36 en la vivienda habitan personas con capacidades diferentes?

Mujeres_____ Cuantas_____ Edad_____

Mujeres_____ Cuantas_____ Edad_____

Nombre del encuestador(a)

Firma del encuestador(a)

Tabla 8. Índice de planos del sistema de agua potable

Nombre	Lamina
Localización	1
Plano general	2
Topografía superficie y curvas de nivel	3
Superficie y curvas de nivel completo	4
Red y accesorios del sistema	5

Detalle típico de válvula de aire y pase	6
Detalle típico de válvula de limpieza	7
Detalle cruce aéreo	8
Detalle conexión domiciliar	9
Diseño perfil línea de conducción	10
Diseño perfil red de distribución tramo 1	11
Diseño perfil red de distribución tramo 2	12
Diseño perfil red de distribución tramo 3	13
Perfil de línea de conducción año 2011	14
Perfil de línea de conducción año 2019	15
Vista general del filtro	16
Vista sección transversal del filtro	17
Sistema de drenaje del filtro	18
Fundaciones del filtro	19
Vistas de eje 3 y 2 del filtro	20
Vista eje A y detalle de zapatas, vigas y columnas del filtro	21
Planos tanque sección AA	22
Vista sección BB del tanque	23
Vista sección CC del tanque	24
Vista planta superior del tanque	25
Vista planta inferior del tanque	26
Detalles cerca perimetral y tuberías	27

Fuente: Elaboración propia

