



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

**Monografía**

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA  
COMUNIDAD EL RODEO, MUNICIPIO DE SAN LORENZO, DEPARTAMENTO DE  
BOACO”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Laura María Bello Gonzalez  
Br. Marcela Alejandra Narváez Ortiz  
Br. Kestnner Oswaldo Vargas Arauz

**Tutor**

Ing. María Elena Baldizon Aguilar

Managua, Abril 2019

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1 POBLACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA. -----	9
TABLA 2 CENSO POBLACIONAL. -----	16
TABLA 3 - DOTACIÓN DE CONSUMO DOMESTICO -----	41
TABLA 4 COEFICIENTES DE MATERIALES DE TUBERÍAS (K) -----	47
TABLA 5 PRESIÓN DE TRABAJO DE TUBERÍAS -----	48
TABLA 6 COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE HAZEN WILLIAMS. -----	49
TABLA 7 DATOS CENSALES -----	64
TABLA 8 VARIACIONES DE CONSUMO-----	65
TABLA 9 VARIACIÓN DE HORAS DE BOMBEO DURANTE EL PERIODO DE DISEÑO. -----	67
TABLA 10 PÉRDIDAS PARA EL PERIODO 2019-2029, ALTERNATIVA #1-----	69
TABLA 11 PÉRDIDAS TOTALES PARA EL PERIODO 2029-2039, ALTERNATIVA #1 -----	71
TABLA 12 DIÁMETRO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL PERIODO 2019-2039, ALTERNATIVA #1 ---	73
TABLA 13 RESUMEN DE CÁLCULOS DE PRESIÓN POR TRABAJO-----	75
TABLA 14 PÉRDIDAS TOTALES PARA EL PERIODO 2019 – 2029, ALTERNATIVA #2. -----	76
TABLA 15 PÉRDIDAS TOTALES PARA EL PERIODO 2029 – 2039, ALTERNATIVA #2 -----	78
TABLA 16 DIÁMETRO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL PERIODO 2019-2039, ALTERNATIVA #2 ---	80
TABLA 17 RESUMEN DE PRESIÓN POR TRABAJO, ALTERNATIVA #2 -----	82
TABLA 18 DIÁMETRO TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL PERIODO 2019 – 2039, ALTERNATIVA #3 -	84
TABLA 19 RESUMEN DE PRESIÓN POR TRABAJO, ALTERNATIVA #3 -----	87
TABLA 20 CARACTERÍSTICAS EN CADA LÍNEA DE RED DE DISTRIBUCIÓN -----	88
TABLA 21 CARACTERÍSTICAS EN LOS NODOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN-----	88
TABLA 22 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, ALTERNATIVA #1-----	91
TABLA 23 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, ALTERNATIVA #2-----	94
TABLA 24 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, CONDICIÓN #1, ALTERNATIVA #3 -----	97
TABLA 25 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, CONDICIÓN #2, ALTERNATIVA #3 -----	99
TABLA 26 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, CONDICIÓN #3, ALTERNATIVA #3 -----	101
TABLA 27 RESUMEN DE ANÁLISIS DE CAPACIDADES. -----	103
TABLA 28 TAMAÑO DEL TANQUE DE FILTRACIÓN POR LA CANTIDAD DE FLUJO A TRATAR -----	105
TABLA 29 EQUIPO DE BOMBEO CALCULADO PERIODO 2019 - 2029 -----	107
TABLA 30 EQUIPO DE BOMBEO CALCULADO PERIODO 2029 - 2039 -----	108

TABLA 31 LONGITUDES Y DIÁMETROS DE TUBERÍA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN ----- 109

TABLA 32 VÁLVULAS DE PASE ----- 110

TABLA 33 VÁLVULAS DE LIMPIEZA ----- 110

TABLA 34 PRESUPUESTO DEL PROYECTO ----- 111

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 MICRO LOCALIZACIÓN DEL SITIO.....	5
FIGURA 2 MACRO LOCALIZACIÓN DEL SITIO.....	6
FIGURA 3 ESQUEMA DE RED DE DISTRIBUCIÓN.....	55
FIGURA 4 POBLACION VS. PERIODO DE DISEÑO.....	65
FIGURA 5 CONSUMO DE MÁXIMO DÍA VS. PERIODO DE DISEÑO.....	66
FIGURA 6 DIAGRAMA DE COSTOS VS. DIÁMETRO, ALTERNATIVA #1. ....	73
FIGURA 7 DIAGRAMA DE COSTOS VS. DIÁMETRO, ALTERNATIVA #2. ....	80
FIGURA 8 DIAGRAMA DE COSTOS VS. DIÁMETRO, ALTERNATIVA #3. ....	85
FIGURA 9 ESQUEMA DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALTERNATIVA #1....	89
FIGURA 10 ESQUEMA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALTERNATIVA #1....	90
FIGURA 11 ESQUEMA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALTERNATIVA #2....	92
FIGURA 12 ESQUEMA DE PRESIONES Y VELOCIDADES, ALTERNATIVA #2.....	93
FIGURA 13 ESQUEMA DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, ALTERNATIVA #3...	95
FIGURA 14 ESQUEMA DE PRESIONES Y VELOCIDADES, CONDICIÓN #1, ALTERNATIVA #3. ....	96
FIGURA 15 ESQUEMA DE PRESIONES Y VELOCIDADES, CONDICIÓN #2, ALTERNATIVA #3. ....	98
FIGURA 16 ESQUEMA DE PRESIONES, CONDICIÓN #3, ALTERNATIVA #3.....	100

## INDICE DE PLANOS

Portada e índice	01
Plano topográfico	02
Plano topográfico	03
Planta de línea de conducción	04
Perfil de la línea de conducción	05
Línea de conducción y distribución	06
Línea de conducción y distribución	07
Detalle de cerco y tanque de almacenamiento	08
Detalles generales de caseta de control	09
Detalles generales de pozo y sarta	10
Detalles generales de caseta de tanque de almacenamiento	11

## DEDICATORIA

*Este trabajo es dedicado a mi mama Aracelly González Duarte y a mi profesora y tutor M. Sc. Ing. María Elena Baldizon, quienes, durante todo este proceso de preparación profesional, hicieron propio este sueño dándome el aliento necesario para poder llegar a la meta.*

***Br. Laura María Bello González***

## DEDICATORIA

*Este trabajo es dedicado a mis padres, abuela, hijo y esposo, a mi tutora Ing. María Elena Baldizon, quienes durante todo este proceso de preparación profesional hicieron propio éste sueño dándome el aliciente necesario para poder llegar a la meta.*

*Br. Marcela Alejandra Narváez Ortiz*

## DEDICATORIA

*Este trabajo es dedicado a mis padres a mi tutor Ing. María Elena Baldizon, quienes durante todo este proceso de preparación profesional hicieron propio éste sueño dándome el aliciente necesario para poder llegar a la meta.*

*Br. Kestnner Oswaldo Vargas Arauz*

## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, quiero agradecer a **DIOS**, que es quien permite que las oportunidades lleguen a nuestras vidas; quien nos dio la sabiduría y perseverancia para creer en que era posible, aun cuando el panorama se encontraba gris.*

*A mis **PADRES Y PAPA** por su apoyo emocional y económico a lo largo de este proceso.*

*A mi tía **Mixi González Duarte** por haber confiado y apoyado en el transcurso de mis estudios.*

*A la **Ing. María Elena Baldizon**, quien, en calidad de tutor, nos guió de manera eficiente y con una entereza admirable.*

***Br. Laura María Bello González***

## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, quiero agradecer a DIOS, que es quien permite que las oportunidades lleguen a nuestras vidas; quien nos dio la sabiduría y perseverancia para creer en que era posible, aun cuando el panorama se encontraba gris.*

*A mis PADRES, ABUELA, y ESPOSO por su apoyo emocional y económico a lo largo de este proceso.*

*A la Ing. María Elena Baldizon, quien, en calidad de tutor, nos guió de manera eficiente y con una entereza admirable.*

*Br. Marcela Alejandra Narváez Ortiz*

## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, quiero agradecer a DIOS, que es quien permite que las oportunidades lleguen a nuestras vidas; quien nos dio la sabiduría y perseverancia para creer en que era posible, aun cuando el panorama se encontraba gris.*

*A mis PADRES, por su apoyo emocional y económico a lo largo de este proceso.*

*A mi tía Ana Emelina Zamora Gutiérrez por su apoyo incondicional en el transcurso de mis estudios.*

*A la Ing. María Elena Baldizon, quien, en calidad de tutor, nos guió de manera eficiente y con una entereza admirable.*

*Br. Kestnner Oswaldo Vargas Arauz*

## RESUMEN

Desde el año 2007 la comunidad El Rodeo, cuenta con un sistema de agua potable denominado Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), actualmente, este sistema se encuentra en una situación ineficiente, puesto que gran parte de la población de esta comunidad aduce severas limitaciones en el suministro de agua. Tomando en consideración los efectos negativos, se tomó la decisión de rediseñar el sistema de agua potable para la comunidad El Rodeo, a través de este, se pretende lograr satisfacer la demanda actual, futura y mejorar la calidad del vital líquido para comunidad en general.

La comunidad El Rodeo, cuenta con un sistema de agua potable del tipo Fuente - Tanque – Red (F-T-R), el agua es obtenida mediante un pozo perforado ubicado en la misma comunidad, transportada por bombeo eléctrico a través de una línea de conducción hacia los tanques de almacenamiento y suministrada a la población mediante una red de distribución por gravedad, este sistema está constituido por los siguientes elementos:

- El agua es extraída por medio de un pozo perforado dotado de un equipo de bombeo e instalaciones eléctricas, dicho pozo se encuentra localizado al Sur de la comunidad.
- La Línea de conducción tiene una longitud total de 685.12 m aproximadamente y un diámetro de 2", con una clase de tubería SDR-26.
- Los tanques de almacenamiento de agua potable (2), se encuentran ubicados en el sector Norte de la comunidad, siendo estos de material PVC, colocados a una elevación de 261 m, con una capacidad total de 44 m<sup>3</sup> (ambos).
- La red de distribución es por gravedad, con tubería de 2" de diámetro, con una longitud total de 2,554.61 m, y clase de tubería SDR-26.

Considerando la situación física y limitaciones hidráulicas del sistema de agua potable existente, la demanda actual y potencial futura de agua potable de parte de la comunidad para los próximos 20 años, se planteó lo siguiente:

- La ampliación y mejoramiento del sistema de tipo Fuente-Tanque-Red, la explotación y aprovechamiento de la actual fuente de abastecimiento de agua de la comunidad El Rodeo, constituida por un pozo. .
- La instalación de un equipo de bombeo que cumpla con las demandas actuales y futuras y sea capaz de funcionar eficientemente en las condiciones de trabajo requeridas.
- El mejoramiento de las condiciones físicas e hidráulicas actuales, por ello se propone instalar una línea de conducción, desde el pozo existente hasta los tanques con una longitud de 686.74 mts de tubería PVC, clase SDR 26, con un diámetro de 3”.
- La ampliación de la red de distribución con el fin de abastecer a la comunidad en general, extendiendo su alcance hacia las zonas de crecimiento poblacional proyectadas para la comunidad, esta posee una longitud total de 2,839.85 m, la cual posee distintos accesorios y se divide en diferentes diámetros (1 1/2”, 2” y 3”).
- La utilización de los tanques de almacenamiento existentes en el sistema actual y el aumento en su capacidad, se considera la instalación de un tanque de almacenamiento adicional de 22 metros cúbicos, teniendo un total de 66 m<sup>3</sup> de capacidad.

El proyecto de Rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad El Rodeo, municipio de San Lorenzo, departamento de Boaco tiene un costo total directo de U\$ 68,959.58. El costo per cápita asciende a U\$ 31.47 Dólares.

## **I. GENERALIDADES**

### **1.1 Introducción**

El presente estudio “Rediseño del Sistema de Abastecimiento de agua potable en la comunidad El Rodeo, Municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco” plantea una propuesta de solución a un problema frecuente en nuestro país, siendo este derivado del proyecto MABE El Rodeo (Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico), mediante un convenio de administración de proyecto entre el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE) y la municipalidad de San Lorenzo.

La comunidad El Rodeo cuenta con un sistema de agua potable que presenta problemas de desabastecimiento en sectores de la comunidad al no cumplir con las demandas exigidas, lo cual ocasiona que algunos de los pobladores solo cuenten con el servicio durante cortos períodos en la madrugada y otros que del todo no cuentan con el servicio.

Para construir un sistema de abastecimiento se deben de elaborar estudios que definan las unidades operacionales requeridas, estas deben de tener capacidad hidráulica para las condiciones actuales y futuras de la comunidad.

La propuesta que se presenta en este documento pretende contribuir al mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable, considerando una solución factible desde el punto de vista técnico, social y económico, aportando así, un mejor servicio y agua segura para todos los sectores de la comunidad; siendo un sistema de abastecimiento eficiente, un pilar fundamental para el desarrollo de la población con miras a la auto sostenibilidad.

Tomando en consideración la realidad que vive la comunidad, las situaciones de pobreza, servicios existentes y capacidades constructivas y operacionales, se presenta el planteamiento del contenido temático, la programación de actividades y el presupuesto de gastos en base a una proyección de actividades necesarias a desarrollarse en este estudio.

## **1.2 Antecedentes**

Desde los antecedentes históricos se ha visto la necesidad de obtener agua potable para el consumo de la población, viendo diferentes métodos de obtención del vital líquido, el cual, durante muchos años se dio mediante pozos artesanales, afectando la salud de la población.

En los últimos años se ha venido mejorando el sistema de agua potable del país, estableciendo sistemas de explotación, almacenamiento y distribución del vital líquido, cumpliendo con la demanda y mejorando el servicio tanto a nivel urbano como rural.

Históricamente la comunidad El Rodeo se abastecía mediante un sistema de pozos comunales (3), los cuales estaban dotados de bombas manuales, carentes de métodos de potabilización, en consecuencia, perjudicando la salud de la población.

Desde el año 2007 la comunidad El Rodeo cuenta con un sistema de Agua Potable, habiendo estudios realizados instalando un sistema Pozo-Tanque-Red y aprovechando el uso de un pozo existente, sin embargo, éste no abastece toda la población, por ello la propuesta de un rediseño del sistema de agua potable.

## **1.3 Justificación**

En el Municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco la actividad principal es la agricultura y ganadería producto de esto, los pobladores necesitan del agua potable para poder llevar a cabo sus labores, además la salud pública y las condiciones medio ambientales y sanitarias de la localidad.

Actualmente la comunidad cuenta con un sistema de Agua Potable, Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), que abastece parte de la población, pero no en totalidad, debido a esto, ocasiona problemas dentro de la comunidad, además de limitar labores diarias, causando que algunos de los pobladores tengan que abastecerse de pozos artesanales, agua del río, y tengan que acarrear el agua desde lugares lejanos.

El desarrollo del presente trabajo monográfico pretende ser una herramienta fundamental en la toma de decisiones de la Comunidad, con el fin de gozar de un buen uso del servicio

de agua Potable, que garantice un ambiente sano y agradable, que a su vez permita un desarrollo integral.

Actualmente el sistema de agua potable de la comunidad se maneja sin ningún control técnico o un manual que guie su operación, únicamente mediante un bombeador.

Cabe mencionar que la problemática del desabastecimiento de agua proyecta una imagen negativa de la comunidad, surgiendo de ahí, la necesidad de mejorar y ampliar el actual sistema de agua potable de la comunidad El Rodeo, Municipio de San Lorenzo, tomando en cuenta la demanda creciente del Vital líquido por la implementación de proyectos en la zona.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Ampliar, y rediseñar el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para el casco urbano de la comunidad El Rodeo, eliminar las deficiencias actuales y satisfacer la demanda de la población esperada en los próximos 20 años.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar estudio Socio económico e identificar las necesidades de agua de la Población.
- Efectuar un diagnóstico del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable existente de la población y llevar acabo el rediseño de este.
- Ejecutar un levantamiento topográfico para verificar los niveles en los planos existentes y anexar nuevos sectores que no hayan sido agregados en los levantamientos anteriores.
- Diseñar todos los componentes hidráulicos del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable haciendo uso de las normas establecidas por el INAA.
- Hacer un muestreo en las fuentes existentes para analizar la calidad del agua utilizada actualmente.
- Realizar trazado y análisis Hidráulico de la red usando el programa EPANET.
- Calcular los costos de las obras propuestas.

## II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

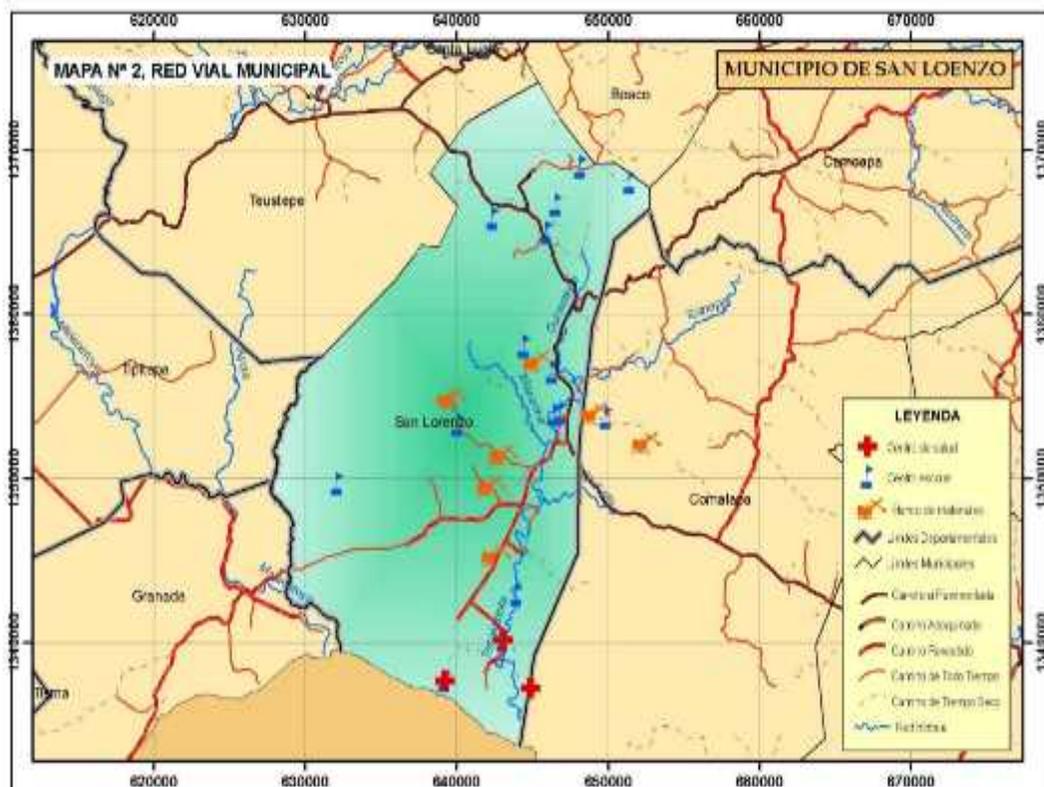
### 2.1 Características del área de estudio

#### 2.1.1 Macro localización.

San Lorenzo, municipio del departamento de Boaco, está ubicado a 89 kilómetros de la ciudad de Managua, sobre la carretera hacia El Rama, y a 3 kilómetros de la carretera, con un total de 92 kilómetros de distancia (**Anexo 5, pág. vi**).

Con una extensión territorial de 559.61 km<sup>2</sup>, el municipio de San Lorenzo está ubicado entre las coordenadas 12°22' de latitud Norte y 85°40' de longitud Oeste (Figura 1). Limita al Norte con los Municipios de Boaco y Teustepe, al Sur con el lago de Nicaragua (Lago Cocibolca), al Este con los Municipios de Camoapa y Comalapa y al Oeste con los Municipios de Tipitapa y Granada.

*Figura 1 Micro localización del sitio.*



**Fuente:** Alcaldía municipal de San Lorenzo.

### 2.1.2 Micro localización.

La comunidad El Rodeo está ubicada en el Kilómetro 91.5 Carretera Managua-El Rama, ½ Kilometro hacia el Este. **(Figura 2, Anexo 2, pág. ii)**

Ubicado entre la coordenadas X: 12.337346 y Y:-85.643262.

*Figura 2 Macro localización del sitio.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Sus límites son:

- **Norte:** Comunidad El Carrizal.
- **Sur:** Comunidad La Ranera.
- **Este:** Comunidad Los Potrerillos.
- **Oeste:** Con Comunidad Los Cocos.

### **2.1.3 Clima, Temperatura y Precipitación.**

El municipio tiene un clima sabana tropical con una precipitación anual entre 1.000 a 1.400 mm, una temperatura media de 24,5°C a 25°C. En el territorio municipal el clima es húmedo durante el invierno, fresco entre noviembre y enero.

### **2.1.4 Ecología**

San Lorenzo es un Municipio excepcional en el país, en lo relativo a la distribución, uso y goce de la tierra, el territorio está considerado como zona tropical, en estricto sentido puede afirmarse que todo el territorio del municipio es montañoso, pues las planicies son muy escasas, se considera en casi toda su extensión quebrado e irregular, atendiendo a las montañas y serranías que se extienden por todos los rubros de su área, excepción hecha en la colindancia de su perímetro con las aguas del gran lago de Nicaragua. Una gran curiosidad de la naturaleza es el Monolito de Quizaltepe, que está enclavado en el área territorial del Municipio y se encuentra ubicado en la comarca del mismo nombre, en cuya base se encuentran abundantes minerales y especialmente yacimientos de alumbre y piedra de mollejonas, que esperan su industrialización, que sería una fuente de riqueza y de trabajo tanto para inversionistas como para los vecinos de la comunidad.

Los principales suelos existentes en este municipio son: arcillosos, limosos, rocosos.

### **2.1.5 Uso potencial del suelo y Recursos Naturales**

Las condiciones del terreno, el clima y su buena agua para la producción agropecuaria produce altos rendimientos agrícolas en el cultivo del arroz, le siguen el maíz, millón y sorgo, el frijol, la mayoría de la población se dedica al cultivo de la tierra, cada familia por lo menos tiene una parcela de cultivo, ya sea propia o en arriendo, de esta condición se excluye a los pobladores de Tecolostote, pues su surgimiento fue ocasional, con motivo de los trabajos viales de la carretera que va hacia el océano Atlántico, sin embargo, ya muchos han adquiridos sus parcelas de cultivo., pese a los grandes esfuerzos que los pobladores hacen por salir adelante con la producción y de esta forma poder sobrevivir, pero lamentablemente han sido afectados por los fenómenos naturales, bien sea debido

a la sequía, o a los diversos huracanes y tormentas que nuestro país ha sufrido en los últimos años.

### **2.1.6 Cuencas hidrográficas**

Aun cuando los ríos de San Lorenzo no ofrecen extensos cursos, tienen para la población municipal gran significado, por el aprovechamiento que derivan de sus aguas.

Los principales ríos del Municipio son: el Rio San Lorenzo, el Guapote, el Tecolostote, Los Encuentros, el Bálsamo, Quizaltepe, laguna el Carbonal, y el rollito, este último de gran mención, ya que en el siglo pasado era la ruta de Boaco a Granada, a través de las aguas del gran lago de Nicaragua.

### **2.1.7 Calidad del ambiente**

En nuestro municipio con el pasar de los años han acontecido una serie de cambios, los cuales son provocados por el deterioro de nuestros recursos naturales (Flora y Fauna), debido a lo siguiente:

- Despale indiscriminado.
- Mal uso de las cuencas hídricas.
- Quemas de potreros indiscriminados.

Lo que ha venido provocando deterioro en la capa de ozono, cambios excesivos en la temperatura, degradación de la capa vegetal de nuestros bosques y disminución de los caudales de las cuencas hídricas.

### **2.1.8 Biodiversidad**

Actualmente la Flora y Fauna del municipio representan, para la ciudadanía, un medio abundante de supervivencia alimenticia para gran parte de los pobladores.

#### **2.1.8.1 Flora**

El municipio se caracteriza por una gran variedad de árboles en los que se encuentran: Laurel, Madroño, quebracho, jiñocuabo, malinche, Guanacaste, guapinol, helequeme, tempate, chilamate, chiquilin, tigüilote, muñeco, sacuanjoche, así como gran variedad de plantas ornamentales y frutales.

### 2.1.8.2 Fauna

Esta está caracterizada por Conejos, cusucos, iguanas, guardatinajas, garrobos, monos, tigrillos, chocoyos, zanates, chaneros, palomas, urracas, gallinas de monte, canarios, chichilote, guises, garzas y ardillas.

### 2.1.9 Población

Según cifras oficiales del Instituto Nacional de Información para el Desarrollo (INIDE), la población total del municipio es de 31,249 habitantes para una densidad poblacional de 75 hab/km<sup>2</sup>. (Tabla 1, **Anexo 6, pág. vii**).

La jurisdicción municipal comprende 29 comarcas, de las cuales una corresponde al área urbana que es San Lorenzo, pueblo que lleva el mismo nombre del municipio, que cuenta con 5 barrios, y tres corresponden a la zona periférica que son Bálsamo, Montañita y Genízaro. El resto de las comarcas son Potreros, Platanal, Cascabel, Catarina, Pederal, Monte Fresco, Rejoya, los Encuentros, Loma Larga, Quezaltepe, Carrizal, Mapachá, Posolí, La Flor, Sonzapote, Tule, Laguna San Onofre, El Llano, San Ildefonso, San Francisco, El Rodeo, Laguna del Carbonal, El Coyote, Las Casitas, Santa Rita.

La comunidad El Rodeo es una población concentrada, con una población actual de 1,080 habitantes la cual comprende un total de 152 familias en 148 viviendas, de estas 25 mujeres son jefas de familias, teniendo aproximadamente un ingreso mensual por familia de U\$ 5,800.00, (Tabla 1).

*Tabla 1 Población del área de influencia.*

Población	Hombres	Mujeres	Niñ@s	Personas de la 3° edad	Personas con capacidades diferentes	TOTAL (Habit.)
Población del Municipio	8833	8727	9565	1428	0	31,249
Población de la Comarca	417	515	70	78	0	1,080
Población Objetivo	417	515	70	78	0	1,080

**Fuente:** Alcaldía Municipal de San Lorenzo

### **2.1.10 Vivienda**

El actual inventario habitacional del Municipio de San Lorenzo está compuesto aproximadamente por un total de 4,325 viviendas de todo tipo, de las cuales corresponden al 68.6% al área rural y el 31.4% al área urbana.

### **2.1.11 Educación**

Según el MINED, en el Municipio de San Lorenzo existe una población estudiantil compuesta por 7,869 estudiantes que representan aproximadamente el 30% de la población total del Municipio, la Comunidad El Rodeo cuenta con la Escuela Corazón de Jesús, compuesta por 300 estudiantes.

Para atender a esta población estudiantil del municipio de San Lorenzo, el Ministerio de Educación cuenta con 180 maestros, los cuales trabajan en 55 Centros de Educación, siendo 2 Centros de Educación Secundaria, 53 Centros de Primaria, de los cuales 13 son de primaria completa, 4 de estos son Multigrados en el área rural, para un total de 40 centros de Multigrados todos en el área rural.

### **2.1.12 Salud**

El Ministerio de Salud (MINSA), en este municipio, cuenta con 1 hospital primario, 7 puestos de salud y 2 casas maternas con 9 camas, 1 clínica de medicina natural y terapias complementarias. Para el traslado de pacientes el municipio cuenta con 3 ambulancias. Además, por cada 10,000 habitantes hay 6 camas hospitalarias, 7 médicos, 5 enfermeras y 7 auxiliares de enfermería.

Por medio de las unidades de salud se desarrollan acciones de promoción, prevención, curación y rehabilitación, dirigidas a las personas, familia, comunidad y al ambiente. Gratuitamente se brindan exámenes especializados y otros servicios como: ultrasonidos, electrocardiograma, exámenes de laboratorio clínico, citologías para detectar cáncer cervicouterino, vacunación para prevenir 16 enfermedades y se realizan actividades de lucha anti epidémica. Además, se impulsan Programas emblemáticos y Solidarios como: Amor para los más Chiquit@s, Programa Todos con Voz y Operación Milagro.

### **2.1.13 Recreación**

La principal recreación de los habitantes de este municipio es el juego de beisbol, para lo cual se cuenta con un campo principal y un parque central en el área urbana, siendo visitado por niños y jóvenes, y en que se refiere a las zonas rurales, se cuenta con campos deportivos en casi todas las comarcas; cabe mencionar que la Comarca El Rodeo cuenta con una cancha de futbol sala, la única recreación de esta Comarca.

### **2.1.14 Servicios básicos**

#### **2.1.14.1 *Vialidad y transporte***

San Lorenzo cuenta con 3 kilómetros de carretera asfaltada que va hacia la cabecera municipal, la que actualmente se encuentra en regular estado, el transporte colectivo del municipio se basa en un pequeño número de taxis que hacen la ruta desde la cabecera municipal hasta las comunidades que se encuentran situadas cerca de la carretera Managua-Rama, además cuenta con un bus que entra por las mañanas y la tarde al Municipio, siendo la comunidad el Rodeo no aledaño a la carretera, los pobladores deben de caminar hacia la comunidad. Actualmente ésta cuenta con un taxi pirata que tiene la ruta de la comunidad Los Cocos hacia la comunidad El Rodeo.

Para llegar hasta el km 89 Carretera Managua- El Rama se pueden abordar diferentes buses ya sean de Juigalpa, San Carlos, Comalapa, Camoapa, Tecolostote, El Rama.

La alcaldía se encarga de regir el transporte intra – municipal, más que todo el servicio de taxis, donde estos hacen su solicitud para una nueva unidad, el Consejo Municipal avala esta solicitud después que el solicitante presenta su estudio de factibilidad, coordinándose con la Policía Nacional.

#### **2.1.14.2 *Telecomunicaciones***

Los servicios de telefonía, convencional, celular, internet y TV por cable son prestados por la Empresa Nicaragüense de Telecomunicaciones (ENITEL), la empresa CLARO y empresa MOVISTAR. También se cuenta con el servicio de Correo con la entrega y recepción de encomienda y además se presta el servicio de recepción y envío de telegramas que van desde el territorio nacional hasta los municipios, actualmente en la comunidad el Rodeo la señal de recepción es a través de la empresa MOVISTAR.

### **2.1.14.3 Agua potable y alcantarillado**

El municipio de San Lorenzo cuenta con servicio público de agua potable, cuya administración está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).

Basándose en los datos de la caracterización municipal, el 33.6% de los habitantes se abastecen de pozos, el 31.2% de ríos y el 9.7% lo hace por medio de los puestos públicos de agua.

Actualmente en la comunidad El Rodeo, se cuenta con un servicio de agua potable (MABE), el cual no abastece a la población total de dicha comunidad. En lo referente al alcantarillado sanitario, actualmente no se cuenta con dicho servicio, por lo que los ciudadanos tienen que verter las aguas al aire libre.

### **2.1.15 Servicios municipales**

#### **2.1.15.1 Recolección de residuos sólidos**

La municipalidad de San Lorenzo no presta el servicio de recolección de basura, solamente hay una persona encargada de la limpieza de cunetas y calles, en la comunidad El Rodeo los pobladores queman o entierran la basura ya que la comunidad no cuenta con un lugar de depósito.

#### **2.1.15.2 Registro civil**

El área de Registro Civil está ubicada en la Alcaldía y recibe una atención técnica de parte del Consejo Supremo Electoral, quienes se encargan de capacitar y establece normas para el buen funcionamiento en lo pertinente al Registro Civil.

### **2.1.16 Economía municipal**

Las actividades económicas que se caracterizan son la agricultura y la ganadería. La agricultura es el rubro de mayor importancia económica, la ganadería históricamente ha sido una actividad de carácter secundario con relación a la agricultura y está destinada fundamentalmente al consumo interno.

Las condiciones de terreno ondulado, clima seco y buena agua para la producción agropecuaria provocan altos rendimientos agrícolas en el municipio.

La crianza de animales domésticos como aves de corral y ganado porcino representan un importante rubro para la economía de las familias del municipio. Por otro lado, en la comunidad El Rodeo, también se dedican a trabajos de carreteras como cadeneros o ayudantes, para no tener que emigrar, debido a la poca demanda de trabajo en el municipio y falta de ingresos, en cuanto a la agricultura y ganadería.

### **2.1.17 Accesibilidad a la zona.**

La distancia de la capital a la cabecera departamental dista a 88 Km, municipal es de 89 Km., y la comarca de 92 Km. El tiempo en horas de Managua al a comunidad El Rodeo es de 2 horas aproximadamente.

#### ***2.1.17.1 Tipos de vías de acceso a la comunidad.***

Para llegar a la comunidad desde la capital se debe recorrer 92 Kilómetros de carretera asfaltada, con un tiempo de viaje de dos horas, aproximadamente; luego recorrer medio Kilómetro hacia el Este, sobre calle de macadán, con un tiempo aproximado de 15 minutos pasando el Rio los Cocos.

## **2.2 Situación actual del sistema de abastecimiento de agua potable**

En la comunidad El Rodeo, en el año 2007, El FISE apoyó con la construcción de un sistema de agua potable denominado Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), el cual funciona de manera deficiente, en la actualidad el sistema de abastecimiento de agua potable no beneficia al 100% de los habitantes (Anexo 3, pág. iii).

Cuando se impulsó este proyecto había solo 135 familias y el sistema de agua potable se instaló en terrenos de propiedades privadas, a medida que pasó el tiempo, la población aumentó, por lo que el sistema ya no satisfacía la demanda de la nueva población.

Este sistema de agua potable tiene una edad de 11 años, ubicado en una zona sumamente irregular con pendientes pronunciadas, los lugares más elevados de la

comunidad se ven gravemente afectados por la falta de agua, las casas que se encuentran en la parte más baja de la comunidad son las que logran obtener el servicio de manera regular, por tal razón se hace imposible cumplirle a toda la población las necesidades del servicio de agua eficientemente.

### **2.2.1 Fuente de abastecimiento.**

La fuente de abastecimiento es un pozo perforado en el cual se utilizaron equipos de percusión para su excavación, el proyecto termino a finales del 2007 y se puso en marcha días después, éste se encuentra ubicado en el costado Sur de la comunidad en las coordenadas Latitud: 12.337146 y Longitud: -85.650641.

Este sistema de agua potable se abastece del agua subterránea del valle que se asienta en la localidad.

### **2.2.2 Desinfección del agua.**

El agua suplida a la población es de origen subterráneo, por lo que el agua extraída solo se le aplica desinfección. Para esto, en el pozo se dispone de un equipo de inyección de hipoclorito de sodio en disolución líquida que está en funcionamiento y en condiciones deficientes. El almacenaje del mismo se hace en un recipiente plástico con una capacidad de 50 gln. Situado en el interior de la caseta de bombeo.

### **2.2.3 Obra de captación**

La obra de captación existente y emplazada en la comunidad El Rodeo está conformada por la extracción del líquido directamente en un pozo, saliendo con un caudal promedio de 3.80 lts/seg, conducida por bombeo eléctrico hacia los tanques de almacenamiento, donde se le aplica una dosis óptima de desinfección y es enviada por medio de gravedad a cada domicilio para sus usos posteriores.

### **2.2.4 Tubería de conducción**

Existe la presencia de una línea de conducción de tubería PVC de clase SDR-26 y de 2" de diámetro, siendo ésta emplazada en el sitio desde el año 2007 cuando se llevó a cabo el proyecto.

Las características de la línea de conducción como tipo de tubería, accesorios y dimensiones de diámetro fueron corroboradas en sitio y mediante planos, a lo largo de algunos puntos de la línea.

### **2.2.5 Tanque de almacenamiento de agua potable.**

Actualmente el Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) de la comunidad El Rodeo, municipio de San Lorenzo, cuenta con dos tanques de almacenamiento, cada uno con 22,000 lts. de capacidad, ambos de PVC y apoyado sobre losa de concreto a nivel del terreno.

### **2.2.6 Red de distribución.**

Se cuenta con una red de distribución por gravedad, con tubería de 2" de diámetro, de PVC de clase SDR-26, el agua almacenada en los dos tanques es transportada mediante la red antes mencionada hacia las conexiones domiciliarias de la población.

El sistema de distribución tiene una longitud en su totalidad de 3,568 m, cuando se impulsó el proyecto había una población total de 862 habitantes, actualmente la población es de 1,080 habitantes.

### **2.2.7 Conexiones domiciliarias**

Actualmente se encuentran conectadas 135 casa de habitación, estas se encuentran dotadas de medidor maestro de consumo de volumen de agua y bombero encargado del manejo, operación y control de dichos medidores.

### **2.2.8 Censo poblacional**

Con el propósito de conocer la cantidad total y actual de los habitantes de la comunidad El Rodeo, se llevó a cabo un censo por parte de la Alcaldía Municipal de San Lorenzo, este refleja que se tiene una población total de 1080 habitantes, la cual está compuesta por 70 niños menores de 16 años, correspondiente al 6.48% del total de población, 515 mujeres correspondiente al 47.69% y 417 hombres correspondientes al 38.61%. Un grupo más, presente en este censo, está conformado por 78 personas de la tercera edad, que equivale al 7.22% de la población total.

En tabla 2, se presenta un resumen de los resultados de la encuesta efectuada en la localidad según datos de la Alcaldía Municipal de San Lorenzo.

Tabla 2 Censo Poblacional.

Población	Hombres	Mujeres	Niñ@s	Personas de la 3° edad	Personas capacidades diferentes	TOTAL
						(Habit.)
Población de la comunidad	417	515	70	78	0	1,080

**Fuente:** Alcaldía Municipal de San Lorenzo

Los estudios de agua potable se proyectan para un periodo de diseño de 20 años, concluido este periodo, es necesario hacer estudios sociales, económicos y operacionales del sistema, con el fin de verificar si dicho sistema es eficiente con respecto a las necesidades y recursos futuros de la comunidad.

### **III. MARCO TEORICO**

#### **3.1 El Agua**

##### **3.1.1 Definición**

Es una sustancia bastante común en el universo y el sistema solar, donde se encuentra principalmente en forma de vapor o de hielo, es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida.

El agua cubre el 71 % de la superficie de la corteza terrestre, se localiza principalmente en los océanos, donde se concentra el 96,5 % del agua total. A los glaciares y casquetes polares les corresponde el 1,74 %, mientras que los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales concentran el 1,72 %. El restante 0,04 % se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

##### **3.1.2 Origen**

El agua circula constantemente en un ciclo de evaporación o transpiración (evapotranspiración), precipitación y desplazamiento hacia el mar. Los vientos transportan en las nubes como vapor de agua desde el mar y en sentido inverso tanta agua como la que se vierte desde los ríos en los mares, en una cantidad aproximada de 45 000 km<sup>3</sup> al año. En tierra firme, la evaporación y transpiración contribuyen con 74 000 km<sup>3</sup> anuales, por lo que las precipitaciones totales son de 119 000 km<sup>3</sup> cada año.

##### **3.1.3 Importancia**

El agua no es sólo importante para el consumo del ser humano, sino también con permitir la existencia de un complejo número de seres vivos. En primer lugar, el agua es uno de los alimentos más importantes de los vegetales, cuando llega a través del riego o de la lluvia es responsable del crecimiento de todo tipo de plantas y de vegetación que existe en el planeta. Por otro lado, es consumida por animales y sirve también como un elemento natural de vital importancia para el desarrollo de estos.

## **3.2 Sistema de agua potable**

### **3.2.1 Definición**

El sistema de suministro de agua potable es un procedimiento de obras, de ingeniería con un conjunto de tuberías enlazadas que permite llevar el agua potable hasta los hogares de las personas de una ciudad, municipio o área rural comparativamente tupida.

Es un conjunto de obras que permiten que una comunidad pueda obtenerla para fines de consumo doméstico, servicios públicos, industriales y otros. El agua suministrada debe ser en cantidades suficientes y de la mejor calidad; desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.

Componentes de un sistema de abastecimiento de agua:

- Fuente de abastecimiento.
- Captación.
- Aducción.
- Desinfección
- Línea de Distribución.
- Almacenamiento.
- Red de distribución.

### **3.2.2 Origen**

La idea nació de la necesidad del hombre de trasladar y distribuir el agua a los lugares más apartados o desde sus fuentes a la vivienda.

En Europa los griegos fueron los primeros que construyeron acueductos, pero los romanos, pusieron mayor empeño en solucionar el problema y construyeron su extensa red de acueductos para traer las aguas limpias de los montes Apeninos hasta la ciudad, intercalando estanques y filtros a lo largo del recorrido del agua para asegurar su calidad, este sistema de suministro de agua decayó con la desintegración del imperio Romano.

El invento de la bomba en Inglaterra a mediados del siglo XVI impulsó las posibilidades de desarrollo de sistemas de suministro de agua. En Londres la primera obra de bombeo de agua se finalizó en el año de 1562. Se bombeaba agua de río a un embalse a unos 37

metros por encima del nivel del Támesis, y desde el embalse se distribuía a los edificios vecinos a través de tuberías aprovechando la fuerza de gravedad.

### **3.2.3 Calidad del agua**

La calidad del agua debe ser evaluada antes de la construcción del sistema de abastecimiento. En la naturaleza contiene impurezas, que pueden ser de naturaleza fisicoquímica o bacteriológica y varían de acuerdo con el tipo de fuente, cuando las impurezas presentes sobrepasan los límites recomendados, el agua deberá ser tratada antes de su consumo. Además de no contener elementos nocivos a la salud, no debe presentar características que puedan rechazar el consumo.

Se define como agua potable aquella que cumple con los requerimientos de las normas y reglamentos nacionales sobre calidad del agua para consumo humano y que básicamente atiende a los siguientes requisitos:

- Libre de microorganismos que causan enfermedades.
- Libre de compuestos nocivos a la salud; aceptable para consumo, con bajo contenido de color, gusto y olor aceptables; y sin compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias.

Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas. Existen una serie de normas que regulan la calidad que debe tener el agua para su consumo y su uso, hay normas que especifican los pasos que se deben seguir para infiltrar agua en los mantos acuíferos, así como la calidad que debe tener el líquido.

Aunque cada vez hay un mayor interés por la captación de agua de lluvia para su reúso todavía no hay una normativa que avale e incentive esta práctica y los posibles sistemas para llevarla a cabo.

### **3.2.4 Periodo de diseño**

El periodo de diseño de un proyecto de esta naturaleza es el lapso del tiempo por el cual se estima que las obras por construir funcionen eficientemente, siendo el tiempo mínimo de este periodo de 20 años según las normas técnicas, pero existen diferentes factores que pueden influir en aumentar o disminuir el periodo de diseño como los que se muestran a continuación:

- Calidad y vida útil de los materiales.
- Calidad de procesos constructivos.
- Calidad de los equipos electromecánicos y de control.
- Calidad del agua.
- Diseño del sistema.
- Operación y mantenimiento.

### **3.2.5 Población y densidad**

Las poblaciones crecen por nacimientos e inmigración y decrece por el inverso de estos, cada uno ellos son influidos por factores sociales y económicos de una comunidad. Por lo que cualquier sobre estimación de la población trae como consecuencia sobre pasar la capacidad de un proyecto, así como los costos de inversión del mismo.

Las fuentes de información que se consideran para establecer la población actual y su densidad son:

- Censos.
- Encuestas sanitarias.
- Registros escolares.
- Estadísticas de consumo.
- Censos de viviendas.

### **3.2.6 Población futura**

La población futura se constituye como la población beneficiada que se considera en el diseño, esta se determina en base a la población inicial y un crecimiento poblacional para un periodo considerado, por lo tanto, se utilizan diferentes métodos.

Entre estos métodos está el Geométrico que es el que más se utiliza en Nicaragua

#### **3.2.6.1 Progresión geométrica**

Algunas ciudades crecen en proporción correspondiente a un porcentaje uniforme de la población del presente periodo. Este método se debe utilizar con precaución ya que puede dar resultados demasiado elevados, especialmente cuando las comunidades son

relativamente recientes y con industrias rápidamente expansivas, son condiciones que puede existir durante un tiempo relativamente corto. Al aplicar un porcentaje de crecimiento de la población en un Periodo este conduce a una sobre estimación de la población, también puede aplicarse a comunidades antiguas que no experimenten una gran expansión, con un porcentaje de crecimiento de un 20 – 30 % cada decenio. Donde el índice de crecimiento de las comunidades disminuye conforme estas van creciendo.

### **3.2.7 Dotación y demanda**

#### **3.2.7.1 Dotación**

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

El consumo o la dotación de agua de una comunidad varían con respecto a otra, ya que depende de una serie de factores propios de la localidad que se abastece. Los principales factores que influyen en este consumo son:

- El clima.
- Nivel de vida y costumbres de la población.
- Existencia de red de alcantarillados.
- Calidad de agua.
- Tipo de consumo.
- Presión de la red de distribución.
- Costo del agua (tarifa).
- Perdidas en el sistema.
- Medidores.
- Existencia de sistemas privados.

La mayor cantidad de agua que se consume se divide principalmente en cuatro sectores, como lo son: domestico, público, comercial e industrial. Además de las pérdidas que se dan en la red de distribución.

Para este proyecto solamente se considerará el consumo doméstico, debido a que las comunidades se desarrollan principalmente en torno al sector agropecuario, por lo tanto, no utilizan grandes cantidades en consumo de agua como para uso industrial.

### **3.2.8 Fuentes de abastecimiento**

La fuente de agua más importante es la lluvia, ya que se recarga directamente en los embalses o en las cuencas de captación, dando vida a una red de ríos de una zona. El agua se filtra a través de capas de roca y se ha acumulado a lo largo de los años, esta se encuentra bajo presión y brota a la superficie en forma de manantial. Por estas razones la fuente de abastecimiento se divide en tres grandes grupos como lo son:

- Subterráneas: manantiales, pozos, nacientes.
- Superficiales: lagos, ríos, canales, etc.
- pluviales: aguas de lluvia.

### **3.2.9 Agua subterránea**

Es todo aquella que proviene de grietas del subsuelo, que puede aflorar de forma natural a la superficie o artificialmente a través de una bomba.

Las rocas y suelos que dejan pasar el agua que cae como lluvia, se llaman permeables, el agua que penetra por los poros de una roca permeable acaba llegando a una zona que la detiene. Entonces la parte permeable se va acumulando de agua (zona de saturación), la zona por encima de esta en la que el agua va descendiendo, pero en los poros todavía hay aire se llama zona de aireación y el contacto entre las dos es el nivel freático. Las rocas porosas y permeables que almacenan y transmiten el agua se llaman acuíferos.

De acuerdo con el grado de confinamiento del agua que contienen, los acuíferos se clasifican en cuatro tipos:

- Acuíferos libres, freáticos o no confinados. Son aquellos en que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica y tiene como límite superior la zona de saturación.
- Acuíferos confinados o artesianos. Son formaciones geológicamente permeables, están completamente saturados de agua, están confinados entre dos capas casi

impermeables y la presión del agua que permanece en ellos es mayor que la presión atmosférica.

- Acuíferos semiconfinados. Estos son acuíferos completamente saturados sometidos a presión que están limitados en su capa superior o por un estrato semipermeable (acuitardo) y en su parte inferior un estrato impermeable (acuifugo).
- Acuíferos semilibres. Este tipo de acuífero representa una situación intermedia entre el acuífero libre y un acuífero semiconfinados, pero poseen un flujo horizontal dentro del acuífero.

### **3.2.10 Factores para el abastecimiento con agua subterránea**

- Características geológicas locales.
- Naturaleza de los suelos y de los estratos porosos inferiores, ya sean arcilla, arena, grava, roca (especialmente calizas porosas); granulometrías de la arena y grava; espesor de los estratos que contienen agua; profundidad del nivel freático, localización y registro de pozos locales, ya sean que estén en uso o abandonados.
- Nivel del manto freático determinada de la observación de pozos existentes o por la pendiente del terreno superficial.
- Área de la superficie de escurrimientos que puede aportar agua para el abastecimiento.
- Naturaleza, distancia y dirección de las fuentes de contaminación locales.
- Características constructivas del pozo: materiales, diámetro, profundidad del ademe, profundidad de cedazos, longitud, protección superior y lateral del pozo.
- Construcción de la caseta de bombeo (pisos, desagües, etc.); capacidad de las bombas; abatimiento cuando las bombas están en operación.
- Desinfección de equipos y pruebas de control de laboratorio.

### **3.2.11 Aguas subsuperficiales**

#### **3.2.11.1 Manantiales**

Los manantiales pueden ser de filtración, fisura o tubulares según los intersticios de donde proviene el agua, de gravedad o artesianos según su origen.

La captación se puede hacer mediante cajas cerradas de concreto reforzado o mampostería de piedra o tabique, el agua se debe extraer solamente con una tubería que atraviese la caja y esta lleva una tapa movable o registro, no se requiere ventilación. Se debe excavar la superficie para encontrar las verdaderas salidas del agua, procurando que la entrada del agua a la caja de captación se efectuó lo más profundo posible, se le debe dotar a la caja de un vertedero.

Dependiendo de si el manantial es de ladera (filtración o tubular) o de piso (fisura), se le tiene que proteger por medio de cunetas que intercepten los escurrimientos superficiales. Se recomienda que estas cunetas se excaven a una distancia de 10 m de los manantiales.

### **3.2.12 Agua superficial.**

El agua superficial está constituida por ríos, lagos, embalses, arroyos, etc., la calidad del agua superficial puede estar comprometida por contaminaciones provenientes de la descarga de desagües domésticos, residuos de actividades mineras o industriales, uso de defensivos agrícolas, presencia de animales, residuos sólidos, y otros.

En caso de la utilización de aguas superficiales para abastecimiento, además de conocer las características fisicoquímicas y bacteriológicas de la fuente, será preciso definir el tratamiento requerido en caso de que no atiendan a los requerimientos de calidad para consumo humano.

Estos cuerpos de agua se conforman debido a los afloramientos que existen hasta la superficie del terreno y de las escorrentías superficiales debido a las lluvias.

#### **3.2.12.1 Factores para tomar en cuenta en el abastecimiento con agua superficial**

- Naturaleza geológica de la superficie; características de los suelos y de las rocas.
- Características de la vegetación; bosques; tierra cultivada e Irrigación.
- Métodos para la disposición de las aguas residuales, ya sea por medio de su desviación de la cuenca o por tratamiento.
- Distancias de las fuentes de contaminación fecal en la toma de abastecimiento del agua.

- Proximidad, fuentes y características de los desechos Industriales; salmueras de campos petroleros y aguas ácidas de origen mineral.
- Para abastecimientos de lagos o represas; datos de dirección y velocidad de los vientos, acarreos de polución; datos relativos a luz solar (algas).
- Características y calidad del agua cruda; organismos coliformes (NMP), algas, turbiedad, color, constituyentes minerales objetables.
- Periodo nominal de retención en la represa o en el depósito de almacenamiento.
- Tiempo mínimo probable que requiere el agua para escurrir desde las fuentes de contaminación hasta la represa y a través de la obra de toma en la represa.
- Medidas de protección en la cuenca colectora.
- Potabilización del agua.
- Instalaciones de bombeo; caseta de bombeo, capacidad de bombas y unidades de repuesto.
- Instalaciones para almacenamiento.

### **3.2.13 Obras de captación**

Un sistema de captación de agua potable es una obra de ingeniería destinada básicamente para asegurar la cantidad de agua necesaria en el suministro de una población. En donde la procedencia del agua puede ser fluvial o subterránea.

### **3.2.14 Obras de captación para agua subterráneas**

El agua subterránea constituye importantes fuentes de abastecimiento, el agua extraída generalmente no requiere un tratamiento complicado y las cantidades son abundantes y más seguras.

Las obras de captación para este tipo de agua son:

- Cajas de Manantial
- Pozos
- Galerías filtrantes

Las fuentes subterráneas protegidas generalmente están libres de microorganismos patógenos y presentan una calidad compatible con los requisitos para consumo humano.

Sin embargo, previamente a su utilización es fundamental conocer las características del agua, para lo cual se requiere realizar los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos correspondientes.

#### **3.2.14.1 Pozos**

Un pozo es una perforación vertical, en general de forma cilíndrica y de diámetro mucho menor que la profundidad. El agua penetra a lo largo de las paredes creando un flujo de tipo radial. Se acostumbra a clasificar a los pozos en “poco profundos o someros” y “profundos”.

- **Pozos pocos profundos**

Conocidos también como pozos someros “excavados”, son aquellos que permite su explotación del agua freática y/o subáleva. Se construyen con picos y palas; tienen diámetros mínimos de 1.5 metros y no más de 15 metros de profundidad, permiten el paso del agua a través de las paredes del pozo se dejan perforaciones de 25 mm de diámetro con espaciamiento entre 15 y 25 cm centro a centro. Si las paredes del pozo son de mampostería de piedra o tabique, se dejan espacios sin juntar en el estrato para permitir el paso del agua. Los pozos pocos profundos también pueden construirse por perforación o entubado.

- **Pozos profundos**

Los pozos profundos tienen la ventaja de perforar capas acuíferas profundas y extensas, circunstancias que evitan rápidas fluctuaciones en el nivel de la superficie piezométrica y dan por resultado un rendimiento uniforme y considerable. El agua profunda es adecuada para obtener una buena calidad sanitaria, a menos que esté contaminada por infiltraciones en la capa acuífera, por las cavernas o fisuras en las rocas que la recubren. Los inconvenientes son el gran costo de los pozos y el hecho de que el largo recorrido subterráneo del agua puede dar lugar a que disuelvan materias minerales que pueden hacerla dura, corrosiva o inadecuada.

Los componentes de los pozos son:

- **Ademe del pozo**

- Cedazo, filtro o ademe ranurado
- Empaque de grava
- Cimentación de bombas

### **3.2.14.2 Captación de manantiales**

Para la elección y ubicación de una obra de captación, es necesaria la realización de un reconocimiento sanitario, conjuntamente de la recolección de los datos iniciales desde el punto de vista de ingeniería, cubriendo la explotación de la fuente dada y su capacidad para satisfacer las necesidades presentes y futuras.

### **3.2.15 Línea de conducción**

Se denomina línea de conducción a las partes del sistema que son constituidos por ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de abastecimiento al punto de su almacenamiento u otro sitio donde se realiza algún tratamiento previo a su distribución.

Es el conjunto integrado por tuberías y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión, desde la fuente de abastecimiento hasta el sitio donde será distribuido.

Las líneas de conducción de agua se calculan siguiendo varios procedimientos existentes. Su diseño en general consiste en definir el diámetro en función de las pérdidas de carga, a partir del gasto que se conducirá y el material de la tubería. Las pérdidas de carga, se obtienen aplicando las ecuaciones de Darcy Weisbach, Scobey, Manning o Hazen Williams. Se pueden presentar dos condiciones de operación de la tubería, por bombeo o gravedad.

#### **3.2.15.1 Línea de conducción por gravedad**

Para que se utilice la distribución por gravedad, es necesario que la fuente de suministro sea un lago o un embalse, este situado en algún punto elevado respecto a la ciudad, de manera que pueda mantenerse una presión suficiente en las tuberías principales. Este método es el más aconsejable si la conducción que une la fuente con la ciudad es de tamaño adecuado y está bien protegida contra roturas accidentales.

Cuando las condiciones de terreno o el gasto necesario del suministro de agua no permiten el diseño de la línea de conducción por gravedad, se utiliza el de bombeo.

### **3.2.15.2 Línea de conducción por bombeo**

Cuando se emplea este método, el exceso de agua se almacena en un tanque elevado durante los periodos de bajo consumo. Durante los periodos de alto consumo el agua almacenada se utiliza para aumentar la suministrada por la bomba. Este sistema permite obtener un rendimiento uniforme en las bombas y, por lo tanto, es económico ya que puede hacer trabajar a las bombas en condiciones óptimas. Por otra parte, el agua almacenada proporciona una reserva que puede ser utilizada en los casos de incendio, cuando se producen averías en las bombas, este método de operación proporciona una amplia seguridad.

Otra opción es la utilización de bombas sin almacenamiento, en este caso las bombas introducen el agua directamente en la tubería sin otra salida que la del agua realmente consumida. Es el sistema menos deseable, ya que ocasionaría una interrupción completa en el suministro de agua. Al variar el consumo, la presión en las tuberías fluctuara fácilmente. Si las bombas se accionan eléctricamente, su punto de consumo es fácil que coincida con la de la demanda general, lo que incrementa el costo de energía.

### **3.2.16 Tanque de almacenamiento**

Los tanques de almacenamiento son un elemento esencial en todo sistema de abastecimiento de agua potable de una población, el propósito fundamental de estos es proveer una cantidad adecuada en las demandas máximas observando el aspecto económico y capacidad suficiente.

Es la parte del sistema de abastecimiento que permite enviar un gasto constante desde la fuente de abastecimiento y satisfacer las demandas de agua que son variables en la población. Estos tanques se construyen con el objeto de no suspender el servicio por alguna reparación o algún imprevisto como un incendio, ya que se acumula el agua cuando la demanda es menor que el gasto de llegada y dicha agua es utilizado cuando la demanda es mayor en la red de distribución.

### **3.2.17 Tipos de tanque de almacenamiento**

Las principales categorías de tanques de almacenamiento se dividen en superficiales, columnas reguladoras y elevados.

#### **3.2.17.1 *Tanques superficiales***

Son depósitos que se construyen a nivel del suelo o balanceando cortes y rellenos, sus paredes pueden construirse con mampostería de piedra o concreto reforzado con su interior revestido con material impermeabilizante.

- **Columnas reguladoras**

Son empleados donde la construcción de los tanques superficiales que no proporciona suficiente presión hidráulica. Las columnas reguladoras consisten en un tanque cilíndrico cuyo volumen de almacenamiento incluye una porción superior, el volumen útil que se encuentra arriba de la tubería de alimentación a la red y un volumen inferior de soporte siendo el que proporcionará la carga requerida.

#### **3.2.17.2 *Tanques elevados***

Los tanques elevados se emplean cuando no es posible construir un tanque superficial ya que la elevación natural no es la adecuada, este se refiere a la estructura integral que consiste en el tanque, la torre y la tubería elevadora.

El tipo de tanque de almacenamiento propuesto en nuestro estudio será descrito más adelante dependiendo de las condiciones topográficas e hidrogeológicas de la zona, para definir el tipo de tanque, materiales, dimensiones y su respectiva ubicación.

### **3.2.18 Estaciones de bombeo**

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente a la red de distribución.

Los componentes básicos de una estación de bombeo de agua potable son los siguientes:

- Caseta de bombeo
- Cisterna de bombeo
- Equipo de bombeo

- Grupo generador de energía y fuerza motriz
- Tubería de succión
- Tubería de impulsión
- Válvulas de regulación y control
- Equipos para cloración
- Interruptores de máximo y mínimo nivel
- Tableros de protección y control eléctrico
- Sistema de ventilación, natural o mediante equipos
- Área para el personal de operación
- Cero de protección para la caseta de bombeo.

La ubicación de una estación de bombeo debe ser seleccionada de tal manera que permita un funcionamiento seguro y continuo. Para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Fácil acceso en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.
- Protección de la calidad del agua de fuentes contaminantes.
- Protección de inundaciones, deslizamientos, huaycos y crecidas de ríos.
- Eficiencia hidráulica del sistema de impulsión o distribución.
- Disponibilidad de energía eléctrica, de combustión u otro tipo.
- Topografía del terreno.
- Características de los suelos.

### **3.2.19 Caudal de bombeo**

La determinación del caudal de bombeo debe realizarse sobre la base de la concepción básica del sistema de abastecimiento, las etapas para la implementación de las obras y el régimen de operación previsto para la estación de bombeo. Los factores que considerar son los siguientes:

### **3.2.20 Periodo de bombeo**

El número de horas de bombeo, el número de arranques en un día depende del rendimiento de la fuente, consumo de agua, la disponibilidad de energía y el costo de operación.

Por razones económicas y operativas, es conveniente adoptar un periodo de bombeo de ocho horas diarias, que serán distribuidas en el horario más ventajoso. En situaciones excepcionales se adoptará un periodo mayor, pero considerando un máximo de 12 horas.

### **3.2.21 Red de distribución**

Una red de distribución de agua potable es el conjunto de instalaciones que la empresa de abastecimiento tiene para transportar desde el punto o puntos de captación y tratamiento hasta hace llegar el suministro al cliente en unas condiciones que satisfagan sus necesidades.

Este grado de satisfacción tiene un elevadísimo número de componentes, unos medibles y otros no, y entre los que podemos destacar la calidad, el caudal, la presión, la continuidad del suministro y el precio.

Las redes de distribución de agua se estructuran según el tipo de función que desempeñan y que tienen una relación directa con la serie decreciente de los diámetros con el fin de ajustarse a la distribución de consumos, a la reducción de pérdidas de carga, hacer frente a situaciones imprevistas y a reducir el costo.

Los niveles en los que se clasifican son:

- Las conducciones de Aducción: son las grandes arterias de transporte que recogen el agua desde los puntos de captación o tratamiento y llegan hasta la zona urbana.
- Distribución Urbana: Es la que toma el agua de la aducción directamente o de los diferentes depósitos reguladores (cabecera, intermedio o cola) y la distribuye entre todos los puntos de consumo.
- Por ultimo las acometidas: son las que partiendo de la derivación de la tubería general suministran al cliente.

Las redes de distribución en general o bien según su función o localización por áreas pueden ser de dos tipos: Ramificada y Mallada.

#### **3.2.21.1 Red ramificada**

Es aquella red que va uniendo los diferentes puntos de consumo con única tubería. En el tipo ramificado de red de distribución, la estructura del sistema es similar a un árbol. La Línea de alimentación o troncal es la principal fuente de suministro de agua, y de ésta se derivan todas las ramas.

### **3.2.21.2 Red mallada**

Es la red que va formando cuadrículas, consiguiéndose que cada punto de consumo tenga más de una vía de flujo.

El rasgo distintivo del sistema en malla es que todas las tuberías están interconectadas y no hay terminales.

Elementos que integran una red de distribución de agua:

- Tuberías
- Depósitos
- Elevadoras
- Otros elementos singulares.

### **3.2.22 Tipo de abastecimiento**

Un sistema de abastecimiento de agua es un conjunto de infraestructura, equipos y servicios destinados al suministro de agua para consumo humano.

El suministro de agua es principalmente para consumo doméstico; también para uso comercial, industrial y otros usos. El agua suministrada debe ser en cantidad suficiente y de buena calidad física, química y bacteriológica; es decir, apta para el consumo humano.

Se deben considerar dos casos:

- Cuando el sistema de abastecimiento de agua incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo: la capacidad de la tubería de succión (si corresponde), equipo de bombeo y tubería de impulsión deben ser calculada con base en el caudal máximo diario y el número de horas de bombeo.
- Cuando el sistema de abastecimiento de agua no incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo, la capacidad del sistema de bombeo debe ser calculada en base al caudal máximo horario y las pérdidas en la red de distribución.

Los elementos descritos en las secciones anteriores pueden ser conjugados de diferentes formas, atendiendo a las características propias de la fuente a explotar y de las necesidades de la localidad a la que se abastecerá.

### 3.2.23 Métodos de diseño de redes de abastecimiento de agua potable

#### 3.2.23.1 Método de Hardy Cross

El método de Hardy Cross es un método iterativo que parte de la suposición de los caudales iniciales en los tramos, satisfaciendo la Ley de Continuidad de masa en los nudos, los cuales corrige sucesivamente con un valor particular, Q, en cada iteración se deben calcular los caudales actuales o corregidos en los tramos de la red. Ello implica el cálculo de los valores de R y f de todos y cada uno de los tramos de tuberías de la red.

El método de aproximaciones sucesivas de Hardy Cross está basado en el cumplimiento de dos principios o leyes.

- Ley de continuidad de masa en los nudos.
- Ley de conservación de la energía en los circuitos.

En dicho proceso se emplea la fórmula de resistencia de Hazen-Williams, que se expresa a continuación:

$$v = 0.355C^{0.6} S_f^{0.5} \quad \text{Ec. ( 1)}$$

Donde:

V: la velocidad en metros por segundo.

D: el diámetro de los tubos en metros.

Sf: la pérdida de carga unitaria (por metro de tubería).

C: un coeficiente que depende del material.

De la sustitución de esa fórmula en la ecuación de continuidad:

$$Q = A * V \quad \text{Ec. ( 2)}$$

$$Q = \frac{\pi * D^2}{4} * V \quad \text{Ec. ( 3)}$$

Donde:

A: es el área hidráulica en metros cuadrados.

Sf: pérdidas por fricción.

Q: es el caudal en metros cúbicos por segundo.

Sustituyendo resulta:

$$Q = 0.2785C^{0.6} S_f^{0.5} \quad \text{Ec. ( 4)}$$

### 3.2.24 Herramientas de diseño (sistemas informáticos)

Son un conjunto de elementos organizados para llevar a cabo algunos métodos, procedimientos o control mediante el proceso de información:

- Software, son programas de computadora, con estructuras de datos y su documentación, que hacen efectiva la logística metodológica de los requerimientos del programa.

Existen diferentes herramientas de diseño entre ellos se tiene, el LOOP, Water CAD, Civil CAD y EPANET este último es un software libre que permite la simulación hidráulica y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión. Una red de distribución de agua, además de las propias tuberías de conducción, pueden aparecer elementos como nudos, bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses, además trabaja bajo la interfaz de Windows; tiene como ventaja principal el desarrollo de circuitos cerrados para los cálculos de presiones hidráulicas en una red de abastecimiento, este no posee un número límite de nodos

### 3.2.25 Tratamiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua debe de proveer a la población una buena calidad de agua desde el punto de vista físico, químico, biológico y bacteriológico. En función de las características cualitativas del agua que provienen de los manantiales, se procede a la depuración del agua en instalaciones denominadas “Estaciones de depuración”. Los análisis químicos, físicos y bacteriológicos del agua de las fuentes abastecedoras son los que determinan o no la necesidad de someter esa agua a procesos correctivos a fin de garantizar una buena calidad de esta.

Los procesos son determinados en función de los patrones de potabilidad internacionalmente aceptados para el agua de abastecimiento público. Con base a inspecciones sanitarias junto con resultados representativos de exámenes y análisis que cubren un período razonable de tiempo. Dichos procesos tienen como objetivo diferentes finalidades entre los cuales se describen a continuación:

- Finalidades higiénicas: remoción de bacterias; eliminación o reducción de sustancias tóxicas o nocivas; reducción del exceso de impurezas; reducción de porcentajes elevados de compuestos orgánicos, alga, protozoarios y otros microorganismos.
- Finalidades estéticas: corrección del color, turbiedad, olor y sabor.
- Finalidades fisicoquímicas: reducción de la corrosividad, dureza, turbiedad, hierro, Manganeso, olor y sabor.

#### **3.2.25.1 Filtro multicapa o lecho profundo.**

Los filtros multimedia, multicapa o también llamados lecho profundo, tienen la finalidad de remover la turbidez o sólidos suspendidos en el agua de tamaños de hasta 15 micrómetros. Esto quiere decir que todo sólido en suspensión (tierra, polen, basuras pequeñas, etc.) mayor a 15 micrómetros quedará retenido en el filtro para después ser desechado por el drenaje en el retro lavado; no permitiendo de esta forma que estos sólidos pasen al torrente de servicio.

Esta función tiene como beneficio que el agua tratada queda parcialmente libre de sólidos en suspensión los cuales afectan la calidad potable y de proceso del agua.

Este filtro es un equipo purificador de agua doméstico o industrial de filtración que elimina el cloro, bacterias, metales pesados, sedimentos e impurezas. El agua queda limpia, libre de sabores y olores.

Estos filtros están constituidos por varias capas de medios de filtración estructurados de la siguiente manera: capa de grava, capa de arena y capa de antracita; las dimensiones de dichas camas dependen de la capacidad de flujo a filtrar.

Retro lavado: El retro lavado de la capa se requiere cuando la retención de partículas se acumula hasta el punto en que da un diferencial de presión de 15 PSI mayor que la presión inicial. El retro lavado es crítico al remover turbidez para asegurar que la cama este limpia,

la capacidad de flujo de retro lavado es de 12 a 15 gpm. por pie cuadrado del tanque. El tiempo de retro lavado requerido aproximado es de 10 a 20 minutos.

### **3.2.25.2 Filtro arena verde de manganeso (Greensand).**

Estos filtros son tecnología comprobada para la eliminar hierro, manganeso y sulfuro de hidrógeno presentes en el agua de abastecimiento de pozos. La arena verde (Greensand), es capaz de reducir el hierro, el manganeso y el sulfuro de hidrógeno de agua a través de la oxidación y filtración.

El hierro y el manganeso solubles son oxidados y precipitados por contacto con óxidos superiores de manganeso en los gránulos de área verde. El sulfuro de hidrógeno se reduce por medio de oxidación a un precipitado de azufre insoluble. Los precipitados son luego filtrados y removidos por retro lavado. Esta propiedad hace al filtro de arena verde de manganeso ideal para la reducción de hierro, manganeso y sulfuro de hidrógeno.

Es importante mencionar que la vida útil de los equipos propuestos es de 10 años, por lo tanto, las consideraciones tomadas en cuenta están orientadas para los primeros 10 años del proyecto; para los siguientes 10 años, es necesario actualizar cálculos y análisis del agua.

### **3.2.25.3 Cloración.**

La desinfección del agua es una medida con carácter correctivo o preventivo para garantizar la calidad del agua desde el punto de vista de la salud pública. Los productos normalmente utilizados para la desinfección de agua del abastecimiento público son:

- Cloro (cloro gas o cloro líquido).
- Hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{ClO})$ .
- Hipoclorito de sodio  $\text{Na}(\text{ClO})$ .
- Cal clorada ( $\text{CaOCl}$ ).

El cloro se aplica en exceso (aproximadamente 2mg/L) de manera que pueda satisfacer la demanda para oxidar estos compuestos y eliminar estas bacterias, y que así, reste una cantidad de cloro residual en los conductos de agua. Este cloro residual es el cloro libre que queda en el agua después que ha sido desinfectada en la planta. Su utilidad es de

continuar desinfectando el agua desde que sale de la planta de tratamiento hasta que llegue al consumidor.

La demanda de cloro es la diferencia entre la cantidad de cloro que se le añade al agua, y el cloro residual. El punto A muestra la cantidad requerida para satisfacer la demanda de los agentes reductores. La adición de cloro en exceso resulta en la formación de cloraminas. Estas son desinfectantes efectivos contra las bacterias presentes. Cuando todos los agentes reductores han reaccionado, comienza a aumentar el cloro residual. Este cloro residual oxida las cloraminas antes formadas, por lo que comienza a disminuir otra vez.

Cuando todas las cloraminas han sido eliminadas, es el punto en que el agua sale de la planta. De este punto en adelante el agua debe estar libre de contaminantes y debe contener una cantidad de cloro residual para asegurar que durante el trayecto entre la planta y el consumidor, se eliminen las bacterias más resistentes y otras impurezas químicas más complejas.

Este cloro residual es importante que se encuentre en niveles seguros para el consumo humano. Si este se encuentra en exceso, el cloro puede resultar tóxico para el consumo. Además, por ser una sustancia tan activa, un exceso de cloro puede reaccionar con distintos compuestos orgánicos, por lo que aumenta el riesgo de que se produzcan trihalometanos, que son compuestos carcinógenos para el humano. Los trihalometanos se encuentran en el agua potable como un resultado de la interacción del cloro con materia orgánica natural que se encuentra en el agua. Estos estarán presentes mientras el agua contenga cloro o hipoclorito, además de los precursores orgánicos. Es por esto que hay que mantener la cantidad de cloro residual dentro de unos límites. Estos son de 0.1mg/L a 0.3mg/L. Por otro lado, si el cloro residual es menos del necesario, el agua puede retener bacterias, protozoos y virus patógenos que amenacen la salud del consumidor.

### **3.2.26 Análisis de calidad del agua**

Para conocer la calidad del agua, se practican análisis Físico químico y Bacteriológico para determinar la calidad del agua para fines de consumo humano, investigando si esta contiene sustancias tóxicas o algún tipo de bacteria que pueda afectar la salud de la población a ser beneficiada y poder establecer alternativas técnicas para su potabilización.

## **IV. DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1 Estudios básicos**

Dentro de los estudios básicos que se llevaron a cabo para la realización del presente proyecto, se efectuaron visitas a instituciones como: El Porvenir, ENACAL, INIDE, INETER y la Alcaldía del municipio de San Lorenzo, con propósito de recopilar información elemental del sitio en estudio.

En lo que respecta a los estudios básicos ejecutados se realizaron: inspección física del sistema actual, levantamiento topográfico y sondeos.

#### **4.1.1 Inspección física del sistema de agua potable.**

Mediante investigaciones en el sitio se revisó la caracterización de la forma de funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad, tratándose de un sistema Fuente-Tanque-Red (F-T-R), el cual consta de un pozo perforado ocupado como fuente de abastecimiento de agua, dicha fuente se abastece de las aguas subterráneas del valle de la comunidad, esta obra de captación dispone de una estación de bombeo, la cual impulsa el agua a través de una línea de conducción de tubería PVC, hasta los tanques de almacenamiento ubicados en las zonas más elevadas de la comunidad.

Una vez impulsada el agua hasta los tanques de almacenamiento, se suministra a la población a través de la red de distribución, esta red está compuesta por tuberías PVC, accesorios como válvulas, codos, uniones, etc.

Es importante mencionar que el estado físico de la mayor parte de los elementos que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable (tuberías, accesorios, tanques de almacenamiento, estación de bombeo), se encuentran en buen estado de conservación, sin embargo, durante el tiempo de operación de estos elementos se observó falta de mantenimiento preventivo en algunos accesorios de tuberías, estación de bombeo y estación de tratamiento.

#### **4.1.2 Levantamiento topográfico.**

Se efectuó replanteo topográfico del sistema de abastecimiento de agua potable proporcionado por la Alcaldía Municipal de San Lorenzo, para verificar la información ya

existente, además se realizó un levantamiento topográfico (Planimétrica y altimétrico), en sitios donde se ha incrementado la población, con el fin de completar la cobertura del servicio en un 100% de la población.

#### **4.1.3 Sondeos**

Dentro de los sondeos realizados tanto en la línea de conducción, como en la red de distribución, se logró obtener la ubicación y el estado de tuberías, válvulas y algunos accesorios instalados. Las tuberías en la red de distribución se encuentran en buen estado, no obstante, estas no satisfacen la cobertura total de la población actual de la comunidad.

Los accesorios y válvulas instalados se encuentran ubicados en los puntos correspondientes y coinciden con la ubicación indicada en planos topográficos; el estado de estos, en su mayoría, es bueno, sin embargo, existen algunas válvulas con pequeñas fugas.

#### **4.2 Trabajo de gabinete**

Se estableció el tipo de sistema de abastecimiento de agua potable como un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), del orden Fuente-Red-Tanque (F-T-R). Con los datos de población actualizados, obtenidos de censo realizado por parte de la Alcaldía Municipal de San Lorenzo, se estimó la tasa de crecimiento poblacional que se utilizó en el cálculo de la población futura en un periodo de diseño de 20 años (Anexo 3, pág. iii).

De acuerdo con las necesidades expresadas por la población, se profundizó significativamente en la revisión del estudio de las condiciones hidrogeológicas y de calidad de agua, tomando en cuenta el aprovechamiento óptimo de la fuente de abastecimiento disponible.

Para la ampliación del sistema se tomó en consideración:

- El aprovechamiento de los elementos existentes tales como: Fuente de abastecimiento, red de distribución, línea de conducción y tanques de almacenamiento, En caso de no resultar funcional las estructuras existentes, diseñar los elementos del sistema proponiendo alternativas de solución a dichos inconvenientes presentados.

- Seleccionar la mejor alternativa técnica y económica, de acuerdo con el análisis hidráulico del sistema, simulado en EPANET, y costos del proyecto. Calcular costos del proyecto para las diferentes alternativas.
- Elaboración de planos de diseño final del sistema.

### **4.3 Criterios de diseño a emplear**

Con los datos poblacionales, obtenidos del censo realizado por la Alcaldía Municipal de San Lorenzo, y los estudios básicos realizados, se adoptarán criterios de diseño establecidos en las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09003-99), brindadas por INAA, ente regulador del sector de agua potable y alcantarillado sanitario.

Los criterios para utilizar son los siguientes:

#### **4.3.1 Estudio y proyección de la población**

La determinación de la población final para el periodo de diseño adoptado se realizó a partir de proyecciones, utilizando la tasa de crecimiento poblacional de la zona rural de la comunidad El Rodeo, establecido por la Alcaldía Municipal de San Lorenzo.

Para la determinación de las poblaciones futuras se usará el método geométrico.

##### **4.3.1.1 Método geométrico**

Es uno de los métodos más utilizados en Nicaragua y es aplicable a zonas que no han alcanzado un desarrollo urbano, como es la comunidad de El Rodeo. Para la aplicación de este método hay que comenzar por calcular la tasa de crecimiento poblacional ( $r_g$ ), tomando como punto de partida los censos poblacionales obtenidos.

##### **4.3.1.2 Tasa de Crecimiento poblacional**

$$r = \left[ \left( \frac{P}{p} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100 \quad \text{Ec. ( 5)}$$

Las Normas Rurales del INAA estipulan que ninguna localidad tendrá una tasa de crecimiento mayor del 4%, ni menor del 2.5% y, si el promedio de la proyección de la población es menor del 2.5%, la proyección se hará en base al 2.5% de crecimiento anual.

#### 4.3.1.3 Población de diseño por cada año

$$P = P_2 * (1 + r )^n$$

Ec. ( 6)

Donde:

$P$ : Población Futura

$P_2$ : Es la Población actual o anterior

$r_g$ : Tasa de Crecimiento Geométrico.

#### 4.3.2 Proyección de consumo

##### 4.3.2.1 Dotación

Para sistemas de abastecimientos de agua potable por medio de conexiones domiciliarias, de acuerdo con las normas técnicas de abastecimiento de agua para zonas rurales (NTON 09002-99 INAA), se asignó un caudal de 75 lppd.

Para determinar el caudal de diseño se tomó como referencia los parámetros de las normas NTON (09003-99 INAA), según tipo de consumo en la comunidad, cantidad de población proyectada para un periodo de diseño de 20 años.

Teniendo en cuenta que la población proyectada, para el año 2039, no sobrepasa los 5,000 habitantes, las normas del INAA establecen que no se deberán de tomar en consideración volúmenes de agua para incendio e hidrantes, puesto que estos no serán incluidos en el diseño de la red. Las dotaciones de consumo según Normas del INAA se establecen en la tabla 3.

Tabla 3 - Dotación de consumo domestico

Rango de población	Dotación	
	g/hab/día	L/hab/día
0-5000	20	75
5000-10000	25	95
10000-15000	30	113
15000-20000	35	132
20000-30000	40	151
30000-50000	45	170
50000-100000 y mas	50	189

**Fuente:** Diseño de abastecimiento de agua en el medio rural – INAA.

#### 4.3.2.2 Dotación histórica.

$$D = \frac{C}{P} \cdot \frac{F}{C} \quad \text{Ec. ( 7)}$$

$$P = \left( N^{\circ} \text{ d } c_1 \right) * \left( \text{Ín } H \right) \quad \text{Ec. ( 8)}$$

Según las Normas del INAA, para rangos de población menores de 5,000 habitantes, la dotación debe ser de 75 lppd, se utilizó esta dotación, debido a que la dotación calculada resulto menor a la indicada en dichas normas.

#### 4.4 Obra de captación (Pozo perforado)

Se utilizó un pozo perforado con una profundidad de 55 m, el cual se encuentra en uso, ubicado en la misma comunidad El Rodeo en la parte Sur del área rural de la misma.

##### 4.4.1 Estación de bombeo

Con respecto a los equipos nuevos a instalarse se tomaron en cuenta las características de la fuente, ubicación del almacenamiento, el sistema de distribución y la demanda de agua.

##### 4.4.1.1 Características de la succión.

Diámetro

$$Q = V * A \quad \text{Ec. ( 9)}$$

V=0.75 m/seg. Según las normas del INAA.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} \quad \text{Ec. ( 10)}$$

##### 4.4.1.2 Tubería de descarga

Para el cálculo del diámetro de la tubería descarga se realizó el estudio técnico económico y un primer diámetro se calculó con la fórmula de Bresse, tomando en cuenta la velocidad del flujo entre 0.60 –1.5 m/s, máximo de 2 m/s.

#### 4.4.1.3 Carga total dinámica

La carga total dinámica (CTD) se estableció bajo la condición de bombeo y tomando en consideración las pérdidas por fricción y por accesorios en la tubería de la línea de conducción.

$$C = (n_{d r} - n_{d t} + p_{e l i s} + p_{e l i d}) + \dots \quad \text{Ec. ( 11)}$$

#### 4.4.1.4 Potencia requerida

La potencia neta demandada por la bomba se determinó usando la siguiente fórmula:

$$P_B = \frac{Q * C}{3600 * e_B * e_m} \quad \text{Ec. ( 12)}$$

Dónde:

$P_B$  : Potencia Neta de la Bomba (HP).

$Q$  : Caudal de Bombeo o Consumo de Máximo Día (gpm).

$C.T.D$  : Carga Total Dinámica (Pies).

$eb*em$  : Eficiencia del equipo de bombeo.

#### 4.4.1.5 Nivel de bombeo

$$N = N + A + V . e. \quad \text{Ec. ( 13)}$$

$N$  :  $N$  F átí .

### 4.5 Línea de conducción por bombeo

#### 4.5.1 Caudal de Diseño

La línea de conducción se diseñó para una capacidad igual al consumo del día de máximo consumo, para fines del período de diseño, asumiendo un tiempo de bombeo máximo de 16 horas.

#### 4.5.2 Selección de diámetro

Para la determinación del diámetro se realizó un análisis técnico económico de la tubería que unirá los pozos junto con la red hasta el tanque de almacenamiento proyectado.

En base a la Formula de Bresse se hizo un pre-dimensionamiento.

$$D = k * Q^{0.4} \quad \text{Ec. ( 14)}$$

Dónde:

$D$  : Diámetro (m).

$Q$  : Caudal (m<sup>3</sup>/s).

$K$  : 0.9

#### 4.5.3 Estudio técnico económico

Determinado el diámetro, se escogieron 3 diámetros en torno a ese valor. Se compararon los costos anuales equivalentes de las inversiones en suministro e instalación de tuberías y los costos anuales de energía, generados por la conducción para todos los diámetros.

Las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

- Calculo del Costo Anual de Tubería (CAT)

$$C = C * V \quad \text{Ec. ( 15)}$$

$$C = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Ec. ( 16)}$$

- Calculo del Costo Anual de Energía (CAE)

$$C = \frac{Q_d * C * t_d * 365d * \frac{C\$ K}{h}}{3960 * e_d * e_m} \quad \text{Ec. ( 17)}$$

- Costo Anual Equivalente Total

$$C = C + C \quad \text{Ec. ( 18)}$$

Dónde:

$CAT$  = Costo Anual de Tubería.

$C_{rf}$  = Coeficiente de recuperación.

$VPe$  = Valor presente.

$CAE$  = Costo Anual de Energía.

$Q_b$  = Caudal de Bombeo (gpm).

$CTD$  = Carga Total Dinámica (m).

$t_b$  = Tiempo de Bombeo (horas).

$e_b$  = Eficiencia del equipo de bombeo (%).

$i$  = Interés anual (%).

=

$e_m$  = Eficiencia del motor (%).

$CAEq$  = Costo Anual Equivalente.

#### **4.5.3.1 Pérdidas de carga**

Para calcular las pérdidas se utilizó la ecuación de Hazen-William:

$$hf = \frac{(10.67)(Q)^{1.8}}{(C)^{1.8} (D)^{4.8}} * L \quad \text{Ec. ( 19)}$$

Dónde:

Hf: Perdidas (m).

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s).

C: Coeficiente de rugosidad.

D: Diámetro (m).

#### **4.5.3.2 Velocidad**

Se permitieron velocidades de flujos línea de conducción entre 0.6 m/s y 2.0 m/s, y se calcularon a través de la fórmula de continuidad y ayuda del programa EPANET:

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

Ec. ( 20)

Dónde:

V: Velocidad (m/s).

A: Área de la sección transversal de la tubería (m<sup>2</sup>).

Q: Caudal (m<sup>3</sup>).

#### **4.5.3.3 Golpe de ariete**

Así mismo, se hicieron las consideraciones técnicas necesarias para prevenir las condiciones de golpe de ariete.

$$\Delta H = \frac{C}{g}$$

Ec. ( 21)

Dónde:

H: Sobrepresión o Golpe de Ariete (m).

V: Velocidad media del agua (m/s).

C: Celeridad (m/s).

g: Aceleración de la Gravedad (m/s<sup>2</sup>).

Calculo de la Celeridad

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D}{e}}}$$

Ec. ( 22)

Considerando C = 1000 m/s.

Dónde:

C: Celeridad o velocidad de la onda de compresión o de succión (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

e: espesor de la tubería (m).

k: 18.

Cálculo del Coeficiente K, que tiene en cuenta los módulos de elasticidad

## 4.6 Red de distribución

La red de distribución es el sistema de conductos ramificados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos, ver tabla 4.

Tabla 4 Coeficientes de materiales de tuberías (K)

Material de la tubería	K
Acero	0.5
Hierro fundido	1
Concreto	5
Asbesto-cemento	4.4
Plástico	18

**Fuente:** Diseño de abastecimiento de agua en el medio rural – INAA.

El diseño se va realizar para las condiciones más desfavorables en la red, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para el período de diseño, se deberá considerar los aspectos siguientes:

- Se diseñó para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor 2.5 al consumo promedio diario (CMH = 2.5 CPD + pérdidas).
- En este caso se verificó las presiones o rangos de presiones mínimas de operación que debe de satisfacer la red de distribución.  
Desde el Tanque: Complemento al consumo máximo horario.  
Desde la bomba: Consumo de Máximo Día.
- El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.
- En la red se recomendaron y válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.
- El caudal correspondiente al consumo máximo diario es bombeado hacia el tanque de almacenamiento. La red demandará del tanque el consumo de máxima hora o la demanda coincidente con un incendio en los puntos más desfavorables de la red. El tanque trabajará con una altura que permitirá dar presiones residuales mínimas establecidas en todos los puntos de la red.

#### 4.6.1 Hidráulica del acueducto

El análisis hidráulico de la red y de la línea de conducción, permite dimensionar los conductos que integran dichos elementos. La selección de los diámetros es de gran importancia, ya que, si son muy grandes, además de encarecer el sistema, las bajas velocidades provocarían problemas de depósitos y sedimentación; pero si es reducido puede originar pérdidas de cargas elevadas y altas velocidades las cuales podrían causar erosión en las tuberías.

##### 4.6.1.1 Selección de la clase de tubería a emplear

La selección de la clase de tubería a emplear será capaz de soportar la presión hidrostática y ajustarse a la máxima economía, Ver tabla 5.

Tabla 5 Presión de trabajo de tuberías

SDR	Presión de Trabajo		
	(kg/cm <sup>2</sup> )	(psi)	(m.c.a)
11	22	400	280
13.5	22.4	320	224
17	17.5	250	175
26	11.2	160	112
32.5	8.8	125	88
41	7	100	70
50	5.6	80	56

**Fuente:** Especificaciones tubería PVC ASTM D 2241.

Como resultado de los estudios de campo, se dispondrá de los planos necesarios de planta perfil, longitudinal de la línea de conducción, informaciones adicionales acerca de la naturaleza del terreno, detalles especiales etc. Permitirá determinar la clase de tubería (Hierro Fundido, Hierro Galvanizado, Asbesto Cemento, PVC), más conveniente.

En el caso de que la naturaleza del terreno haga antieconómica la excavación, se seleccionara una de las tuberías que por resistencia a impactos puede instalarse sobre soportes.

#### 4.6.1.2 Diámetros

Para la determinación de los diámetros habrá que tomar en cuenta las diferentes alternativas desde el punto de vista económico.

Definidas las clases de tuberías y sus límites de utilización, por razones de presión estática pueden presentarse situaciones que obliguen a la utilización de dispositivos reductivos de presión, estableciéndose a lo largo de la línea tramos para efectos de diseño en función de la línea de carga estática o mediante la utilización de tubería de alta presión.

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución debe ser al menos de 2 pulgadas (50mm), aceptándose en ramales abiertos en extremos de la red, para servir a pocos usuarios de reducida capacidad económica; y en zonas donde razonablemente no se va a producir un aumento de densidad de población, el diámetro mínimo debe ser de 1 ½” pulgadas (38 mm) en longitudes no superiores a los 100.00 m.

#### 4.6.1.3 Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento la norma INAA recomienda que las presiones se mantengan en los valores siguientes:

- **Mínima: 5m.**
- **Máxima: 50m.**

La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo, se recomienda en línea de conducción mantener una presión estática máxima de 70 m.

#### 4.6.1.4 Coeficiente de Rugosidad Hazen Williams

Coeficiente de Rugosidad (C) de Hazen-Williams para los diferentes tipos de materiales en los conductos, Ver tabla 6.

Tabla 6 Coeficientes de rugosidad de Hazen Williams.

Material del conducto	Coeficiente de Rugosidad (C)
Tubo de hierro Galvanizado (Ho. Go)	120
Tubo de concreto	130
Tubo de asbesto cemento	140
Tubo de hierro fundido (Ho. Fo)	130
Tubo plástico (PVC)	150

**Fuente:** Diseño de abastecimiento de agua en el medio rural – INAA.

#### **4.6.1.5 Velocidades permisibles en tuberías**

Las velocidades recomendadas del flujo en los conductos son para evitar erosión de las paredes del conducto o sedimentación en las tuberías. Los valores permisibles son los siguientes:

- **Velocidad mínima: 0.40 m/s**
- **Velocidad máxima: 2.00 m/s**

Excepto donde las tuberías son existentes con diámetros mayores (demasiada capacidad), y no se logre alcanzar la velocidad mínima y cuando se necesitan menores pérdidas en la línea para poder alcanzar la presión residual en los puntos críticos (altos).

#### **4.6.1.6 Coberturas de tubería**

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

#### **4.6.1.7 Pérdidas de agua en el sistema**

Para el rediseño de este acueducto se consideraron unas pérdidas equivalentes a un 20% del consumo promedio diario.

### **4.7 Tanque de almacenamiento**

El tanque de almacenamiento diseñado se adapta a las condiciones y parámetros que se tomaron en cuenta para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de la Comunidad El Rodeo, Municipio de San Lorenzo.

La capacidad del tanque de almacenamiento las condiciones siguientes:

#### **4.7.1 Capacidad mínima**

##### **4.7.1.1 Volumen compensador**

El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo se estimó en 15% del consumo promedio diario.

#### **4.7.1.2 Volumen de reserva**

El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimó igual al 20% de consumo promedio diario.

#### **4.7.1.3 Reserva para combatir incendios (Vi)**

La reserva para incendio se hizo con un almacenamiento de 2 horas de acuerdo con la demanda de agua para incendio. Para poblaciones mayores de 5000 habitantes la dotación de incendio es de:

$$V_e = (D \quad \dot{u} \quad ) * \frac{2h\sigma}{24 h\sigma \quad d \quad \dot{u}} \quad \text{Ec. ( 23)}$$

Según las normas no se considera el caudal de incendio, cuando la población a estudio está dentro del rango 0-5000 habitantes, por lo tanto, no se tomó en cuenta el volumen total del tanque es la sumatoria de los volúmenes producidos por las variaciones en el sistema y el volumen de consumo necesario debido a alguna interrupción por mantenimiento en la obra de captación o en la línea de alimentación.

#### **4.7.1.4 Ubicación del tanque**

La ubicación del tanque se determinó principalmente por la necesidad y conveniencia de mantener presiones en la red dentro de los límites de servicios; estas presiones están limitadas por las normas, dentro de un rango que pueda satisfacer las condiciones más desfavorables una presión mínima y máxima por razones económicas. A demás el tanque debe de estar situado lo más cercano posible a la red de distribución, teniendo en cuenta la topografía del lugar.

#### **4.7.1.5 Diseño de tanque sobre suelo**

El tanque sobre suelo debe tener una altura máxima de 3.0 metros, con un borde libre de 0.50 metros y deberán estar cubiertos con una losa de concreto, en caso especial se construirán tanques de aceros.

#### **4.7.1.6 Altura mínima**

La altura del fondo del tanque se estableció tomando en cuenta las pérdidas por fricción a lo largo de las tuberías entre el tanque y el punto más desfavorable en la red haciendo uso del método de Hardy Cross de los gastos compensados y que pueda proporcionar la presión residual mínima establecida.

### **4.8 Tratamiento**

Para proteger la calidad del agua, presente y futura, se tomó en cuenta los parámetros y concentraciones máximas permisibles según Normas OMS y CAPRE. La desinfección se aplicará con el fin de establecer una barrera de seguridad para evitar la difusión de enfermedades relacionadas con el agua.

En el caso de acueductos rurales se utiliza para desinfección el cloro en forma de hipocloritos, debido a su facilidad de manejo y aplicación.

## V. CÁLCULOS Y RESULTADOS

### 5.1 Evaluación del sistema actual

En la actualidad se presentan una serie de deficiencias en el sistema de distribución de agua potable de la comunidad El Rodeo, municipio de San Lorenzo, departamento de Boaco.

#### 5.1.1 Población y consumos

A continuación, se describen los datos actuales para verificar el sistema existente:

Año actual	2019
Población del año de inicio	1080
Dotación	20.00 gppd.
Dotación	75.7 lppd.
CPD=	0.94 l/s (14.90 gpm)
CMD=	1.60 l/s (25.36 gpm)
CMH=	2.53 l/s (40.10 gpm)
Caudal de Bombeo	60 l/s, 951.019 gpm, 0.06 m <sup>3</sup> /s

#### 5.1.2 Línea de conducción.

La línea de conducción conecta directamente al pozo con el tanque de almacenamiento mediante la tubería de conducción de 2 pulgadas de diámetro de PVC.

La línea de conducción del sistema está diseñada para transportar el flujo del pozo al tanque de almacenamiento, el Caudal Máximo Diario planteado fue de 1.60 l/s, calculando el diámetro de la tubería de conducción de la siguiente manera:

$$D = 0.9 * \left( 0.0016 \frac{m^3}{s} \right)^{0.4} = 0.04967m \sim 2''$$

Según la fórmula de cálculo, el diámetro actual de 2" cumple, sin embargo, para los próximos años de servicio la capacidad para transportar el caudal demandando se estaría viendo limitada.

- Estación de bombeo

Sistema actual de la comunidad El Rodeo es del tipo fuente-tanque-red, utilizando los siguientes datos:

Datos generales:

Caudal de Máximo día (CMD):	1.60 l/s
Diferencia de elevación:	56.05 m
Nivel de bombeo:	48.00 m

Características del equipo de bombeo y línea de conducción existentes para el periodo 2019-2039:

Caudal de bombeo	16.00 gpm (1.00 l/s).	
Carga Total Dinámica	375.00'.	
Potencia de la bomba	2 HP.	
Longitud	685.12 m	
Velocidad	0.75 m/s	Rango (0.60 m/s-0.90 m/s)

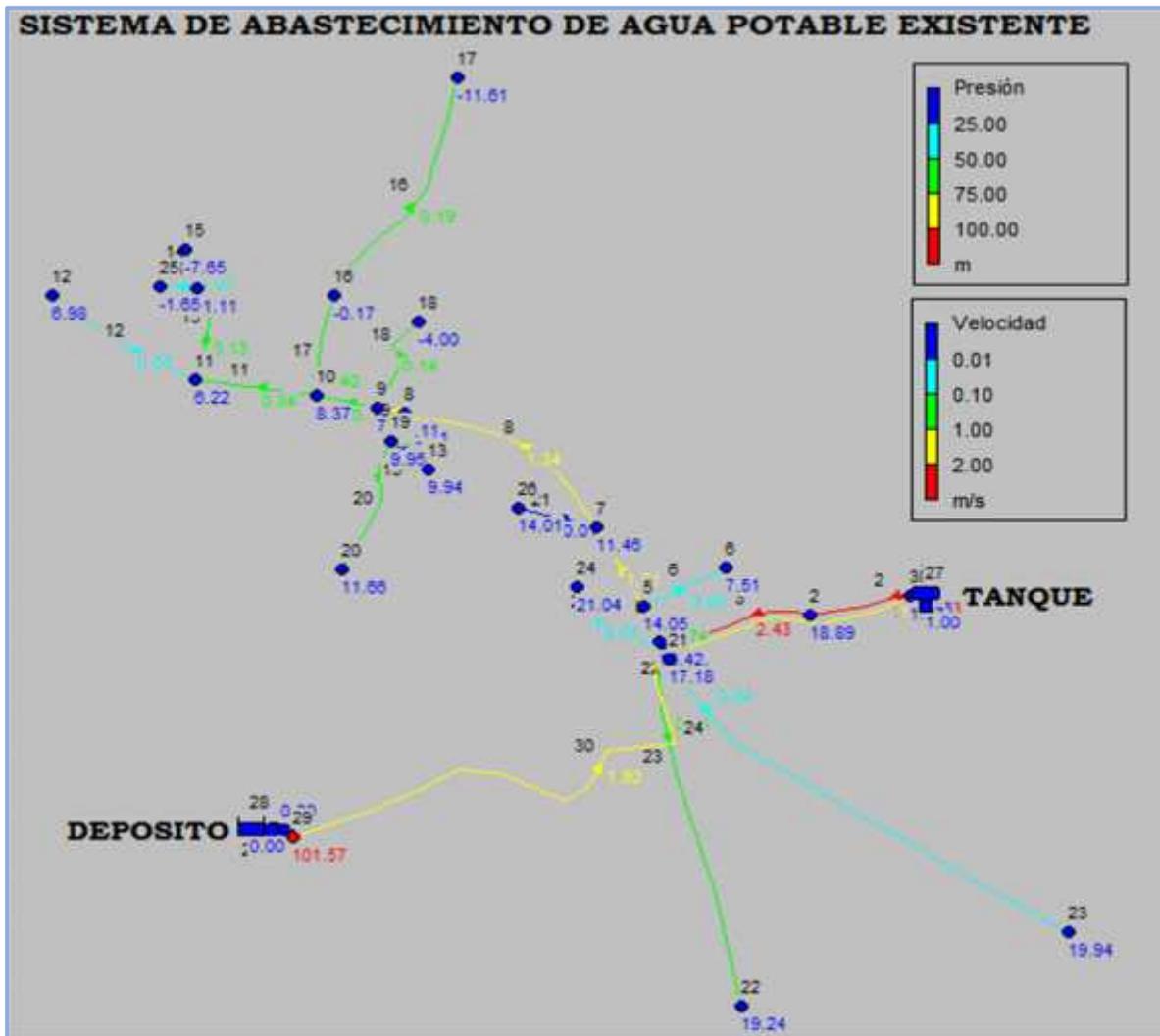
El caudal de la bomba (16 gpm) es menor que caudal de máximo requerido por la población actual (25.36 gpm).

### 5.1.3 Red de distribución.

La red de distribución fue dimensionada para abastecer la demanda máxima horaria para la población actual que es de 2.53 l/s.

La red de distribución posee un diámetro de 2 pulgadas con una longitud de 3,568 m, mediante tubería PVC SDR-26, toda la red trabaja por gravedad, ver tabla 7. Realizando el modelo actual del sistema de distribución de agua potable existente en la comunidad El Rodeo con ayuda del programa EPANET se tiene lo siguiente, (ver figura 3):

Figura 3 Esquema de red de distribución.



Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3.1 Presiones Residuales.

Nodos #14, #15, #16, #17, #18 y #25: las presiones residuales calculadas en estos nodos son negativas y oscilan entre -0.17 y -11.61m, esto se debe a que estos nodos se encuentran en las zonas más alejadas, teniendo estos las mayores elevaciones topográficas de todo el sistema.

Nodo #1, #22, #23 y #24: la presión residual calculada en estos nodos oscila entre 18.89 m y 21.04 m, debido a que estos nodos se encuentran en los puntos de menor elevación y muy cercanos a los tanques de almacenamiento.

Al momento de la simulación del sistema de abastecimiento de agua potable existente, en el programa EPANET, reflejo que la capacidad del equipo de bombeo instalados en el sistema no cumple correctamente con las demandas exigidas por el sistema, haciendo ineficiente el funcionamiento correcto de este equipo de bombeo.

#### **5.1.3.2 Velocidades**

Las velocidades en las líneas de la red de distribución oscilan entre 0.01 y 2.43 m/s, siendo las velocidades más bajas en las tuberías más alejadas de los tanques de almacenamiento y que además poseen grandes diferencias de elevación entre sus nodos y las tuberías con más altas velocidades son las que descienden desde los tanques de almacenamiento.

#### **5.1.4 Tanques de almacenamiento.**

Los tanques de almacenamiento existentes (2), poseen una capacidad de 22,000 lts. Cada uno, ambos de PVC e instalados sobre losa de concreto, se encontraron en buen estado físico al momento de la inspección, además la capacidad de almacenamiento de estos actualmente cumplen con las Normas Técnicas del INAA, NTON 09001-99 (Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable en el medio rural).

#### **5.1.5 Condiciones del sistema existente.**

El suministro discontinuo de agua (3 horas de servicio usualmente por las madrugadas en los puntos altos de la comunidad), se debe a que la presión no es suficiente para alcanzar los niveles de los nodos más elevados.

Las condiciones en las que trabaja el sistema de bombeo no son adecuadas, con respecto a la demanda excesiva de trabajo y consumo energético, disminuyendo los niveles de eficiencia para la cual está diseñado dicho sistema de bombeo.

Por tales motivos, se hace necesario realizar un nuevo estudio social y levantamiento topográfico apegados a la realidad actual y tomando en consideración las ampliaciones de la red, para así brindarle a la comunidad un servicio de forma eficiente.

## **5.2 Análisis del sistema de agua propuesto.**

### **5.2.1 Conceptualización del proyecto**

Debido a la problemática de abastecimiento de agua potable de la comunidad El Rodeo, municipio de San Lorenzo, departamento de Boaco, se plantea el mejoramiento del sistema con el análisis de dos propuestas las cuales utilizan los sistemas tipo Fuente - Tanque - Red, y una tercera propuesta transformando el sistema a uno Fuente - Red - Tanque, utilizando, por conveniencia, los elementos del sistema actual que funcionen en la implementación de las propuestas.

**Propuesta 1, Fuente - Tanque – Red: Ampliación de red de distribución, prolongación de línea de conducción y aumento de capacidad de tanques de almacenamiento:** el agua extraída del pozo existente será impulsada mediante la línea de conducción por bombeo (existente), que tiene una longitud total de 708.79 m, con diámetro de 2”, esta será almacenada en tanques de almacenamiento PVC y después pasará a la red de distribución por medio de gravedad con el propósito de obtener mayor presión y logre abastecer el 100% de la población; los tanques se reinstalarán a una mayor elevación de 15.5 metros con respecto a la existente, con una prolongación de la línea de conducción con longitud de 42.89 metros, además ampliar la red de distribución cerrando algunos nodos con tubería PVC, con una longitud total de 290.31 metros de tubería nueva a instalar.

**Propuesta 2, Fuente – Tanque – Red: Ampliación de red de distribución, reinstalación de nueva línea de conducción y aumento de capacidad de tanques de almacenamiento:** el agua extraída del pozo existente será impulsada mediante la línea de conducción por bombeo (nueva), esta línea tendrá una longitud total de 686.74 metros de tubería PVC y diámetro de 3”, siendo reemplazada y trazada sobre una longitud más corta hacia los tanques de almacenamiento de PVC y posteriormente pasara a la red de distribución por gravedad, para obtener mayor presión y abastecer al 100% de la población los tanques se reinstalarán a una mayor elevación de 15.5 metros con respecto a la existente, además ampliar la red de distribución cerrando algunos nodos con tubería PVC, con una longitud total de 290.31 metros de tubería nuevos a instalar. Con el propósito de

obtener velocidades optimas en la red, se reemplazará un tramo de red (desde tanques de almacenamiento hasta nodo #4), por tubería PVC de 3" de diámetro.

**Propuesta 3, Fuente – Red – Tanque: Ampliación de red de distribución, conexión directa de línea de conducción con red de distribución y aumento de capacidad de tanques de almacenamiento:** el agua extraída del pozo existente será impulsada mediante la línea de conducción por bombeo directamente hacia la red de distribución, abasteciendo a la población y desplazándose posteriormente hasta los tanques de almacenamiento, el agua será almacenada en tanques de PVC, para obtener mayor presión y abastecer al 100% de la población los tanques se reinstalarán a una mayor elevación de, 15.5 metros con respecto a la existente, además ampliar la red de distribución cerrando algunos nodos con tubería PVC, con una longitud total de 290.31 metros de tubería nuevos a instalar.

## **5.2.2 Cálculos de campo**

### **5.2.2.1 Fase exploratoria**

Se realizaron visitas de campo al lugar para una debida inspección de los elementos del sistema y localización de estos.

### **5.2.2.2 Recopilación de datos**

Se visitaron instituciones como Alcaldía Municipal de San Lorenzo, El Porvenir, Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), para obtener información necesaria sobre el sitio, documentación de la caracterización de la zona, datos generales del sistema de abastecimiento de agua potable existente, entre otros aspectos generales.

### **5.2.2.3 Evaluación Socioeconómica y Censo Poblacional**

Se realizaron varias visitas a la comunidad El Rodeo, se reunió con líderes comunales para informar los objetivos del proyecto. La Alcaldía Municipal de San Lorenzo realizó, en 2018, un censo poblacional al 100% de las viviendas en las comunidades a ser beneficiadas, determinando la población por grupos de edad y sexo.

#### **5.2.2.4 Información Topográfica**

A través de gestiones en la Alcaldía del Municipio de San Lorenzo, se obtuvo información topográfica de la Comunidad El Rodeo, dicha información fue actualizada (calles, curvas de nivel, planimetría y altimetría), donde se anexó a la población que no estaba incluida en el proyecto anterior, además se realizó un reconocimiento de la zona de estudio, constatándose la veracidad de la información obtenida.

#### **5.2.2.5 Análisis de la calidad de agua de la fuente**

Los aforos realizados en el 2018 por la Alcaldía Municipal de San Lorenzo, demuestran que la fuente tiene suficiente caudal para implementar el proyecto al final del periodo de diseño.

Los análisis de la calidad de agua realizados a la fuente, por la Organización El Porvenir en el año 2016, demuestran lo siguiente:

- Análisis fisicoquímico

En los resultados del análisis realizado a la fuente de abastecimiento de agua de la comunidad El Rodeo, se presentan valores del ensayo realizado para diferentes parámetros, haciendo referencia a valores máximos permisibles o recomendados por las Normas CAPRE; dentro de los valores más significativos en los resultados tenemos lo siguiente:

Turbiedad: 8.10 NTU.

Hierro total: 0.302 mg/lts.

Haciendo referencia al resto de parámetros analizados, se puede decir que estos se encuentran dentro del rango o valor máximo permisible recomendado por las normas antes mencionadas.

#### **5.2.3 Criterios para el análisis y cálculo hidráulico del sistema.**

El análisis hidráulico del sistema se realizó tomando en cuenta los resultados del estudio topográfico, demanda diaria y horaria de la comunidad El Rodeo. El cálculo hidráulico se llevó a cabo siguiendo las normas técnicas para el abastecimiento de agua potable

emitidas por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Potabilización de las Agua NTON 09003-99 y Diseños de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural NTON 09001-99. El análisis y cálculo hidráulico comprende:

#### **5.2.3.1 Seleccionar la dotación de agua**

El nivel de servicio en la comunidad son tomas domiciliarias al cual se le asignó una dotación de 75 lppd.

#### **5.2.3.2 Demanda actual y futura del sistema**

La comunidad El Rodeo tiene una población actual de 1,080 personas, aplicando una dotación de 75 lppd, por cada habitante, se obtiene una demanda futura de 3.23 l/seg. Por la demanda futura se utilizó el método geométrico para proyectar el consumo actual a 20 años del periodo de diseño del sistema, se utilizó una tasa de crecimiento constante de 3.60%, el cual resulta un consumo promedio diario de 1.9 l/s aproximadamente, al final del periodo de diseño.

#### **5.2.3.3 Dimensionamiento del depósito de captación**

El dimensionamiento de la captación está definido en base en la topografía del punto y de la clase de pozo perforado existente, el cual será utilizado como fuente de abastecimiento.

#### **5.2.3.4 Dimensionamiento de la línea de conducción**

Para el diseño hidráulico de la línea de conducción se tomó como referencia principal la topografía general de comunidad, funcionalidad del sistema a proponer, inversión a incurrir y reutilización de los elementos existentes.

##### **5.2.3.4.1 Diámetro**

La selección del diámetro se hizo según el análisis hidráulico, tecnico-economico de la línea de conducción, para el cual, se basa en el caudal que transporta, el gradiente hidráulico y costos generales de instalación y uso de tuberías.

#### 5.2.3.4.2 *Perdidas hidráulicas*

Para el análisis hidráulico se utilizó la ecuación de Hazen Williams, para el cálculo de las pérdidas a lo largo de todo sistema. Utilizando un coeficiente de Hazen Williams 150 para ductos PVC y 120 Hierro Galvanizado.

#### 5.2.3.4.3 *Velocidad*

En el análisis de la velocidad en las líneas de conducción y red de distribución según las Normas de Diseño De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable en el Medio Rural, NTON 09001-99 INAA establece un rango de 0.4 m/s a 2.0 m/s, el cual debe tomar en consideración en la simulación del diseño propuesto.

#### 5.2.3.4.4 *Presión Residual*

La presión residual es uno de los aspectos de mayor importancia en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, en nuestro país las normas nacionales de Diseños de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural NTON 09001-99, limitan las presiones residuales entre 5 a 60 mca.

#### **5.2.3.5 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento**

Los criterios de dimensionamiento son los que señalan las normas nacionales Diseños de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural NTON 09001-99, la capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones Sigüientes:

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

$$V \cdot T = V \cdot R + V \cdot C_t$$

Ec. ( 24)

$$V \cdot T = 35\% C$$

### **5.2.3.6 Diseño de la Red de Distribución**

El dimensionamiento de la red, distribución de caudales y salidas en cada nodo, se presentan en los resultados del análisis hidráulico realizado utilizando el programa EPANET.

#### *5.2.3.6.1 Tipo de Red*

Debido al mínimo grado de dispersión que presentan las viviendas de la comunidad en estudio, se optó por asignar una red del tipo semi abierta, la cual se adapta muy bien a la distribución de la población.

Se trabajó con un total de 28 tramos y 25 nodos distribuidos a todo lo largo y ancho de la comunidad, con el objetivo de abastecer el 100% de las viviendas.

#### *5.2.3.6.2 Demandas Nodales*

Las demandas nodales se calcularon en dependencia de la cantidad de habitantes en el área tributaria de un nodo, en el cual se consideraron datos como el nacimiento actual de personas en cada casa, la dotación, la tasa de crecimiento adoptada y el factor de consumo humano.

#### *5.2.3.6.3 Introducción y Procesamiento de Datos*

El diseño de la red se realizó bajo dos tipos de análisis, consumo máximo horario y consumo máximo día, estos con el objeto de verificar que las presiones se mantengan dentro del rango permitido por las normas del INAA, que aseguren las presiones necesarias en cada nodo, así como proponer el tipo de tubería que se colocará o reutilizará, para garantizar que el agua llegue a todos los puntos de interés en la comunidad.

Los datos que se introdujeron para efectuar el análisis son:

- En los Nodos: Cota de elevación y la demanda base nodal.
- En los tramos: Diámetro, longitud y coeficiente de Rugosidad.
- En el depósito: Dimensiones, niveles de servicio y elevación.
- En el embalse: Altura total.

El procesamiento de los datos está enfocado principalmente a los resultados de la velocidad en los tramos y la presión en cada nodo, si estos no cumplen con lo establecido en las normas nacionales, se puede proponer cambios de acuerdo a las necesidades requeridas en el análisis de simulación hasta obtener resultados satisfactorios.

#### **5.2.4 Estimación de costos o presupuestos de la obra**

A partir de los presupuestos estimados en las propuestas se dedujeron conclusiones acerca de la rentabilidad, posibilidad y conveniencia de ejecución de la obra. Se realizó un análisis minucioso de la información contenida en los planos y levantamientos topográficos con el propósito de establecer una propuesta óptima y funcional en la solución de la problemática existente.

Se proyectó el costo respectivo total de las etapas de la obra, ubicación, precio unitario y total.

## VI. SISTEMA PROPUESTO.

Para solucionar la problemática de abastecimiento de agua potable en la comunidad El Rodeo, se propusieron tres alternativas, dos sistemas del tipo Fuente-Tanque-Red y un sistema del tipo Fuente - Red - Tanque.

### 6.1 Estudio de población y consumo.

#### 6.1.1 Tasa de crecimiento de la Población, (ver tabla 7 datos censo poblacional).

Tabla 7 Datos censales

Año de censo	Poblacion (Hab)	Fuente
2014	936	Alcaldia
2019	1,080	Alcaldia

Fuente: Alcaldía municipal de San Lorenzo.

#### 6.1.2 Tasa de crecimiento geométrica (rg)

Para la aplicación de este método se calculó la tasa de crecimiento poblacional ( $r_g$ ), tomando como punto de partida los censos de la tabla 7.

$$r = \left[ \left( \frac{1,080 \text{ ha}}{936 \text{ ha}} \right)^{\left( \frac{1}{2} - \frac{1}{-2} \right)} - 1 \right] * 100$$

$$r = 3.60 \%$$

#### 6.1.3 Proyección de la Población.

La población proyectada a los 20 años se presenta a continuación utilizando como punto de partida el año 2019.

$$P : (1,080 (1 + 0.036)^{(20 - 2019)}) : 2,191 \text{ ha} .$$

### 6.2 Caudales de Diseño.

En la tabla 8, figura 4 y 5, se presentan las variaciones de consumo para el periodo de diseño, grafica de proyección de población y proyección de consumo, respectivamente.

Tabla 8 Variaciones de consumo

AÑO	POBLACIÓN	DOTACIÓN (lppd)	CPD (l/s)	CPDT (l/s)	HF (l/s)	CMD (l/s)	CMH (l/s)
2019	1080	75	0.94	0.94	0.19	1.60	2.53
2020	1119	75	0.97	0.97	0.19	1.65	2.62
2021	1159	75	1.01	1.01	0.20	1.71	2.72
2022	1201	75	1.04	1.04	0.21	1.77	2.81
2023	1244	75	1.08	1.08	0.22	1.84	2.92
2024	1289	75	1.12	1.12	0.22	1.90	3.02
2025	1335	75	1.16	1.16	0.23	1.97	3.13
2026	1383	75	1.20	1.20	0.24	2.04	3.24
2027	1433	75	1.24	1.24	0.25	2.12	3.36
2028	1485	75	1.29	1.29	0.26	2.19	3.48
2029	1538	75	1.34	1.34	0.27	2.27	3.61
2030	1594	75	1.38	1.38	0.28	2.35	3.74
2031	1651	75	1.43	1.43	0.29	2.44	3.87
2032	1710	75	1.49	1.49	0.30	2.53	4.01
2033	1772	75	1.54	1.54	0.31	2.62	4.15
2034	1836	75	1.59	1.59	0.32	2.71	4.30
2035	1902	75	1.65	1.65	0.33	2.81	4.46
2036	1970	75	1.71	1.71	0.34	2.91	4.62
2037	2041	75	1.77	1.77	0.35	3.01	4.78
2038	2115	75	1.84	1.84	0.37	3.12	4.96
2039	2191	75	1.90	1.90	0.38	3.23	5.14

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Poblacion vs. Periodo de diseño.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Consumo de Máximo Día vs. Periodo de diseño.



**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.3 Fuente de abastecimiento y captación

#### 6.3.1 Características de la Fuente

La fuente de abastecimiento utilizada es la actual existente, ya que esta cuenta con las condiciones necesarias para abastecer a la población proyectada.

Según información obtenida de la Alcaldía Municipal de San Lorenzo, en lo referente a la fuente de captación, se muestran los siguientes datos:

- **Pozo perforado existente:**

Profundidad Nominal: 55.00 m.

Diámetro de perforación: 0.25 m.

Diámetro de revestimiento: 6" ~ 0.15 m.

Ademe de pozo: 38.5 m.

Rejilla: 16.5 m.

Empaque de grava: 3 m<sup>3</sup> diámetro 1/4".

Tubo piezométrico: 48 m.

Prueba de bombeo: 16 horas

Procurando cumplir con las medidas de ahorro de energía que lleva a efecto el INAA, se ha fijado un tiempo de explotación de la fuente máximo de 16 horas por día, lo que hace

que durante esos períodos de tiempo de explotación se requieran caudales mayores a los demandados por la población y se fija como el caudal de bombeo al final del período de diseño. En Tabla 9, se pueden observar las variaciones de las horas de bombeo por año, en función del crecimiento de la demanda de agua por parte de la población.

Tabla 9 Variación de horas de bombeo durante el periodo de diseño.

Año	Consumo de Máximo día		Caudal de bombeo		Horas de bombeo
	lps	gpm	lps	gpm	
2019	1.60	25.284	3.23	51.20	8.37
2020	1.65	26.172	3.23	51.20	7.21
2021	1.71	27.107	3.23	51.20	7.47
2022	1.77	28.074	3.23	51.20	7.74
2023	1.84	29.104	3.23	51.20	8.02
2024	1.90	30.166	3.23	51.20	8.31
2025	1.97	31.244	3.23	51.20	8.61
2026	2.04	32.37	3.23	51.20	8.92
2027	2.12	33.527	3.23	51.20	9.24
2028	2.19	34.748	3.23	51.20	9.58
2029	2.27	35.984	3.23	51.20	9.92
2030	2.35	37.284	3.23	51.20	10.28
2031	2.44	38.631	3.23	51.20	10.65
2032	2.53	40.026	3.23	51.20	11.03
2033	2.62	41.453	3.23	51.20	11.43
2034	2.71	42.959	3.23	51.20	11.84
2035	2.81	44.497	3.23	51.20	12.27
2036	2.91	46.082	3.23	51.20	12.71
2037	3.01	47.746	3.23	51.20	13.17
2038	3.12	49.474	3.23	51.20	13.64
2039	3.23	51.25	3.23	51.20	14.13

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3.2 Estación de bombeo

La línea de conducción del sistema está diseñada para transportar el gasto del pozo al tanque de almacenamiento, con un diámetro capaz de conducir el caudal bombeado desde el inicio hasta el final del periodo de diseño.

Calculando el diámetro de la tubería de conducción de la siguiente manera:

$$D = 0.9 * \left( 0.00323 \frac{m^3}{s} \right)^{0.4} = 0.068 \text{ m} \sim 2.68" \text{ (} D \text{ cc} = 3" \text{)}$$

▪ **Dimensionamiento del equipo de bombeo (Primeros 10 años, 2019-2029).**

Caudal de Bombeo (CMD):	2.27 l/s ~ 35.98 gpm
Nivel de terreno del pozo:	207.70 m
Nivel de terreno del tanque:	276.5 m
Nivel de rebose del tanque:	279.25m
Diferencia de elevación:	71.55 m
Nivel estático del agua:	2.11 m
Variación estacionaria:	5 m
Descenso regional (0.70 pie/año):	2.13
Abatimiento por bombeo:	6 m
Sumergencia de la bomba:	34.89 m
Nivel de bombeo:	50.13 m
Perdidas en la línea de succión:	5% Longitud de succión= 2.51 m.

▪ **Dimensionamiento del equipo de bombeo (Segundos 10 años, 2029-2039).**

Caudal de Bombeo (CMD):	3.23 l/s ~ 51.20 gpm
Descenso regional (0.70 pie/año):	4.27 m
Nivel estático del agua:	2.11 m
Variación estacionaria:	5 m
Abatimiento por bombeo:	6 m
Sumergencia de la bomba:	34.89 m
Nivel de bombeo:	52.27 m
Perdidas en la línea de succión:	5% Longitud de succión= 2.61 m.

## **6.4 Línea de conducción.**

### **6.4.1 Alternativa #1, tipo Fuente – Tanque – Red**

Descripción: Ampliación de red de distribución, prolongación de línea de conducción y aumento de capacidad de tanques de almacenamiento (ver tabla 10).

Tabla 10 Pérdidas para el periodo 2019-2029, alternativa #1

<b>Perdidas Totales, longitud equivalente primeros 10 años (2019-2029)</b>				
<b>Accesorios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>2"</b>	<b>3"</b>	<b>4"</b>
<b>Sarta</b>				
Valvula de aire H°G°	1	-	-	-
Union H°G °	1	2.7	5.2	6.7
Medidor maestro	1	4.5	4.5	4.5
Cruz de H°G° roscado	1	10	15	20
Válvula check H°F°	1	5.8	7.6	9.1
Válvula de alivio	1	-	-	-
Unión maleable	4	2.7	5.2	6.7
Tee de H°G° con	1	3.5	5.2	6.7
Codo de H°G° de 45°	2	1.6	2.4	3
Manómetro de carga	1	-	-	-
Válvula de pase de H°G°	2	0.8	1	1.4
	16	31.6	46.1	58.1
Longitud	-	6.45	6.45	6.45
Longitud Total	-	38.05	52.55	64.55
Pérdidas	-	1.49	0.29	0.09
<b>Columna de bombeo</b>				
Válvula check vertical	1	5.8	7.6	9.1
	1	5.8	7.6	9.1
Longitud	-	50.13	50.13	50.13
Longitud Total	-	55.93	57.73	59.23
Pérdidas	-	2.19	0.31	0.08
<b>Accesorios en LC</b>				
Codos de 90°	5	7	8.5	10.5
Codos de 45°	5	8.5	12.5	17
Válvula de aire y vacío	2	-	-	-
Válvula de limpieza	1	0.4	0.5	0.7
	13	15.9	21.5	28.2
Longitud	-	708.79	708.79	708.79
Longitud Total	-	724.69	730.29	736.99
Pérdidas	-	18.76	2.62	0.65
<b>Pérdidas Totales</b>	-	<b>22.44</b>	<b>3.22</b>	<b>0.82</b>

Fuente: Elaboración propia.

▪ **Carga total dinámica y potencia de la bomba (periodo 2019-2029).**

$$CTD\ 2'' = 71.55 + 50.13\ m + 2.51 + 22.44\ m$$

$$CTD\ 2'' = 146.63\ m$$

$$CTD\ 2'' = 481.07'$$

$$P_z = \frac{(35.98\ g/l)(481.07')}{(3,960)} = 4.37\ H$$

$$P_2 = \frac{(4.3 H)}{(0.7)} = 5.83 H * 1.20 = 6.99$$

Con los datos del caudal y Carga total dinámica (CTD) se solicita al fabricante potencia y eficiencia del equipo de bombeo, el cual será de 7.50 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

$$CTD 3'' = 71.55 \text{ m} + 50.13 \text{ m} + 2.51 \text{ m} + 3.22 \text{ m}$$

$$CTD 3'' = 127.41 \text{ m}$$

$$CTD 3'' = 418.01'$$

$$P = \frac{(35.98 \text{ g})(418.01')}{(3,960)} = 3.80 H$$

$$P = \frac{(3.75 H)}{(0.75)} = 5.06 H * 1.20 = 6.07$$

Con los datos del caudal y Carga total dinámica (CTD) se solicita al fabricante potencia y eficiencia del equipo de bombeo, el cual será de 7.50 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

$$CTD 4'' = 71.55 \text{ m} + 50.13 \text{ m} + 2.51 \text{ m} + 0.82 \text{ m}$$

$$CTD 4'' = 125.01 \text{ m}$$

$$CTD 4'' = 410.14'$$

$$P = \frac{(35.98 \text{ g})(410.14')}{(3,960)} = 3.73 H$$

$$P = \frac{(3.68 H)}{(0.75)} = 4.97 H * 1.20 = 5.96$$

Con los datos del caudal y Carga total dinámica (CTD), se solicita al fabricante potencia y eficiencia del equipo de bombeo, el cual será de 7.50 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados (ver tabla 11).

Tabla 11 Pérdidas totales para el periodo 2029-2039, alternativa #1

<b>Perdidas Totales, longitud equivalente últimos 10 años (2029-2039)</b>				
<b>Accesorios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>2"</b>	<b>3"</b>	<b>4"</b>
<b>Sarta</b>				
Válvula de aire de H°G°	1	-	-	-
Unión H°G°	1	2.7	5.2	6.7
Medidor maestro roscado	1	4.5	4.5	4.5
Cruz de H°G° roscado	1	10	15	20
Válvula check H°F°	1	5.8	7.6	9.1
Válvula de alivio	1	-	-	-
Unión maleable	4	2.7	5.2	6.7
Tee de H°G° con adaptador	1	3.5	5.2	6.7
Codo de H°G° de 45°	2	1.6	2.4	3
Manómetro de carga	1	-	-	-
Válvula de pase de H°G°	2	0.8	1	1.4
	16	31.6	46.1	58.1
Longitud	-	6.45	6.45	6.45
Longitud Total	-	38.05	52.55	64.55
Pérdidas	-	2.86	0.55	0.17
<b>Columna de bombeo</b>				
Válvula check vertical	1	5.8	7.6	9.1
	1	5.8	7.6	9.1
Longitud	-	50.13	50.13	50.13
Longitud Total	-	55.93	57.73	59.23
Pérdidas	-	4.21	0.60	0.15
<b>Accesorios en LC</b>				
Codos de 90°	5	7	8.5	10.5
Codos de 45°	5	8.5	12.5	17
Válvula de aire y vacío	2	-	-	-
Válvula de limpieza de bronce	1	0.4	0.5	0.7
	13	15.9	21.5	28.2
Longitud	-	708.79	708.79	708.79
Longitud Total	-	724.69	730.29	736.99
Pérdidas	-	36.06	5.04	1.25
<b>Pérdidas Totales</b>	-	<b>43.13</b>	<b>6.20</b>	<b>1.57</b>

Fuente: Elaboración propia.

▪ **Carga total dinámica y potencia de la bomba (periodo 2029-2039).**

$$CTD\ 2'' = 71.55\ m + 52.27\ m + 2.61\ m + 43.13\ m$$

$$CTD\ 2'' = 169.56\ m$$

$$CTD\ 2'' = 556.18'$$

$$P = \frac{(51.20\ g/l)(556.18')}{(3,960)} = 7.19\ H$$

$$P = \frac{(7.1\ H)}{(0.7)} = 9.59\ H * 1.20 = 11.50\ H: P$$

Con los datos del caudal y Carga total dinámica (CTD) se solicita al fabricante potencia y eficiencia del equipo de bombeo, el cual será de 15 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

$$CTD\ 3'' = 71.55\ m + 52.27\ m + 2.61\ m + 6.20\ m$$

$$CTD\ 3'' = 132.63\ m$$

$$CTD\ 3'' = 435.12'$$

$$P = \frac{(51.20\ g)(435.12')}{(3,960)} = 5.63\ H$$

$$P = \frac{(5.6\ H)}{(0.7)} = 7.50\ H * 1.20 = 9.0\ H:P$$

Con los datos del caudal y Carga total dinámica (CTD) se solicita al fabricante potencia y eficiencia del equipo de bombeo, el cual será de 10.00 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

$$CTD\ 4'' = 71.55\ m + 52.27\ m + 2.61\ m + 1.57\ m$$

$$CTD\ 4'' = 128.00\ m$$

$$CTD\ 4'' = 419.95'$$

$$P = \frac{(51.20\ g)(419.95')}{(3,960)} = 5.43\ H$$

$$P = \frac{(5.4\ H)}{(0.7)} = 7.24\ H * 1.20 = 8.68\ H.P$$

Con los datos del caudal y carga total dinámica (CTD) se solicita al fabricante potencia y eficiencia del equipo de bombeo, el cual será de 10.00 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

- Análisis Técnico-económico para los diámetros 2", 3" y 4", en la tabla 12 se presentan los cálculos realizados para los diferentes diámetros analizados, además del gráfico de costos anuales equivalentes por diámetro de tubería (ver Figura 6).

Tabla 12 Diámetro técnico económico para el periodo 2019-2039, alternativa #1

DIAMETRO TECNICO ECONOMICO-PARA LOS 20 AÑOS PERIODO 2019-2039								
DIAMETRO (")	LONG. PVC (M)	VP PVC(C\$/M)	CAT PVC	Hf PVC (pie)	CTD (pie)	POT (HP)	CAE	CAE EQUIVALENTE
2	708.79	99.15	C\$ 11,876.73	141.49	556.18	7.19	C\$ 248,714.48	C\$ 260,591.21
3	708.79	212.53	C\$ 25,458.09	20.33	435.12	5.63	C\$ 194,751.39	C\$ 220,209.48
4	708.79	231.68	C\$ 27,751.99	5.16	419.95	5.43	C\$ 187,833.05	C\$ 215,585.03

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6 Diagrama de Costos vs. Diámetro, alternativa #1.



Fuente: Elaboración propia.

Del costo anual equivalente (CAE), se deduce que el diámetro óptimo y más económico para la línea de conducción del sistema es de 4", por razones de optimizar costos de instalación de tuberías, en esta alternativa se utilizó el diámetro de 2", siendo este el diámetro de la tubería existente.

▪ **Características del equipo de bombeo para el periodo 2019-2029**

Caudal de bombeo	35.98 gpm
Carga Total Dinámica	481.07'
Potencia calculada	5.83 HP * 1.20 (factor de seguridad).
Potencia de la bomba	6.99 HP = 7.50 H:P
Ef. Bomba * Ef. Motor	0.75 (asumido)
Perdidas (hf)	73.62'
Longitud	708.79 m
Velocidad	1.12 m/s

- **Características del equipo de bombeo para el periodo 2029-2039**

Caudal de bombeo	51.20 gpm
Carga Total Dinámica	556.18'
Potencia calculada	9.59 HP * 1.20 (factor de seguridad).
Potencia de la bomba	11.50 HP =15.00 H:P
Ef. Bomba * Ef. Motor	0.75 (asumido)
Perdidas (hf)	141.49'
Longitud	708.79 m
Velocidad	1.59 m/s

- **Velocidad en la línea de conducción**

$$V = \frac{(4)(3.23 \frac{L}{s} / 1000)}{(\pi)(0.0508 \text{ m})^2}$$

$V = 1.59 \text{ m/s}$  **No cumple con el rango**

- **Calculo del golpe de Ariete para cierre instantáneo**

Para tubos plásticos  $k = 18$

Gradiente  $S$

$$S = \frac{4 \cdot 1 \text{ m}}{7 \cdot 7 \text{ m}} = 0.061 * 1000 = 60.85 \text{ m} / 1000 \text{ m} \ggg 10 \text{ m} / 1000 \text{ m}$$

Donde,  $60.85 / 1000 < 10 / 1000$  **No cumple**

**0.06 < 0.01 No cumple.**

- **Cálculo de presión por trabajo, tabla de resumen.**

Presión por trabajo es la máxima ejercida por la carga estática más la sobre presión ocasionada por el golpe de ariete, la tabla 13, presenta la tabla de resumen de los valores obtenidos de la presión de trabajo por diámetro de tubería.

$P \text{ de trabajo} = H_{\text{est desc}} + \Delta H$  (golpe de ariete), m.c.a.

Tabla 13 Resumen de cálculos de presión por trabajo

D (pulg)	D interno (mm), "D"	Espesor pared (mm), "E"	Velocidad (m/s)	S m/m	a (m/s)	H (m)	H.est.desc(m)	P. Trabajo (m.c.a)	Presión máxima Pvc Clase 112 mca.
2	55.71	2.31	1.594	60.845	450.74	73.22	71.55	144.77	112
3	82.04	3.43	0.708	8.74	452.42	32.66	71.55	104.21	112
4	105.52	4.39	0.398	2.219	451.42	18.33	71.55	89.88	112

**Fuente:** Elaboración propia.

Para un diámetro de 2": no cumple con los criterios técnicos de gradiente y velocidad, adicionalmente no se cumplen las presiones máximas de trabajo con la clase de SDR-26 (160 PSI).

Para un diámetro de 3": se cumple con la velocidad, pero no con el gradiente hidráulico  $28.68 \text{ m} / 1000 \text{ m} > 10 \text{ m}/1000 \text{ m}$ , pero se puede utilizar la tubería clase 160, adicionalmente, el valor del CAEq es un poco mayor que la de 4".

Para un diámetro de 4": se cumple con los criterios técnicos de gradiente, pero la velocidad del flujo es menor a 0.4 m/s, también este diámetro de tubería presenta los menores valores de CAEq.

#### 6.4.2 Alternativa #2, tipo Fuente - Tanque – Red

Descripción: Ampliación de red de distribución, reinstalación de nueva línea de conducción y aumento de capacidad de tanques de almacenamiento, (ver tabla 14).

Tabla 14 Pérdidas totales para el periodo 2019 – 2029, alternativa #2.

<b>Pérdidas Totales, longitud equivalente primeros 10 años (2019-2029)</b>				
<b>Accesorios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>2"</b>	<b>3"</b>	<b>4"</b>
<b>Sarta</b>				
Válvula de aire de H°G°	1	-	-	-
Union H°G°	1	2.7	5.2	6.7
Medidor maestro roscado	1	4.5	4.5	4.5
Cruz de H°G° roscado	1	10	15	20
Válvula check H. F	1	5.8	7.6	9.1
Válvula de alivio	1	-	-	-
Union maleable	4	2.7	5.2	6.7
Tee de H°G° con adaptador	1	3.5	5.2	6.7
Codo de H°G° de 45°	2	1.6	2.4	3
Manometro de carga 1	1	-	-	-
Válvula de pase de	2	0.8	1	1.4
	16	31.6	46.1	58.1
Longitud	-	6.45	6.45	6.45
Longitud Total	-	38.05	52.55	64.55
Pérdidas	-	1.49	0.29	0.09
<b>Columnas</b>				
Válvula check vertical	1	5.8	7.6	9.1
	1	5.8	7.6	9.1
Longitud	-	50.13	50.13	50.13
Longitud Total	-	55.93	57.73	59.23
Pérdidas	-	2.19	0.31	0.08
<b>Accesorios en LC</b>				
Codos de 90°	8	11.2	13.6	16.8
Codos de 45°	4	6.8	10	13.6
Válvula de aire y vacío	2	-	-	-
Válvula de limpieza de bronce	1	0.4	0.5	0.7
	15	18.4	24.1	31.1
Longitud	-	686.74	686.74	686.74
Longitud Total	-	705.14	710.84	717.84
Pérdidas	-	18.26	2.55	0.64
Pérdida Total	-	21.93	3.15	0.80

**Fuente:** Elaboración propia.

▪ **Carga total dinámica y potencia de la bomba (periodo 2019-2029).**

$$CTD\ 2'' = 71.55 + 50.13\ m + 2.51 + 21.93\ m$$

$$CTD\ 2'' = 146.12\ m$$

$$CTD\ 2'' = 479.40'$$

$$P_2 = \frac{(35.98\ g)(479.40')}{(3,960)} = 4.36\ H$$

$$P_2 = \frac{(4.36\ H)}{(0.75)} = 5.81\ H * 1.20 = 6.97\ H.P$$

Con los datos de caudal y carga total dinámica se solicita al fabricante una potencia y eficiencia del equipo de bombeo de 7.5 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

$$\text{CTD } 3'' = 71.55 + 50.13 \text{ m} + 2.51 + 3.15 \text{ m}$$

$$\text{CTD } 3'' = 127.34 \text{ m}$$

$$\text{CTD } 3'' = 417.78'$$

$$P_{\text{a}} = \frac{(35.98 \text{ g})(417.78')}{(3,960)} = 3.80 \text{ H}$$

$$P_{\text{a}} = \frac{(3.80 \text{ H})}{(0.75)} = 5.10 \text{ H} * 1.20 = 6.12 \text{ H.P}$$

Con los datos de caudal y carga total dinámica se solicita al fabricante una potencia y eficiencia del equipo de bombeo de 7.5 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

$$\text{CTD } 4'' = 71.55 \text{ m} + 50.13 \text{ m} + 2.51 \text{ m} + 0.80 \text{ m.}$$

$$\text{CTD } 4'' = 125.00 \text{ m}$$

$$\text{CTD } 4'' = 410.11'$$

$$P = \frac{(35.98 \text{ g})(408.69')}{(3,960)} = 3.73 \text{ H}$$

$$P = \frac{(3.73 \text{ H})}{(0.75)} = 4.97 \text{ H} * 1.20 = 5.96 \text{ H.P}$$

Con los datos de caudal y carga total dinámica se solicita al fabricante una potencia y eficiencia del equipo de bombeo de 7.5 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados (ver tabla 15).

Tabla 15 Pérdidas totales para el periodo 2029 – 2039, alternativa #2

Perdidas Totales, longitud equivalente primeros 10 años (2029-2039)				
Accesorios	Cantidad	2"	3"	4"
<b>Sarta</b>				
Válvula de aire H°G°	1	-	-	-
Unión H°G°	1	2.7	5.2	6.7
Medidor maestro roscado	1	4.5	4.5	4.5
Cruz de H°G° roscado	1	10	15	20
Válvula check H.F	1	5.8	7.6	9.1
Válvula de alivio	1	-	-	-
Unión maleable	4	2.7	5.2	6.7
Tee de H°G° con adaptador	1	3.5	5.2	6.7
Codo de HG de 45°	2	1.6	2.4	3
Manometro de carga	1	-	-	-
Válvula de pase de H°G°	2	0.8	1	1.4
	16	31.6	46.1	58.1
Longitud	-	6.45	6.45	6.45
Longitud Total	-	38.05	52.55	64.55
Pérdidas	-	2.86	0.55	0.17
<b>Columnas</b>				
Válvula check vertical	1	5.8	7.6	9.1
	1	5.8	7.6	9.1
Longitud	-	50.13	50.13	50.13
Longitud Total	-	55.93	57.73	59.23
Pérdidas	-	4.21	0.60	0.15
<b>Accesorios en LC</b>				
Codo de 90°	8	11.2	13.6	16.8
Codo de 45°	4	6.8	10	13.6
Válvula de aire y vacío	2	-	-	-
Válvula de limpieza de bronce	1	0.4	0.5	0.7
	15	18.4	24.1	31.1
Longitud	-	686.74	686.74	686.74
Longitud Total	-	705.14	710.84	717.84
Pérdidas	-	35.09	4.91	1.22
Pérdida Total	-	42.15	6.06	1.54

Fuente: Elaboración propia.

▪ **Carga total dinámica y potencia de la bomba (periodo 2029-2039).**

$$CTD\ 2'' = 71.55m + 52.27m + 2.61m + 42.15m.$$

$$CTD\ 2'' = 168.58m$$

$$CTD\ 2'' = 553.09'$$

$$P_{2''} = \frac{(51.20\ g)(553.08')}{(3,960)} = 7.15H$$

$$P_{2''} = \frac{(7.15\ H)}{(0.75)} = 9.53H * 1.20 = 11.43\ H.P$$

Con los datos de caudal y carga total dinámica se solicita al fabricante una potencia y eficiencia del equipo de bombeo de 15 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

$$CTD\ 3'' = 71.55m + 52.27m + 2.61m + 6.06m.$$

$$CTD\ 3'' = 132.49m$$

$$CTD\ 3'' = 434.68'$$

$$P_{3''} = \frac{(51.20\ g)(434.68')}{(3,960)} = 5.62\ H$$

$$P_{3''} = \frac{(5.62H)}{(0.75)} = 7.49H * 1.20 = 8.98\ H.P$$

Con los datos de caudal y carga total dinámica se solicita al fabricante una potencia y eficiencia del equipo de bombeo de 10 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

$$CTD\ 4'' = 71.55m + 52.27m + 2.61m + 1.54m.$$

$$CTD\ 4'' = 127.97m$$

$$CTD\ 4'' = 419.84'$$

$$P_{4''} = \frac{(51.20\ g)(419.85')}{(3,960)} = 5.43H$$

$$P_{4''} = \frac{(5.43H)}{(0.75)} = 7.24H * 1.20 = 8.68\ H.P$$

Con los datos de caudal y carga total dinámica se solicita al fabricante una potencia y eficiencia del equipo de bombeo de 10 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

- Análisis Técnico-económico para los diámetros 2", 3" y 4", en la tabla 16, se presentan los cálculos realizados para los diferentes diámetros analizados, además del gráfico de costos anuales equivalentes por diámetro de tubería (ver Figura 7).

Tabla 16 Diámetro técnico económico para el periodo 2019-2039, alternativa #2

DIAMETRO TECNICO ECONOMICO-PARA LOS 20 AÑOS PERIODO 2019-2039								
DIAMETRO (")	LONG. PVC (M)	VP PVC(C\$/M)	CAT PVC	Hf PVC (pie)	CTD (pie)	POT (HP)	CAE	CAE EQUIVALENTE
2	686.74	99.15	C\$ 11,507.26	138.29	553.09	7.15	C\$ 247,330.81	C\$ 258,838.07
3	686.74	212.53	C\$ 24,666.03	19.88	434.68	5.62	C\$ 194,405.48	C\$ 219,071.51
4	686.74	231.68	C\$ 26,888.56	5.05	419.84	5.43	C\$ 187,833.05	C\$ 214,721.61

**Fuente:** Elaboración propia.

Figura 7 Diagrama de Costos vs. Diámetro, alternativa #2.



**Fuente:** Elaboración propia.

Del costo anual equivalente (CAE), se deduce que el diámetro óptimo para la línea de conducción del sistema es de 4", pero debido a que la diferencia entre la instalación de tubería de diámetro de 3" y 4", es mínima, se utilizara tubería de diámetro 3".

▪ **Características del equipo de bombeo para el periodo 2019-2029**

Caudal de bombeo	35.98 gpm
Carga Total Dinámica	417.78'
Potencia calculada	5.10 HP * 1.20 (factor de seguridad).
Potencia de la bomba	6.12 HP = 7.50 H.P
Ef. Bomba * Ef. Motor	0.75 (asumido)
Perdidas (hf)	10.35'
Longitud	686.74 m
Velocidad	0.48 m/s

- **Características del equipo de bombeo para el periodo 2029-2039**

Caudal de bombeo	51.20 gpm
Carga Total Dinámica	434.68'
Potencia calculada	7.49 HP * 1.20 (factor de seguridad).
Potencia de la bomba	8.98 HP =10.00 H.P
Ef. Bomba * Ef. Motor	0.75 (asumido)
Perdidas (hf)	19.88' o 6.06 m
Longitud	686.74 m
Velocidad	0.71 m/s

- **Velocidad en la línea de conducción**

$$V = \frac{(4)(3.23 \frac{L}{s} / 1000)}{(\pi)(0.0762 \text{ m})^2}$$

$$V = 0.71 \text{ m/s} \text{ **Cumple con el rango**}$$

- **Calculo del golpe de Ariete para cierre instantáneo**

Para tubos plásticos k = 18

Gradiente S

$$S = \frac{6.06 \text{ m}}{686.74 \text{ m}}$$

$$S = 0.00882$$

Donde, 8.82 m / 1000 m < 10 m / 1000 m

$$0.00882 < 0.01 \text{ **Cumple**}$$

- **Calculo de presión por trabajo, tabla de resumen.**

Presión por trabajo es la máxima ejercida por la carga estática más la sobre presión ocasionada por el golpe de ariete, la tabla 17 se presenta el resumen de los valores obtenidos de la presión de trabajo por diámetro de tubería.

P de trabajo = H<sub>est desc</sub> + ΔH (golpe de ariete), m.c.a.

Tabla 17 Resumen de presión por trabajo, alternativa #2

D (pulg)	D interno (mm), "D"	Espesor pared (mm), "E"	Velocidad (m/s)	S m/m	a (m/s)	H (m)	H.est.desc(m)	P. Trabajo (m.c.a)	Presión máxima Pvc Clase 112 mca.
2	55.71	2.31	1.594	61.379	450.74	73.22	71.55	144.77	112
3	82.04	3.43	0.708	8.824	452.42	32.66	71.55	104.21	112
4	105.52	4.39	0.398	2.241	451.42	18.33	71.55	89.88	112

**Fuente:** Elaboración propia.

Para un diámetro de 2": no cumple con los criterios técnicos de gradiente y velocidad, adicionalmente no se cumplen las presiones máximas de trabajo con la clase de SDR-26 (160 PSI).

Para un diámetro de 3": se cumple con los parámetros de velocidad, adicionalmente los valores del gradiente hidráulico  $8.82 \text{ m} / 1000 \text{ m} < 10 \text{ m}/1000 \text{ m}$ , están por debajo del máximo permitido por las normas del INAA, por lo que se consideran aceptables. El valor del CAEq es un poco mayor que la de 4", considerando la diferencia mínima.

Para un diámetro de 4": se cumple con los criterios técnicos de gradiente, pero la velocidad del flujo es menor a  $0.4 \text{ m/s}$ , también este diámetro de tubería presenta los menores valores de CAEq.

### 6.4.3 Alternativa #3, tipo Fuente - Red – Tanque

Descripción: Ampliación de red de distribución, conexión directa de línea de conducción con red de distribución y aumento de capacidad de tanques de almacenamiento:

- **Potencial y caudal explotable.**

Se debe verificar que el rendimiento potencial del pozo sea el suficiente para dotar de agua al nuevo sistema.

La sección de la NTON 09001-99, establece como uno de los principales criterios de aceptación de una fuente para un Mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), que el caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo promedio diario (CPD).

El pozo existente en la comunidad El Rodeo, experimenta un rendimiento de 60 gpm., por tanto:

$$1.5 * C \quad \text{Ec. ( 26)}$$

$$1.5 * 1.902 \text{ l/s}$$

$$2.85 \text{ l/s} = 45.17 \text{ gal} .$$

Debido a que el rendimiento del pozo (60 gpm), es mayor a 45.17 gpm, este presenta el potencial suficiente para abastecer la demanda del sistema propuesto, lo que garantiza un suministro de agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población.

▪ **Calculo del diámetro de la tubería de conducción de la siguiente manera**

$$D = Q * Q^{0.4} \quad \text{Ec. ( 27)}$$

$$D = 0.9 * \left( 0.00323 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)^{0.4} = 0.068 \text{ m} \sim 2.68''$$

Se utilizara un diámetro de 2".

▪ **Análisis de las pérdidas por fricción (periodo 2019 - 2029).**

$$Fh = \frac{(10.67)(0.002269 \frac{\text{m}^3}{\text{s}})^{1.8}}{(150)^{1.8} (0.0508)^{4.8}} * (708.79\text{m}) = 18.35 \text{ m}$$

$$C_{2''} = 71.55\text{m} + 50.13\text{m} + 2.51\text{m} + 18.35\text{m}$$

$$C_{2''} = 142.54\text{m} \quad 467.65'$$

▪ **Carga total dinámica y potencia de la bomba (periodo 2019-2029).**

$$P = \frac{(35.98 \text{ gal})(467.65')}{(3,960)} = 4.25 \text{ H}$$

$$P = \frac{(4.25 \text{ H})}{(0.75)} = 5.66 \text{ H} * 1.20 = 6.79 \text{ H.P}$$

Con los datos de caudal y carga total dinámica se solicita al fabricante una potencia y eficiencia del equipo de bombeo de 7.5 HP, con un rendimiento del 75%, según cálculos realizados.

- **Análisis de las pérdidas por fricción (periodo 2029 - 2039).**

$$Fh = \frac{(10.67)(0.00323 \text{ m}^3/\text{s})^{1.8}}{(150)^{1.8} (0.0508)^{4.8}} * (708.79 \text{ m}) = 35.27 \text{ m}$$

$$C_{2"} = 71.55\text{m} + 52.27\text{m} + 2.61\text{m} + 35.27\text{m}$$

$$C_{2"} = 161.70 \text{ m} \quad 530.50'$$

- **Carga total dinámica y potencia de la bomba (periodo 2029-2039).**

$$P = \frac{(51.20 \text{ g})(530.50')}{(3,960)} = 6.86 \text{ H}$$

$$P = \frac{(6.8 \text{ H})}{(0.7)} = 9.14 \text{ H} * 1.20 = 10.96 \text{ H.P}$$

Se requiere un equipo de bombeo con una potencia hidráulica de 15 HP, debido a que el sistema es Fuente – Red – Tanque, y la eficiencia de la bomba es más exigente se propone un rendimiento del 75%, según los cálculos realizados.

- Análisis Técnico-económico para los diámetros 2", 3" y 4", en la tabla 18 se presentan los cálculos realizados para los diferentes diámetros analizados, además del gráfico de costos anuales equivalentes por diámetro de tubería (ver Figura 8).

Tabla 18 Diámetro técnico económico para el periodo 2019 – 2039, alternativa #3

DIAMETRO TECNICO ECONOMICO PARA LOS 20 AÑOS PERIODO 2019-2039.								
DIAMETRO (")	LONG. PVC (M)	VP PVC(C\$/M)	CAT PVC	Hf PVC (pie)	CTD (pie)	POT (HP)	CAE	CAE EQUIVALENTE
2	708.79	99.15	C\$ 11,876.73	115.71	530.5	6.86	237299.2102	C\$ 249,175.94
3	708.79	212.53	C\$ 25,458.01	16.06	430.85	5.57	192675.8893	C\$ 218,133.90
4	708.79	231.68	C\$ 27,751.91	3.96	418.75	5.41	187141.2139	C\$ 214,893.12

**Fuente:** Elaboración propia.

Figura 8 Diagrama de Costos vs. Diámetro, alternativa #3.



Fuente: Elaboración propia.

Del costo anual equivalente (CAE), se deduce que el diámetro a seleccionar para la línea de conducción del sistema es de 4", pero debido a que la diferencia entre la instalación de tubería de diámetro de 3" y 4", es mínima, se utilizara tubería de diámetro 2", considerando reutilizar la tubería existente.

- **Velocidad en la línea de conducción**

$$V = \frac{(4)(3.23 \frac{L}{S} / 1000)}{(\pi)(0.0508 \text{ m})^2}$$

$V = 1.59 \text{ m/s}$  cumple con el rango.

- **Calculo del golpe de Ariete para cierre instantáneo**

Para tubos plásticos  $k = 18$

Gradiente  $S$

$$S = \frac{35.27 \text{ m}}{708.79 \text{ m}}$$

$$S = 0.05$$

Donde,  $50 \text{ m} / 1000 \text{ m} < 10 \text{ m} / 1000 \text{ m}$

$0.05 > 0.01$  **No cumple**

▪ **Características del equipo de bombeo para el periodo 2019-2029**

Caudal de bombeo	35.98 gpm
Carga Total Dinámica	467.65'
Potencia calculada	5.66 HP * 1.20 (factor de seguridad).
Potencia de la bomba	6.79 HP =7.5 H:P
Ef. Bomba * Ef. Motor	0.75 (asumido)
Perdidas (hf)	60.20'
Longitud	708.79 m
Velocidad	1.12 m/s

▪ **Características del equipo de bombeo para el periodo 2029-2039**

Caudal de bombeo	51.20 gpm
Carga Total Dinámica	530.50'
Potencia calculada	9.14 HP * 1.20 (factor de seguridad).
Potencia de la bomba	10.96 HP =15.00 H: P
Ef. Bomba * Ef. Motor	0.75 (asumido)
Perdidas (hf)	115.71'
Longitud	708.79 m
Velocidad	1.594 m/s

▪ **Calculo de presión por trabajo, tabla de resumen.**

Presión por trabajo es la máxima ejercida por la carga estática más la sobre presión ocasionada por el golpe de ariete, la tabla 19 presenta el resumen de los valores obtenidos de la presión de trabajo por diámetro de tubería.

P de trabajo =  $H_{est\ desc} + \Delta H$  (golpe de ariete), m.c.a.

Tabla 19 Resumen de presión por trabajo, alternativa #3

D (pulg)	D interno (mm), "D"	Espesor pared (mm), "E"	Velocidad (m/s)	S m/m	a (m/s)	H (m)	H.est.desc(m)	P. Trabajo (m.c.a)	Presión máxima Pvc Clase 112 mca.
2	55.71	2.31	1.594	49.758	450.74	73.22	71.55	144.77	112
3	82.04	3.43	0.708	6.907	452.42	32.66	71.55	104.21	112
4	105.52	4.39	0.398	1.702	451.42	18.33	71.55	89.88	112

**Fuente:** Elaboración propia.

Para un diámetro de 2": no cumple con los criterios técnicos de gradiente y velocidad, adicionalmente no se cumplen las presiones máximas de trabajo con la clase de SDR-26 (160 PSI).

Para un diámetro de 3": se cumple con los parámetros de velocidad, adicionalmente los valores del gradiente hidráulico  $8.82 \text{ m} / 1000 \text{ m} < 10 \text{ m}/1000 \text{ m}$ , están por debajo del máximo permitido por las normas del INAA, por lo que se consideran aceptables. El valor del CAEq es un poco mayor que la de 4", considerando la diferencia mínima.

Para un diámetro de 4": se cumple con los criterios técnicos de gradiente, pero la velocidad del flujo es menor a  $0.4 \text{ m/s}$ , también este diámetro de tubería presenta los menores valores de CAEq.

## 6.5 Red de distribución.

Debido a las características topográficas que presenta el terreno el sistema global de red se dividió en veinticinco nodos y veintiocho tramos. A continuación, se presentan todos los datos referentes a red, en la tabla 20 los datos de la línea y en la tabla 21 los datos de los nodos, respectivamente.

Tabla 20 Características en cada línea de red de distribución

LINEA	Longitud (m)
TANQUE - 1	4.99
01-02	87.73
02-03	123.58
03-04	7.28
04-05	35.26
05-06	73.19
05-07	79.48
07-08	193.57
08-09	21.7
09-10	49.57
10-11	97.72
11-12	134.64
12-13	38.11
14-15	35.04
15-16	132.17
16-17	223.9
10-16	89.92
09-18	92.76
08-19	26.22
19-20	125.22
07-19	184.7
03-21	7.87
21-22	320.22
21-23	404.86
04-24	90.6
13-25	50.75
14-25	30.55
14-11	78.25

Fuente: Elaboración propia.

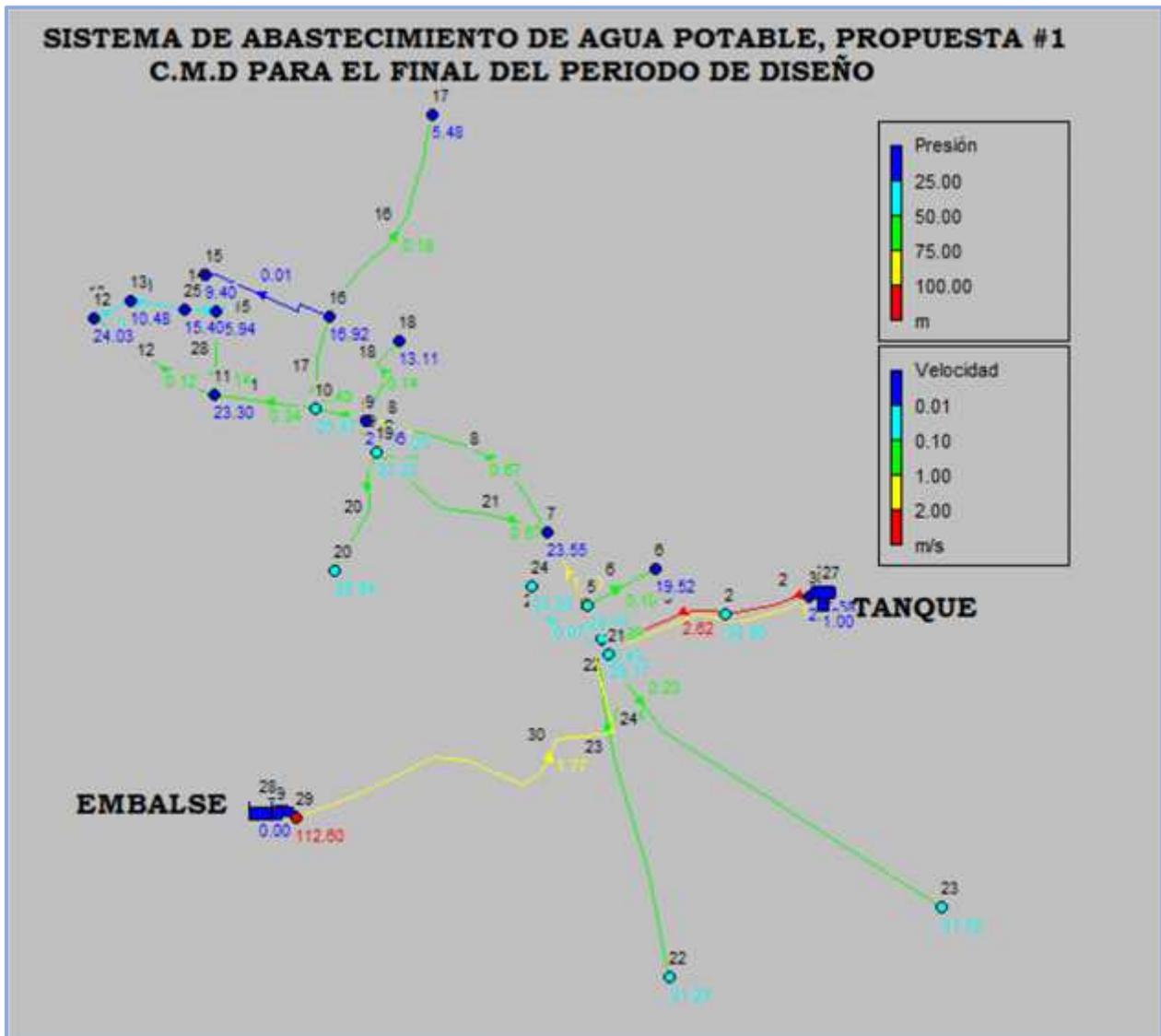
Tabla 21 Características en los nodos de la red de distribución

Nodo	Elevación (m)	Demanda base (l/s)
1	260.3	0.000
2	233.05	0.000
3	221.33	0.052
4	221.73	0.107
5	222.3	0.090
6	228.83	0.114
7	221.3	0.321
8	217.68	0.155
9	217.77	0.071
10	216.2	0.204
11	218.08	0.285
12	217.3	0.123
13	230.85	0.037
14	225.38	0.120
15	231.92	0.040
16	224.4	0.408
17	235.636	0.363
18	229.269	0.273
19	215.792	0.256
20	214.041	0.205
21	221.263	0.899
22	218.732	0.464
23	218.482	0.388
24	217.105	0.077
25	225.917	0.085

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10 Esquema de sistema de abastecimiento de agua potable, alternativa #1.



**Fuente:** Elaboración propia.

Las presiones en los nodos de la red de distribución oscilan entre 5.48 en el nodo #17 y 33.03 m en el nodo #24, las presiones se encuentran dentro del rango permisible que estipula las Normas del INAA.

Las velocidades en las líneas de la red de distribución oscilan entre 0.01 en la tubería #15 y 2.62 m/s en tubería #1, se presentan velocidades por debajo de lo recomendados por las normas (ver tabla 22).

Tabla 22 Presentación de resultados, alternativa #1

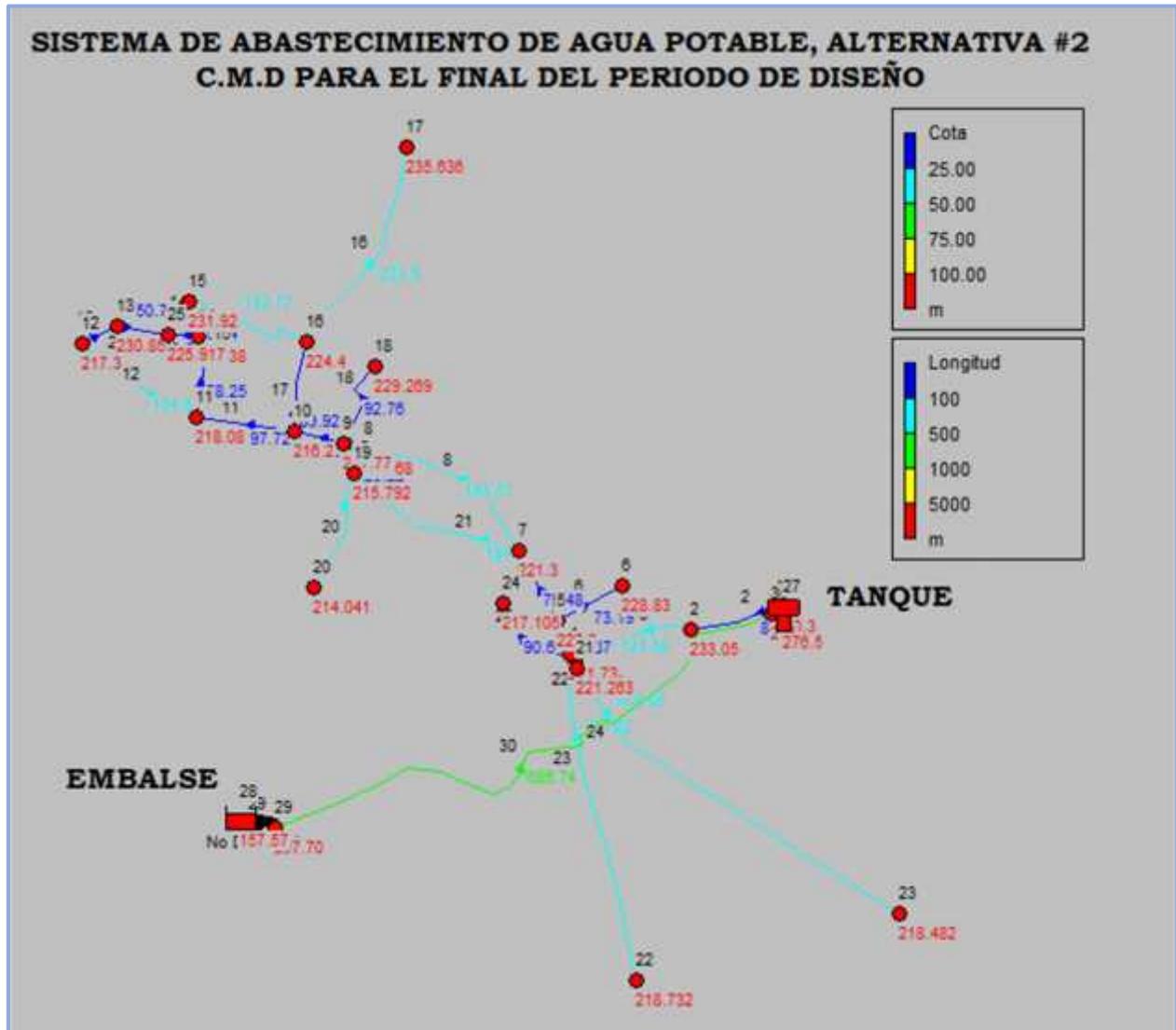
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Conexión 1	0.00	276.88	16.58	Tubería 1	4.99	50	2.62
Conexión 2	0.00	265.95	32.90	Tubería 2	87.73	50	2.62
Conexión 3	0.05	250.55	29.23	Tubería 3	123.59	50	2.62
Conexión 4	0.11	250.16	28.43	Tubería 4	7.29	50	1.70
Conexión 5	0.09	248.38	26.08	Tubería 5	35.25	50	1.60
Conexión 6	0.11	246.05	19.52	Tubería 6	73.19	38	0.10
Conexión 7	0.32	244.85	23.55	Tubería 7	79.49	50	1.50
Conexión 8	0.16	242.91	25.23	Tubería 8	193.57	50	0.67
Conexión 9	0.07	242.43	24.66	Tubería 9	21.7	50	1.02
Conexión 10	0.20	241.67	25.47	Tubería 10	49.57	50	0.65
Conexión 11	0.29	241.38	23.30	Tubería 11	97.72	50	0.34
Conexión 12	0.12	241.33	24.03	Tubería 12	134.64	50	0.12
Conexión 13	0.04	241.33	10.40	Tubería 13	39.11	50	0.05
Conexión 14	0.12	241.32	19.94	Tubería 14	35.04	38	0.02
Conexión 15	0.04	241.32	9.40	Tubería 15	132.17	50	0.01
Conexión 16	0.41	241.32	16.92	Tubería 16	223.9	50	0.18
Conexión 17	0.35	241.11	5.48	Tubería 17	89.92	50	0.40
Conexión 18	0.27	242.38	13.11	Tubería 18	92.75	50	0.14
Conexión 19	0.26	243.02	27.23	Tubería 19	26.22	50	0.43
Conexión 20	0.20	242.98	28.94	Tubería 20	125.22	50	0.10
Conexión 21	0.90	250.43	23.17	Tubería 21	184.7	50	0.67
Conexión 22	0.46	249.96	31.23	Tubería 22	7.87	50	0.89
Conexión 23	0.39	250.01	31.52	Tubería 23	320.22	50	0.24
Conexión 24	0.39	250.01	31.52	Tubería 24	404.85	50	0.20
Conexión 25	0.00	250.14	33.03	Tubería 25	90.5	38	0.07
Conexión 26	0.00	241.32	15.40	Tubería 26	50.75	38	0.05
Conexión 28	0.00	320.30	112.60	Tubería 27	30.55	38	0.02
Conexión 30	0.00	277.56	2.56	Tubería 30	708.792	50	1.77
Embalse 28	-3.47	207.70	0.00	Tubería 31	1	50	1.77
Depósito 27	-1.66	272.50	1.00	Tubería 28	78.25	38	0.14
				Bomba 29	No Disponible	No Disponible	0.00

Fuente: Elaboración propia.

### 6.5.2 Alternativa #2, tipo Fuente - Tanque – Red

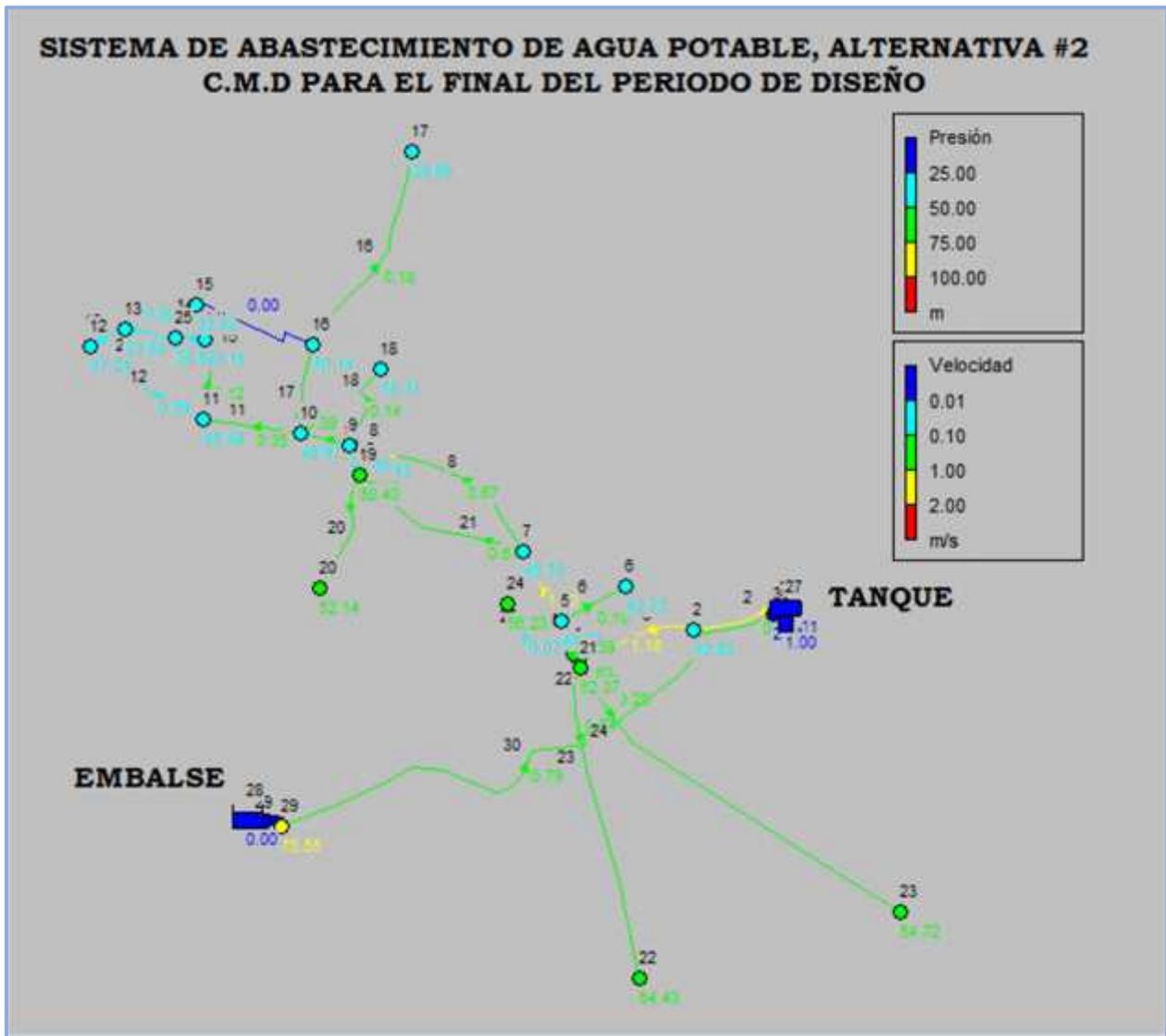
Descripción: Ampliación de red de distribución, instalación de nueva línea de conducción y aumento de capacidad de tanques de almacenamiento, (ver figura 11).

Figura 11 Esquema de sistema de abastecimiento de agua potable, alternativa #2.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12 Esquema de presiones y velocidades, alternativa #2.



**Fuente:** Elaboración propia.

Las presiones en los nodos de la red de distribución oscilan entre 17.11 en el nodo #1 y 56.23 m en el nodo #24, las presiones se encuentran dentro del rango permisible que estipula las Normas del INAA.

Las velocidades en las líneas de la red de distribución oscilan entre 0.02 en la tubería #26 y 1.70 m/s en tubería #4, se presentan velocidades por debajo de lo recomendados por las normas, sin embargo, los valores máximos son aceptables (ver tabla 23).

Tabla 23 Presentación de resultados, alternativa #2

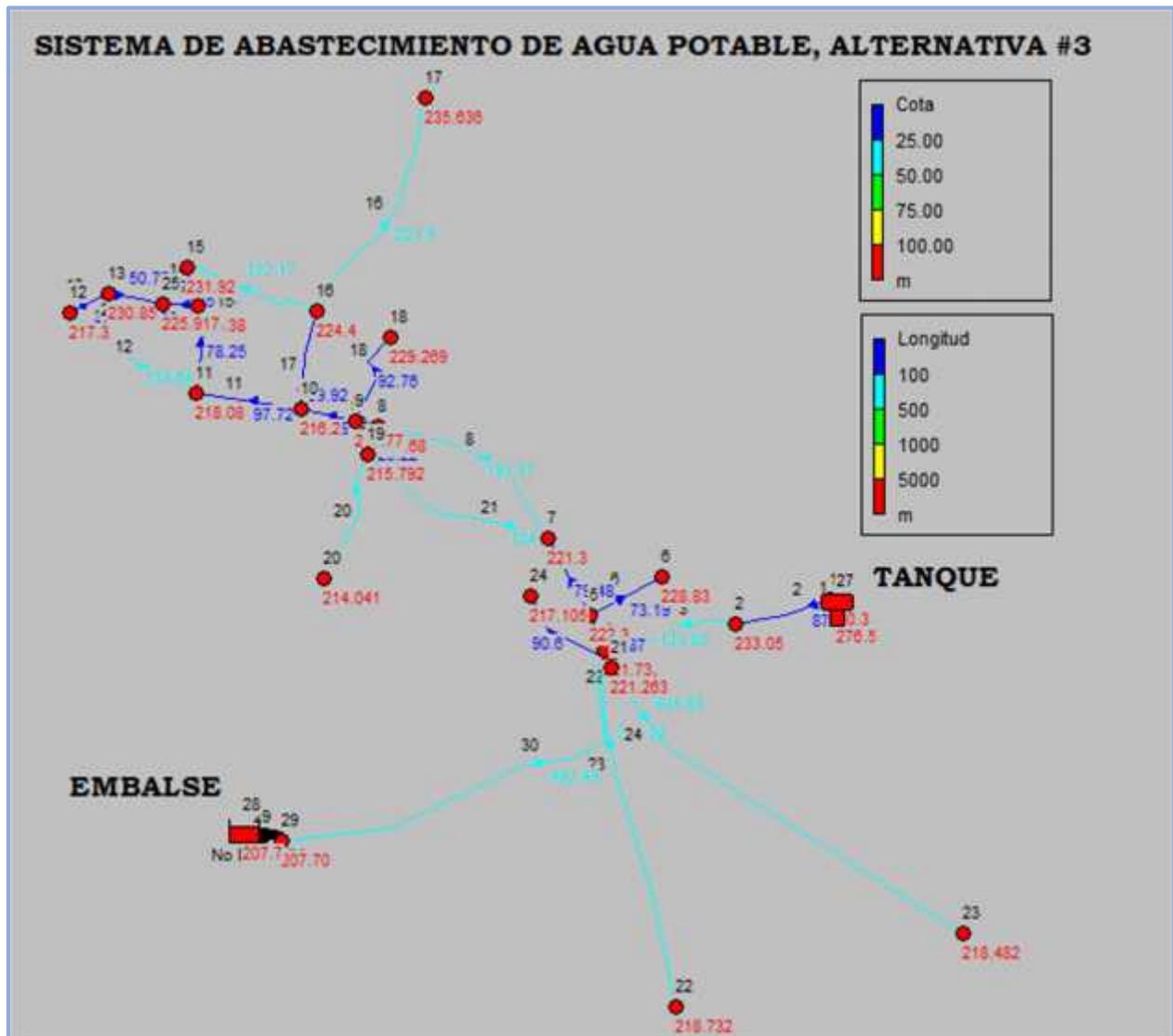
ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Conexión 1	0.00	277.41	17.11	Tubería 1	4.99	75	1.16
Conexión 2	0.00	275.90	42.85	Tubería 2	87.73	75	1.16
Conexión 3	0.05	273.75	52.43	Tubería 3	123.58	75	1.16
Conexión 4	0.11	273.35	51.63	Tubería 4	7.28	50	1.70
Conexión 5	0.05	271.58	49.28	Tubería 5	35.26	50	1.60
Conexión 6	0.11	271.55	42.72	Tubería 6	73.19	38	0.10
Conexión 7	0.32	268.05	45.75	Tubería 7	79.48	50	1.50
Conexión 8	0.15	266.11	49.43	Tubería 8	193.57	50	0.67
Conexión 9	0.07	265.53	47.86	Tubería 9	21.7	50	1.02
Conexión 10	0.20	264.07	49.67	Tubería 10	49.57	50	0.85
Conexión 11	0.20	264.57	46.49	Tubería 11	97.72	50	0.35
Conexión 12	0.12	264.54	47.24	Tubería 12	134.64	50	0.09
Conexión 13	0.04	264.53	32.68	Tubería 13	38.11	50	0.03
Conexión 14	0.12	264.54	39.15	Tubería 14	35.04	38	0.04
Conexión 15	0.04	264.54	32.52	Tubería 15	132.17	50	0.00
Conexión 16	0.41	264.54	40.14	Tubería 16	223.9	50	0.18
Conexión 17	0.35	264.33	28.59	Tubería 17	89.92	50	0.39
Conexión 18	0.27	265.58	36.31	Tubería 18	92.76	50	0.14
Conexión 19	0.25	265.22	50.43	Tubería 19	26.22	50	0.43
Conexión 20	0.20	265.18	52.14	Tubería 20	125.22	50	0.10
Conexión 21	0.90	273.63	52.37	Tubería 21	104.7	50	0.67
Conexión 22	0.45	273.15	54.43	Tubería 22	7.87	50	0.89
Conexión 23	0.39	273.21	54.72	Tubería 23	320.22	50	0.24
Conexión 24	0.08	273.34	55.23	Tubería 24	404.86	50	0.20
Conexión 25	0.08	264.53	39.52	Tubería 25	90.6	38	0.07
Conexión 26	0.08	264.53	39.52	Tubería 26	50.75	38	0.02
Conexión 27	0.00	283.25	75.55	Tubería 27	30.55	39	0.05
Conexión 28	0.00	277.51	2.51	Tubería 28	685.74	75	0.73
Embalse 28	-3.42	157.57	0.00	Tubería 29	1	75	0.79
Depósito 27	-1.65	277.50	1.00	Bomba 29	No Disponible	No Disponible	0.00

Fuente: Elaboración propia.

### 6.5.3 Alternativa #3, tipo Fuente – Red – Tanque

Descripción: Ampliación de red de distribución, conexión directa de línea de conducción con red de distribución y aumento de capacidad de tanques de almacenamiento (ver figura 13).

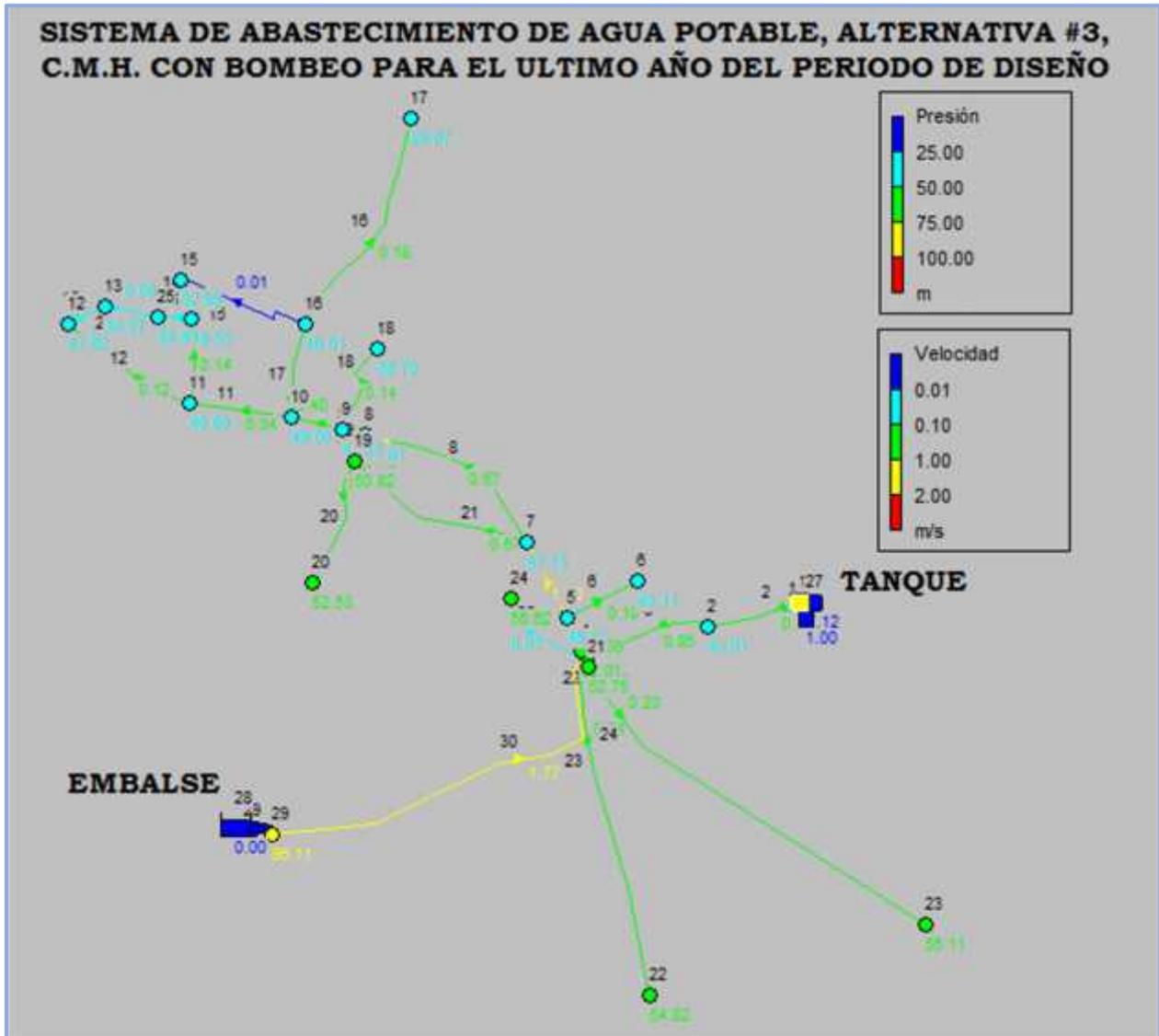
Figura 13 Esquema de sistema de abastecimiento de agua potable, alternativa #3.



Fuente: Elaboración propia.

- **Condición #1. Consumo máximo horario con bombeo para el último año del período de diseño, (ver figura 14, tabla 24).**

*Figura 14 Esquema de presiones y velocidades, condición #1, alternativa #3.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Las presiones en los nodos de la red de distribución oscilan entre 17.12 en el nodo #1 y 56.62 m en tubería #24, las presiones se encuentran dentro del rango permisible que estipula las Normas del INAA.

Las velocidades en las líneas de la red de distribución oscilan entre 0.01 en la tubería #15 y 1.70 m/s en tubería #4, se presentan velocidades por debajo de lo recomendados por las normas.

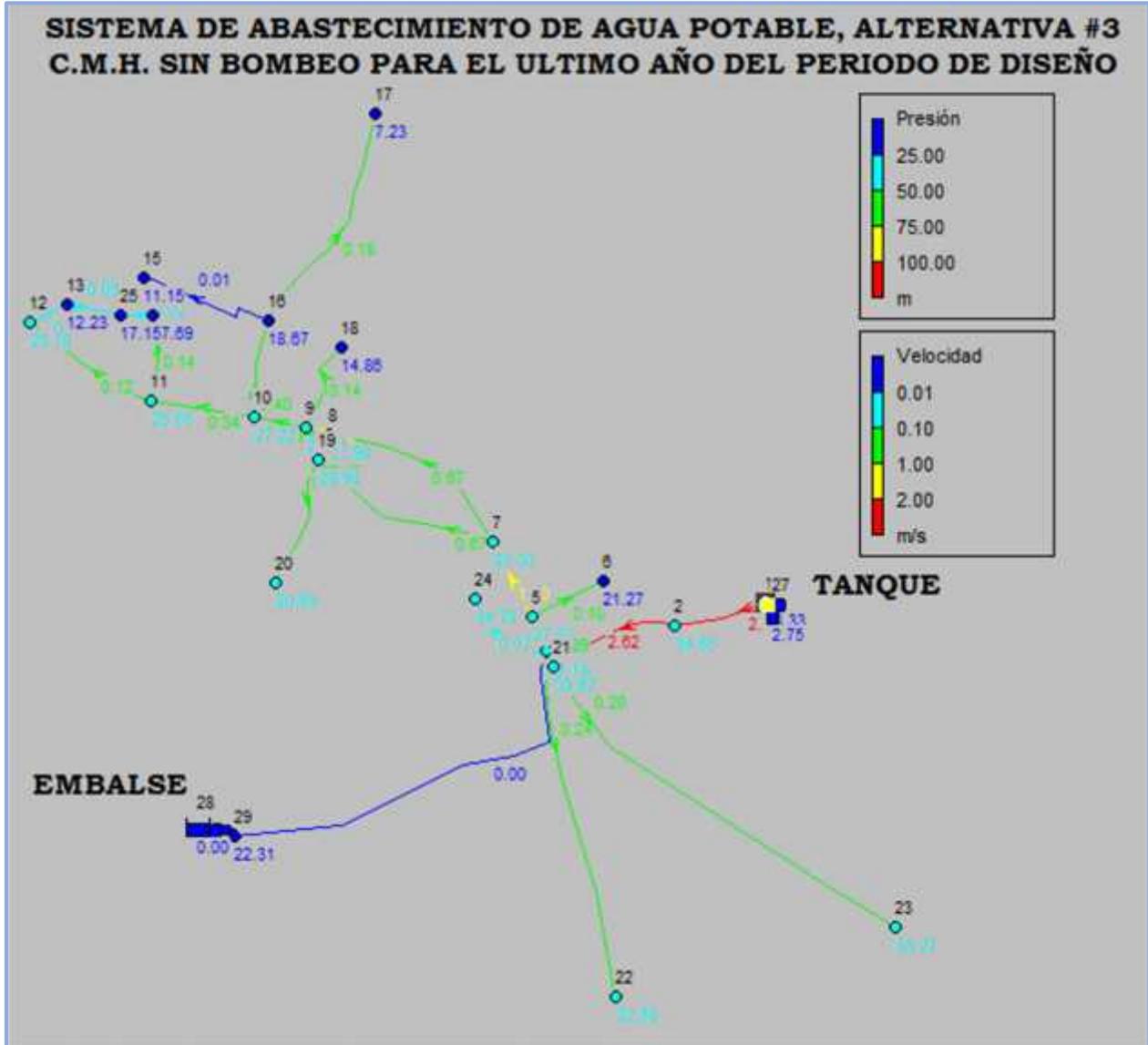
Tabla 24 Presentación de resultados, condición #1, alternativa #3

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Conexión 1	0.00	277.42	17.12	Tubería 1	4.99	50	0.85
Conexión 2	0.00	276.06	43.01	Tubería 2	87.73	50	0.85
Conexión 3	0.05	274.15	52.82	Tubería 3	123.58	50	0.85
Conexión 4	0.11	273.74	52.01	Tubería 4	7.28	50	1.70
Conexión 5	0.09	271.97	49.67	Tubería 5	35.26	50	1.00
Conexión 6	0.11	271.84	43.11	Tubería 6	73.19	38	0.10
Conexión 7	0.32	268.43	47.13	Tubería 7	75.48	50	1.50
Conexión 8	0.16	266.49	48.91	Tubería 8	193.57	50	0.67
Conexión 9	0.07	266.02	46.25	Tubería 9	21.7	50	1.02
Conexión 10	0.20	265.25	49.05	Tubería 10	45.57	50	0.85
Conexión 11	0.28	264.97	46.89	Tubería 11	97.72	50	0.34
Conexión 12	0.12	264.92	47.62	Tubería 12	134.64	50	0.12
Conexión 13	0.04	264.92	34.07	Tubería 13	36.11	50	0.05
Conexión 14	0.12	264.91	39.53	Tubería 14	35.04	38	0.02
Conexión 15	0.04	264.91	32.99	Tubería 15	132.17	50	0.01
Conexión 16	0.41	264.91	40.51	Tubería 16	223.9	50	0.18
Conexión 17	0.36	264.70	29.07	Tubería 17	89.92	50	0.40
Conexión 18	0.27	265.97	36.70	Tubería 18	92.76	50	0.14
Conexión 19	0.26	265.61	50.82	Tubería 19	26.22	50	0.43
Conexión 20	0.20	266.57	52.53	Tubería 20	125.22	50	0.10
Conexión 21	0.20	266.57	52.53	Tubería 21	104.7	50	0.67
Conexión 22	0.90	274.02	52.75	Tubería 22	7.87	50	0.89
Conexión 23	0.46	273.55	54.82	Tubería 23	320.22	50	0.24
Conexión 24	0.39	273.59	55.11	Tubería 24	404.86	50	0.20
Conexión 25	0.08	273.72	56.62	Tubería 25	90.6	38	0.07
Conexión 26	0.08	264.91	39.99	Tubería 26	50.75	38	0.06
Conexión 27	0.00	303.61	96.11	Tubería 27	30.55	38	0.02
Embalse 28	-3.47	207.70	0.00	Tubería 28	492.49	50	1.77
Depósito 27	-1.67	277.50	1.00	Bomba 29	78.25	38	0.14
					No Disponible	No Disponible	0.00

Fuente: Elaboración propia.

- **Condición #2. Consumo máximo horario sin bombeo para el último año del período de diseño (ver figura 15, tabla 25).**

*Figura 15 Esquema de presiones y velocidades, condición #2, alternativa #3.*



**Fuente:** Elaboración propia.

Las presiones en los nodos de la red de distribución oscilan entre 7.23 en el nodo #17 y 34.78 m en el nodo #24, las presiones se encuentran dentro del rango permisible que estipula las Normas del INAA.

Las velocidades en las líneas de la red de distribución oscilan entre 0.01 en la tubería #15 y 2.62 m/s en tuberías #1 y #2, se presentan velocidades por debajo de lo recomendados por las normas.

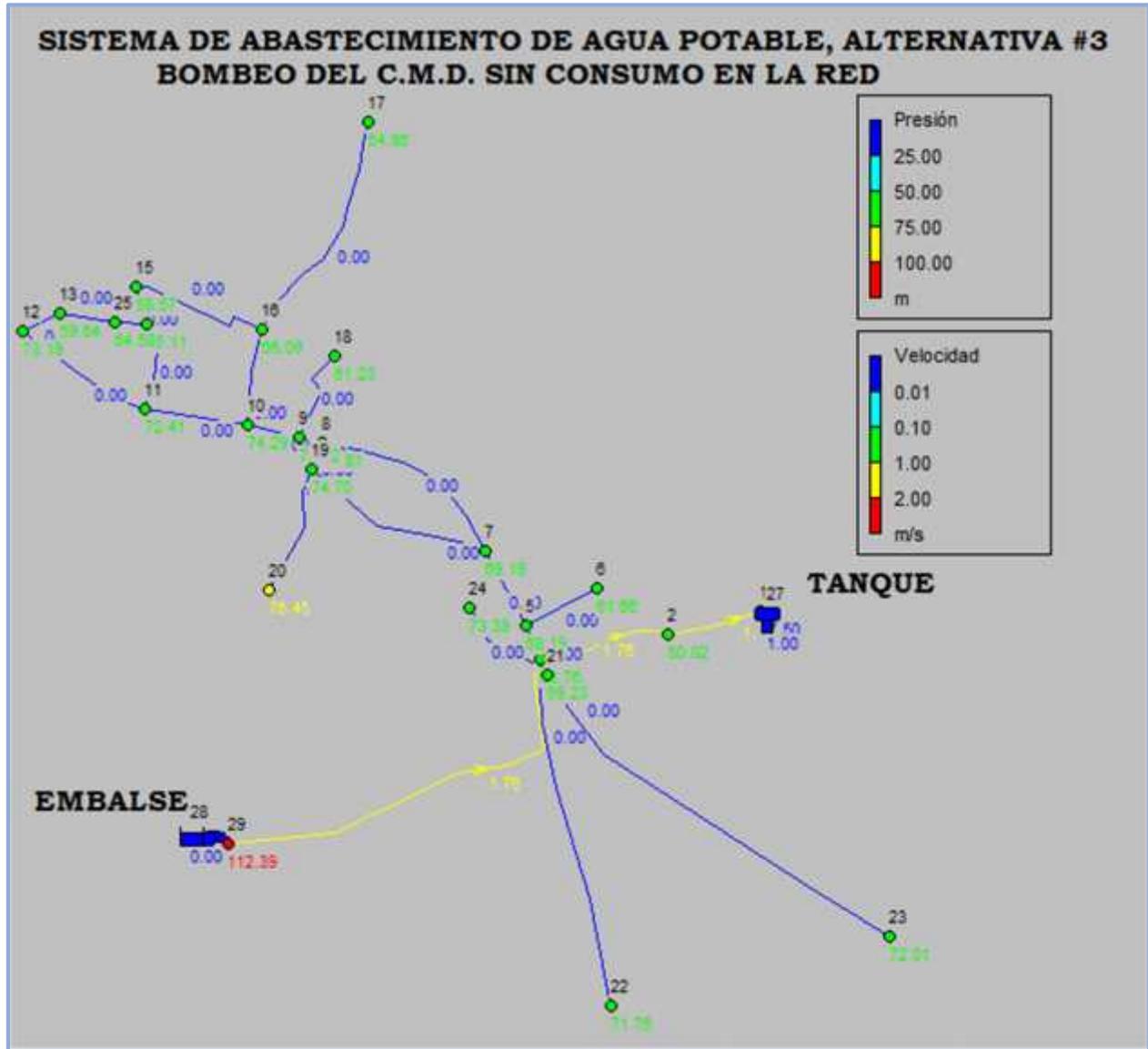
Tabla 25 Presentación de resultados, condición #2, alternativa #3

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Conexión 1	0.00	278.63	18.33	Tubería 1	4.99	50	2.62
Conexión 2	0.00	267.70	34.85	Tubería 2	87.73	50	2.62
Conexión 3	0.05	252.31	30.96	Tubería 3	123.58	50	2.62
Conexión 4	0.11	251.91	30.18	Tubería 4	7.28	50	1.70
Conexión 5	0.09	250.13	27.83	Tubería 5	35.26	50	1.60
Conexión 6	0.11	250.10	21.27	Tubería 6	73.19	38	0.10
Conexión 7	0.32	246.60	25.30	Tubería 7	79.48	50	1.50
Conexión 8	0.16	244.65	26.98	Tubería 8	193.57	50	0.67
Conexión 9	0.07	244.18	26.41	Tubería 9	21.7	50	1.02
Conexión 10	0.20	243.42	27.22	Tubería 10	49.57	50	0.65
Conexión 11	0.28	243.13	26.36	Tubería 11	97.72	50	0.34
Conexión 12	0.12	243.08	25.78	Tubería 12	134.64	50	0.12
Conexión 13	0.04	243.08	12.23	Tubería 13	38.11	50	0.05
Conexión 14	0.12	243.07	17.59	Tubería 14	35.04	38	0.02
Conexión 15	0.04	243.07	11.15	Tubería 15	132.17	50	0.01
Conexión 16	0.41	243.07	18.67	Tubería 16	223.9	50	0.18
Conexión 17	0.35	242.86	7.23	Tubería 17	89.92	50	0.40
Conexión 18	0.27	244.13	14.86	Tubería 18	92.76	50	0.14
Conexión 19	0.26	244.77	28.98	Tubería 19	26.22	50	0.43
Conexión 20	0.20	244.73	30.69	Tubería 20	125.22	50	0.10
Conexión 21	0.90	252.18	30.92	Tubería 21	184.7	50	0.67
Conexión 22	0.45	251.71	32.98	Tubería 22	7.87	50	0.89
Conexión 23	0.39	251.76	33.27	Tubería 23	320.22	50	0.24
Conexión 24	0.08	251.88	34.78	Tubería 24	404.86	50	0.20
Conexión 25	0.05	243.07	17.15	Tubería 25	90.6	38	0.07
Conexión 26	0.00	230.01	22.31	Tubería 26	50.75	38	0.06
Emboque 26	0.00	267.70	0.00	Tubería 27	30.55	38	0.02
Depósito 27	-5.14	279.25	2.75	Tubería 30	492.49	50	0.00

Fuente: Elaboración propia.

- **Condición #3. Bombeo del consumo máximo día sin consumo en la red (ver figura 16, tabla 26).**

Figura 16 Esquema de presiones, condición #3, alternativa #3.



**Fuente:** Elaboración propia.

Las presiones en los nodos de la red de distribución oscilan entre 17.50 en el nodo #1 y 76.45 m en tubería #20, las presiones se encuentran por encima de los valores que estipula las Normas del INAA.

Las velocidades en las líneas de la red de distribución son nulas, debido a que las condiciones del modelado del sistema únicamente establecen velocidades para la línea más directa que va hacia los tanques de almacenamiento.

Tabla 26 Presentación de resultados, condición #3, alternativa #3

ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m				
				Conexión 15	0.00	290.49	58.57
Conexión 1	0.00	277.80	17.50	Conexión 16	0.00	290.49	66.09
Conexión 2	0.00	283.07	50.02	Conexión 17	0.00	290.49	54.85
Conexión 3	0.00	290.49	69.16	Conexión 18	0.00	290.49	61.23
Conexión 4	0.00	290.49	68.75	Conexión 19	0.00	290.49	74.70
Conexión 5	0.00	290.49	60.19	Conexión 20	0.00	290.49	76.45
Conexión 6	0.00	290.49	61.66	Conexión 21	0.00	290.49	69.23
Conexión 7	0.00	290.49	69.16	Conexión 22	0.00	290.49	71.76
Conexión 8	0.00	290.49	72.81	Conexión 23	0.00	290.49	72.01
Conexión 9	0.00	290.49	72.72	Conexión 24	0.00	290.49	73.39
Conexión 10	0.00	290.49	74.29	Conexión 25	0.00	290.49	64.58
Conexión 11	0.00	290.49	72.41	Conexión 26	0.00	320.09	112.39
Conexión 12	0.00	290.49	73.15	Embalse 28	-3.47	207.70	0.00
Conexión 13	0.00	290.49	59.64	Depósito 27	3.46	277.50	1.00
Conexión 14	0.00	290.49	65.11				

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.6 Tanque de almacenamiento.

Los tanques de almacenamiento propuestos se adaptan a las condiciones y parámetros que se toman en cuenta para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad El Rodeo, Municipio de San Lorenzo.

Estos están diseñados para apoyarse en el suelo sobre losa de concreto, obteniendo su volumen de los siguientes cálculos:

### 6.6.1 Capacidad mínima

La capacidad mínima del almacenamiento está compuesta por:

$$V_{ci} = 35\% C \quad (c_i \quad p \quad d \quad ) \quad \text{Ec. ( 28)}$$

Según las normas del INAA, no se considera el caudal de incendio, cuando la población a estudio está dentro del rango 0-5000 habitantes, por lo tanto, no se tomara en cuenta.

$$V_{ci} = 35\% 1.902 \text{ l/s}$$

$$V_{ci} = 0.666 \frac{\text{l}}{\text{s}} * 86,400 \frac{\text{s}}{\text{d}} * \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ l}}$$

$$V_{ci} \quad \text{d} \quad t_i = 57.52 \text{ m}^3 \text{ o } 57,520 \text{ lt}$$

### 6.6.2 Volumen compensador

$$C : 30.15 \text{ gl} \quad * 60 \text{ m} \quad * 24 \text{ ho} = 43,416 \text{ g} \quad .$$

$$V_{.Ci} = 0.20 * 43,416 \text{ g} = 8,683.20 \text{ g} \quad .$$

### 6.6.3 Reserva para eventualidades o emergencias

$$V_{.Ci} = 0.15 * 43,416 \text{ g} = 6,512.40 \text{ g} \quad .$$

### 6.6.4 Volumen mínimo

$$V_{.M} = 8,683.20 \text{ g} + 6,512.40 \text{ g} = 15,195.60 \text{ g}$$

$$V_{.A} = 44,000 \text{ lt} / \text{d}; 11,624.83 \text{ g} \quad .$$

$$Déf = 15,195.60 \text{ g} - 11,624.83 \text{ g}$$

$$Déf = 3,570.77 \text{ g} = 13.52 \text{ m}^3 / \text{d}$$

Los tanques de almacenamiento de agua potable instalados actualmente, tiene un volumen nominal de 44,000 lts (44 m<sup>3</sup>), dicho volumen, no es suficiente para satisfacer las necesidades de la población al final del periodo de diseño (2019-2039), por lo tanto es necesario incrementar la capacidad de almacenamiento de los tanques existentes, tomando en consideración un nuevo tanque que cumpla con el déficit requerido.

Por lo anterior se ha considerado la instalación de un tanque de almacenamiento adicional de 22 metros cúbicos y continuar utilizando el almacenamiento existente, por lo que se tendría un total de 66 m<sup>3</sup>/día, (Ver tabla 27).

Tabla 27 Resumen de análisis de capacidades.

AÑO	POBLACIÓN	CPD (l/s)	CAPACIDAD REQUERIDA	CAPACIDAD PROPUESTA	ALMAC. EXISTENTE	CAPACIDAD ADICIONAL
2018					44	
2019	1080	0.94	28.365	66		37.635
2020	1119	0.97	29.363	66		36.637
2021	1159	1.01	30.421	66		35.579
2022	1201	1.04	31.510	66		34.490
2023	1244	1.08	32.659	66		33.341
2024	1289	1.12	33.839	66		32.161
2025	1335	1.16	35.048	66		30.952
2026	1383	1.20	36.318	66		29.682
2027	1433	1.24	37.619	66		28.381
2028	1485	1.29	38.979	66		27.021
2029	1538	1.34	40.370	66		25.630
2030	1594	1.38	41.822	66		24.178
2031	1651	1.43	43.334	66		22.666
2032	1710	1.49	44.906	66		21.094
2033	1772	1.54	46.509	66		19.491
2034	1836	1.59	48.203	66		17.797
2035	1902	1.65	49.926	66		16.074
2036	1970	1.71	51.710	66		14.290
2037	2041	1.77	53.585	66		12.415
2038	2115	1.84	55.521	66		10.479
2039	2191	1.90	57.516	66		8.484

Fuente: Elaboración propia.

## 6.6.5 Características de los tanques

### 6.6.5.1 Tipo de tanques y capacidad

Se propone la instalación de un tanque de almacenamiento cilíndrico de PVC, apoyado sobre losa de concreto (adicional a tanques existentes con características similares), los cuales se ubicarán en un predio nuevo con una elevación de 276.5 m (Cota de los

tanques), con una capacidad 22,000 lts. Cada uno, dichos tanques poseen las siguientes especificaciones:

- Altura = 3.00 mts.
- Altura de Rebose = 2.75 mts.
- Diámetro = 3.00 mts.
- Elevación de Fondo = 276.5 m.
- Elevación de Rebose = 279.25 m.

## **6.7 Tratamiento**

Existen estudios de calidad de agua practicados por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y el Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente, Managua, Nicaragua (PIENSA), realizado al pozo comunal de la comunidad El Rodeo, dichos estudios reflejan que la calidad físico-químico del agua analizada se encuentran dentro de los rangos permitidos para consumo humano según las Normas de Calidad de Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), y el Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centro América, Panamá y República Dominicana (CAPRE) (**Anexo 10, pág. xiv**).

Los análisis disponibles de calidad de agua indican que el carácter químico de las aguas analizadas es adecuado para el abastecimiento y potabilización, sin embargo, dentro del tratamiento recomendado para el consumo humano del vital líquido, se necesitan sistemas de filtración para controlar la presencia de minerales como el hierro, reducir los niveles de turbiedad y proporcionar desinfección adecuada.

Con el propósito de proveer agua libre de bacterias, virus, amebas y cualquier mineral nocivo para la salud, es necesario incorporar un sistema de desinfección y de filtración de agua capaz de garantizar la buena calidad del vital líquido.

### **6.7.1 Desinfección del agua.**

- **Dosificación de cloración.**

Este sistema comprende un tanque de solución de plástico de 50 galones, una bomba dosificadora hidráulica de cloro de 6 gpd de 150 PSI.

La aplicación al agua de la solución se efectuará mediante un hipoclorador de carga constante, que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65%, diluido hasta

alcanzar una concentración de solución entre 0.2% y 1% en los puntos terminales, de manera que se distribuya homogéneamente en el transporte del agua hacia los tanques de almacenamiento.

A lo largo de la vida útil del proyecto deberán realizarse estudios periódicos para evaluar la calidad del agua de la fuente, si los resultados arrojan que la calidad del agua no cumple con los parámetros establecidos por el INAA, entonces, en dependencia de la severidad del caso, la dosificación deberá ser recalculada basado en los nuevos requerimientos.

### 6.7.2 Filtración de agua.

- **Filtro Multicapa o lecho profundo, ver tabla 28 tamaños del tanque de filtración (Anexo 11, pág. xv).**

Tabla 28 Tamaño del tanque de filtración por la cantidad de flujo a tratar

Diametro de tanque (pulg.)	Área (pie <sup>2</sup> )	Volumen de medio filtrante (pie <sup>3</sup> )
8	0.35	0.75
9	0.44	1
10	0.55	1.5
12	0.79	2
13	0.92	2.5
14	1.07	3
16	1.4	4
18	1.77	5
21	2.41	7
24	3.14	10
30	4.91	15
36	7.07	20
42	9.62	30
48	12.57	40

**Fuente:** Manual de ingeniería Grupo Novem.

Tamaño de tanque de filtración: el tamaño del tanque de filtración se determina (tabla 28), mediante la cantidad de flujo a tratar, calculado de la siguiente manera:

$$A \text{ d t} : \frac{f \text{ a t i } (g l )}{12.5 \text{ g l } / p ^ 2} \quad \text{Ec. ( 29)}$$

$$A \text{ d t} : \frac{35.98 (g l )}{12.5 \text{ g l } / p ^ 2} = 2.88 p ^ 2$$

Considerando el flujo a tratar, se instalará un tanque de filtración y un tanque multicapa de 24" de diámetro y 65" de altura cada uno, con aproximadamente 10 pies cúbicos de medio filtrante (**Anexo 12.2, pág. xvii**).

## **6.8 Descripción del sistema propuesto**

Analizando las exigencias económicas, operacionales y funcionales de las alternativas anteriormente descritas, y haciendo una comparación de los aspectos más importantes a considerar en la selección del rediseño del actual sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad El Rodeo, se establece que la alternativa #2 es la más conveniente a seleccionar (funcionará, del tipo Fuente – Tanque – Red), puesto que cumple con las siguientes condiciones de servicio:

La línea de conducción presenta una longitud menor con respecto a las demás propuestas, adicionalmente el diámetro seleccionado satisface completamente las condiciones hidráulicas estipuladas en las normas del INAA en lo que refiere a gradiente hidráulico, velocidades y presiones, lo cual no se cumple en las demás propuestas analizadas.

En el análisis de la red de distribución se obtuvieron mejores condiciones de presión y velocidad con respecto a las otras alternativas, considerando cumplir con los rangos permisibles según normas establecidas.

En la alternativa a seleccionada no se reducen costos por reutilización de línea de conducción, sin embargo en las demás propuestas se disminuyen costos por el aprovechamiento, no obstante es importante resaltar que los factores que inciden en la economía de costos, no proporcionan las condiciones hidráulicas idóneas para el periodo de diseño del proyecto. A continuación, se describen detalladamente los elementos que conforman el sistema y las condiciones físicas existentes.

### **6.8.1 Fuente de abastecimiento**

La actual fuente de abastecimiento de agua del acueducto de la comarca El Rodeo, Municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco, cumple con los requerimientos cuantitativos necesarios de caudal aprovechable para satisfacer la demanda de la población durante el periodo de diseño del presente proyecto, adicionalmente, las

características cualitativas, físicas y químicas de la fuente de agua permiten que, a través de procesos de tratamiento, ésta sea apta para el consumo humano, por tales motivos, la fuente puede continuar siendo aprovechada durante el periodo de diseño del proyecto.

### 6.8.2 Equipo de bombeo

En la presente propuesta se requiere la instalación de un nuevo equipo de bombeo para el pozo existente, debido a que la bomba que se encuentra instalada actualmente no satisface completamente la demanda de caudal y presión requeridos por la población proyectada para el final del periodo de diseño, por lo que se propone hacer uso de una bomba sumergible con la capacidad de proporcionar las condiciones idóneas de funcionamiento y rendimiento de acorde con las demandas exigidas del proyecto.

### 6.8.3 Características de los equipos de bombeo

Las características generales del equipo de bombeo para la alternativa propuesta se derivan de asumir valores que, generalmente se aplican en los cálculos reales de dimensionamiento de sistemas de bombeo, sin embargo, con la ayuda de catálogos de diferentes equipos de bombeo, con características bien definidas por los proveedores, es como se llega a la selección del equipo de bombeo a instalar, tomando en consideración todos los factores físicos que intervienen al momento de la instalación, es necesario mencionar que, debido a la naturaleza de la fuente de abastecimiento de agua, el equipo de bombeo a instalar es de tipo sumergible.

- **Características generales calculadas del equipo de bombeo para los primeros diez años (periodo 2019-2029), ver tabla 29, (Anexo 4.1, pág. iii).**

Tabla 29 Equipo de bombeo calculado periodo 2019 - 2029

Características	Pozo Actual 20 años
Capacidad (gpm)	35.98
C.T.D. (pies)	417.78
Potencia (HP)	7.5
Eficiencia (%)	75
Energía	Trifásica

**Fuente:** Elaboración propia.

- **Características generales calculadas del equipo de bombeo para los segundos diez años (periodo 2029-2039), ver tabla 30, (Anexo 4.1, pág. iv).**

Tabla 30 Equipo de bombeo calculado periodo 2029 - 2039

Características	Pozo Actual 20 años
Capacidad (gpm)	51.2
C.T.D. (pies)	434.68
Potencia (HP)	10
Eficiencia (%)	75
Energía	Trifásica

**Fuente:** Elaboración propia.

- **Características de la sarta de bombeo.**

La estación de bombeo del pozo deberá dotarse de una sarta de tubería de H° G° de 3" de diámetro, equipada con los siguientes accesorios:

- Válvula de aire H°. G° de 1" ½ de diámetro.
- Union de H°.G° de 3" de diámetro.
- Medidor maestro extremos roscados 1" ½ de diámetro.
- Válvula Check H.F extremos roscados de 3" de diámetro.
- Cruz de H°. G° extremos roscados de 3" de diámetro.
- Valvula de alivio de 1" ½ de diámetro.
- Union maleable de 3" de diámetro.
- Tee de H°.G° con adaptador de 3" de diámetro.
- Codo de H°.G° de 45° de 3" de diámetro.
- Manómetro de carga de 160 PSI de 1" ½ de diámetro.
- Válvulas de pase de H.F extremos roscados de 3" de diámetro.

- **Características de la columna**

- Valvula Check vertical de 3" de diámetro.

#### 6.8.4 Caseta del operador y paneles eléctricos.

En el predio de captación, actualmente se encuentra una caseta existente de mampostería confinada de bloque, cuyo uso es para el operador y protección de paneles eléctricos, el predio del pozo cuenta con un área total de 400 m<sup>2</sup> y sus dimensiones son: 20 m x 20 m, el área del operador es de 4.43 m<sup>2</sup> y el área del Clorador es de 4.87 m<sup>2</sup>, por lo que se propone realizar una ampliación de dicha caseta con un área de 22.88 m<sup>2</sup> (5.65 m x 4.05 m), con el fin de instalar dentro de la misma, el sistema de tratamiento de agua propuesto, así mismo, realizar mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones existentes.

#### 6.8.5 Línea de conducción

La línea de conducción que se propone instalar se extenderá desde el pozo existente hasta llegar a los tanques de almacenamiento con una longitud total de 686.74 m, los cuales serán de PVC, clase 160, SDR 26, con diámetro de 3", dicha tubería contará con los siguientes accesorios:

- Codos 45° de 3" de diámetro.
- Codos de 90° de 3" de diámetro.
- Valvula de compuerta de ½" de diámetro.
- Valvula de limpieza de 1" ½ de diámetro.

#### 6.8.6 Red de distribución

La red de distribución propuesta ha sido dimensionada para abastecer la demanda de la población para el final del periodo de diseño del proyecto, esta posee una longitud total de 2,839.85 m, la cual posee distintos accesorios y se divide en diferentes diámetros detallados a continuación (ver tabla 31).

Tabla 31 Longitudes y diámetros de tubería en la red de distribución

Diámetro SDR-26	Tubería (m)
DN 38 (1 1/2")	280.1
DN 50 (2")	2343.4
DN 75 (3")	216.3
Longitud Total.	2839.8

**Fuente:** Elaboración propia.

- **Válvulas de pase.**

Se ha previsto la instalación de válvulas de pase para dividir la red de distribución en zonas, a fin de poder interrumpir el servicio parcialmente en la localidad cuando haya algún problema en la red de distribución o se vaya a dar mantenimiento a la misma, ver tabla 32 de localización de válvula según diámetro.

Tabla 32 Válvulas de pase

Tubería	Diámetro
4	DN 50 (2")
10	DN 50 (2")
22	DN 50 (2")

**Fuente:** Elaboración propia.

- **Válvulas de limpieza.**

Se colocarán 3 válvulas de limpieza en toda la red para evacuar los sedimentos provocados por las bajas velocidades en las tuberías, dichas válvulas estarán instaladas en los siguientes tramos, ver tabla 33 de localización de válvula según diámetro.

Tabla 33 Válvulas de limpieza

Tubería	Diámetro
13	DN 50 (2")
15	DN 50 (2")
27	DN 38 (1 1/2")

**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.8.7 Costo del proyecto.

Las obras comprendidas dentro del proyecto de diagnóstico, ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable de la comunidad El Rodeo, municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco, han sido presupuestadas detalladamente a fin de obtener su costo real. Los costos directos comprenden los rubros de costos de materiales, mano de

obra, transporte y equipos, utilizando para ello, costos unitarios que prevalecen en la industria de la construcción de obras horizontales, tomando en consideración, además, factores que dificultan o facilitan la construcción e instalación de la obra en general (**Anexo 8, pág. xiii**).

Tabla 34 Presupuesto del proyecto

ETAPAS	ACTIVIDADES	COSTO TOTAL (U\$)
010	PRELIMINARES	1,490.99
020	LINEA DE CONDUCCION Y RED DE DISTRIBUCION	13,408.87
030	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	21,978.59
040	FUENTE DE OBRAS DE TOMA	17,558.79
050	CONEXIONES	984.10
060	TRATAMIENTO DE AGUA	8,038.25
070	LIMPIEZA Y ENTREGA	5,500.00
<b>GRAN TOTAL (DOLARES) U\$</b>		<b>68,959.58</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Monto total del Proyecto: U\$ 68,959.58**

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

En términos generales, el sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad El Rodeo, Municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco es un proyecto viable, con lo cual, se puede mejorar el nivel y la calidad de servicio que se brinda actualmente para lograr satisfacer a la población.

- Se efectuó el estudio y diagnóstico de diferentes deficiencias hidráulicas y de abastecimiento en el análisis de la situación actual de la comunidad El Rodeo.
- Se anexaron en el plano topográfico existente las diferentes zonas proyectadas al crecimiento poblacional, antes no incluidas en el plano de la comunidad, adicionalmente se hizo una revisión de la altimetría y planimetría de todo el lugar.
- El pozo existente se continuará utilizando, ya que tiene la capacidad de abastecer a la comunidad El Rodeo para un periodo de diseño de 20 años (hasta 2039), con una población proyectada de 2,191 habitantes y un consumo promedio diario de 1.902 l/seg.
- De las tres alternativas revisadas, el sistema de agua que mejor funciona es la alternativa 2. Tipo Fuente – Tanque – Red.
- Se realizó un ajuste del diámetro en algunos tramos de tuberías en la red de distribución, asimismo, se reemplazó la tubería total existente en la línea de conducción de PVC, clase 160 (SDR-26), para poder conducir el caudal de diseño en condiciones hidráulicas óptimas (presiones y velocidades de diseño), según análisis realizado en el Software EPANET.
- La Línea de conducción desde el pozo hasta los tanques de almacenamiento tendrá un cambio de trayecto y una nueva longitud más corta con tubería PVC clase 160, SDR 26.
- Los tanques de almacenamiento existentes (2), se continuarán utilizando y se aumentará su capacidad anexando otro tanque, para satisfacer la demanda requerida.
- El costo del sistema propuesto es de U\$ 68,959.58

## 7.2 Recomendaciones.

- Acondicionar la fuente de abastecimiento de agua, realizando una limpieza de esta, antes de la instalación de equipos de bombeo y filtración, para asegurar mejor eficiencia de todos los elementos del sistema.
- Realizar pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas periódicamente, tanto en temporada de verano, como invierno, con el fin de tener un registro de la calidad del agua.
- A lo largo de la vida útil del proyecto deberán realizarse estudios periódicos para evaluar la calidad del agua de la fuente, si los resultados arrojan que la calidad del agua no cumple con los parámetros establecidos por el INAA, entonces, en dependencia de la severidad del caso, la dosificación deberá ser recalculada basado en los nuevos requerimientos.
- Enfatizar estudios en la zona o zonas aledañas a la comunidad, enfocados en la obtención y explotación de agua de mejor calidad y utilizando menos recursos, para beneficio de generaciones actuales y futuras.
- Realizar el replanteo del levantamiento topográfico (verificación de niveles), al momento de llevarse a cabo la ejecución del proyecto.
- Promover la reforestación y conservación del río Los Cocos, ya que este incide grandemente en el mantenimiento del manto acuífero y los niveles de agua en los pozos existentes.
- Llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo a cada una de las estructuras hidráulicas que componen el sistema de acueducto, con el fin de mejorar la prestación del servicio, la eficiencia y el costo operacional.
- En la ejecución del proyecto, procurar la reutilización y aprovechamiento de todos los recursos existentes en el área de la obra, así también, los disponibles en la comunidad en general que puedan aportar reducciones a los costos que incurre llevar a cabo proyecto.

## **BIBLIOGRAFIA**

(OMS), O. m. (2006). Guías para la calidad del agua potable primer apéndice de la tercera edición. Suiza: Avenue Appia 1211 Geneve 27.

003-99), N. T. (1999). Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados INAA. Managua, Nicaragua.

Alcaldía de San Lorenzo, Departamento de Boaco. (2007). MABE EL RODEO. San Lorenzo, Boaco.

Ayllon, I. F. (s.f.). Diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizado el aprendizaje y enseñanza de la asignatura de Ingeniería Sanitaria. Cochabamba, Bolivia.

Castillo, I. F. (s.f.). Evaluación y ampliación del sistema de agua potable en la ciudad de El Sauce. El Sauce, León.

Centro de salud Papayal. (2018). San Lorenzo, Boaco.

Desarrollo, I. N. (2008). San Lorenzo, Boaco en cifras. San Lorenzo, Boaco.

Franquea Bernés, J. M. (2010). Nivelación de terreno por regresión tridimensional. España.

(Julio, 2005). Guía técnica de diseño de proyectos de agua potable para poblaciones menores de 10,000 habitantes.

(2003). Ingeniería hidráulica en Abastecimiento de agua. Valencia.

Instituto Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillado (INAA). (1998). Diseño de abastecimiento de agua en el medio rural.

Normas técnicas para Diseño de Abastecimiento y Potabilización del agua. (2001).

Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado ente regulador. Managua, Nicaragua.

Rurales, A. s. (2008). Orientación sobre agua y saneamiento para zonas rurales. Managua.

S.R.L, S. A. (1980). Abastecimiento de agua - Teoría y diseño, manual de hidráulica. Venezuela: HARLA S.A.

Salud, O. P. (2004). Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados. Lima.

Salud, O. P. (2005). Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas. Lima.

Solsona, F. (2002). Desinfección del agua. Lima, Perú: OPS/CEPIS.

## ANEXOS

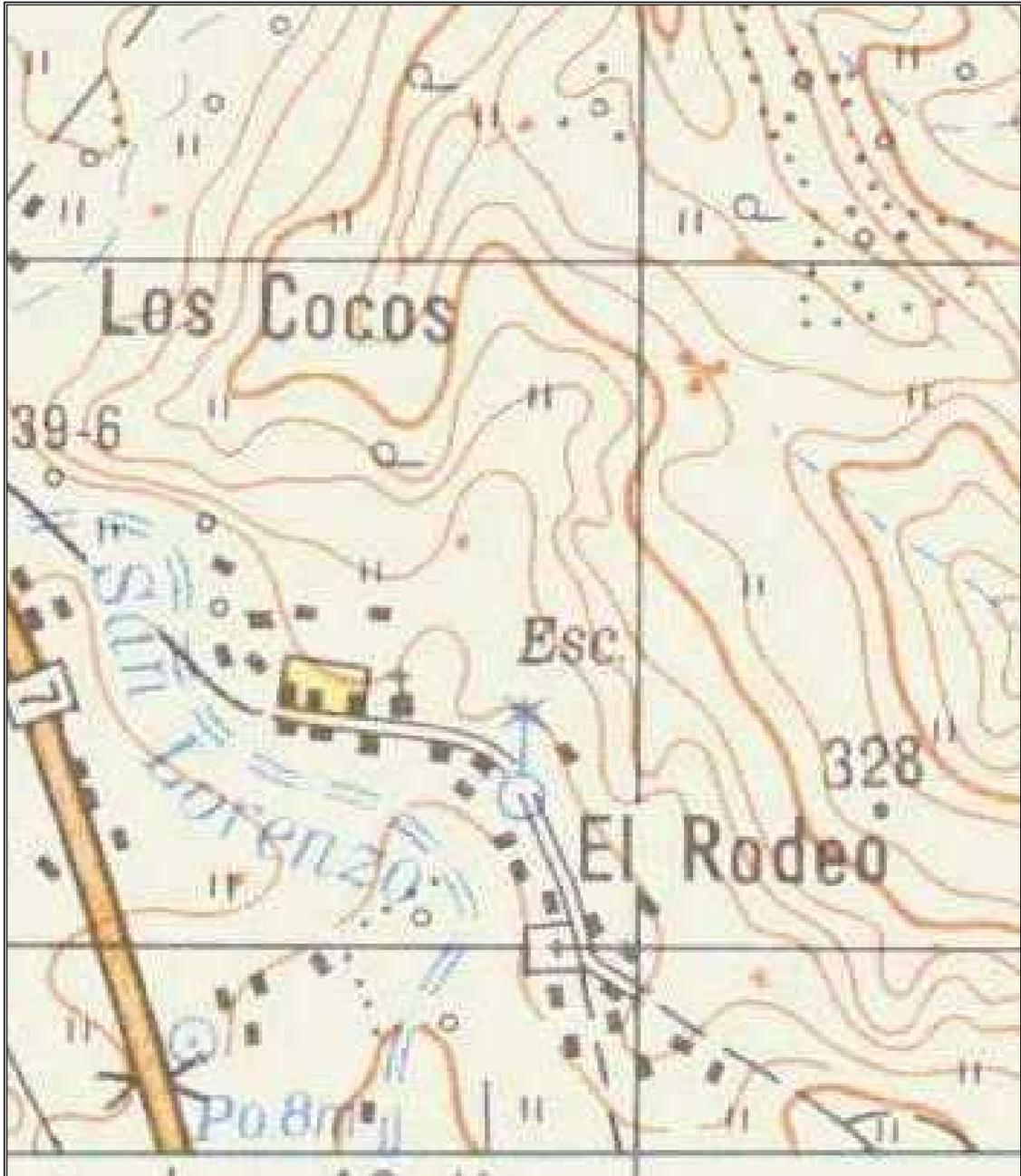
### Anexo 1. Indicadores técnicos del proyecto

De conformidad con las Normas del INAA, a continuación se presenta un listado de los principales datos técnicos utilizados y resultantes de los estudios y diseños del sistema de agua potable de la comarca El Rodeo, Municipio de San Lorenzo, Departamento de Boaco:

1. Caudal total de explotación de la fuente	: 60 gpm
2. Cobertura	: 100 %
3. Período de diseño	: 2019-2039
5. Tasa de crecimiento utilizada	: 3.60 %
6. Población de diseño	: 2,191 habitantes
7. Dotación de consumo de agua	: 75 lppd
8. Nivel de servicio	: Conexión Domiciliar
9. Consumo promedio de agua	: 1.902 lps
10. Consumo de máximo día	: 3.23 lps
11. Consumo de máxima hora	: 5.13 lps
12. Longitud de línea de conducción	: 686.74 m
13. Longitud de la Red de distribución	: 2,839.85 m
14. Presión mínima en la red	: Nodo #1: 17.1 mca.
15. Presión máxima en la red	: Nodo #24: 56.23 mca.
16. Volumen de almacenamiento	: 66.00 m <sup>3</sup>
17. Tratamiento	: Dosificación de cloración y filtración del agua.
18. Costo Total del Proyecto	: U\$ 67,759.58
19. Costo per cápita	: U\$ 30.93

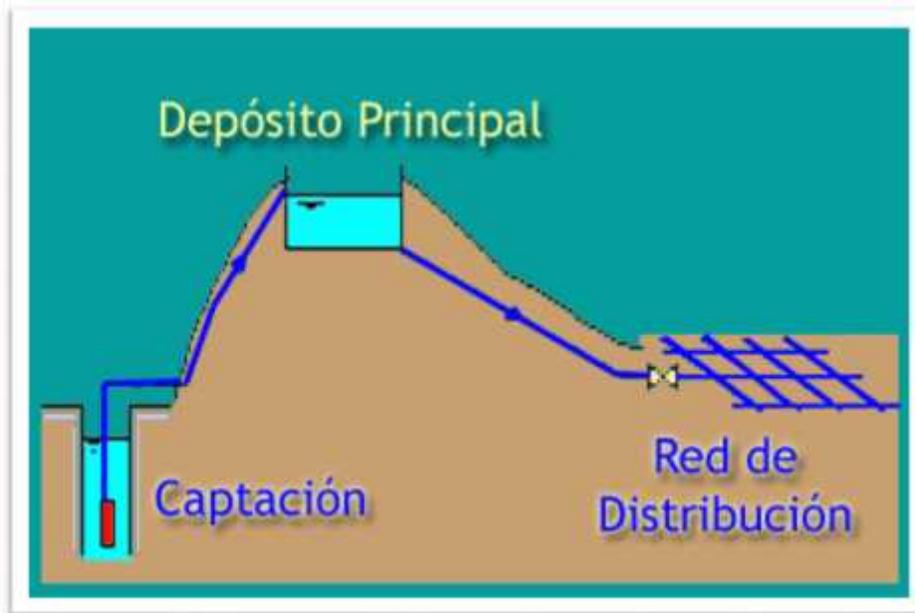
**Fuente:** Elaboración propia

**Anexo 2. Micro localización del sitio.**



**Fuente:** Elaboración propia

### Anexo 3. Tipo de fuente de abastecimiento Fuente-Tanque-Red (F-T-R)



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 4. Características del equipo de bombeo

#### Anexo 4.1 Especificaciones técnicas de bomba (primeros diez años)

**BOMBAS POZO PROFUNDO**

### Serie Alta Capacidad

- Rendimiento de 25, 40, 50 y 112 GPM para aplicaciones comerciales de 4"
- Impulsiones de 100 PSI, 120 como estándar del mayor rendimiento para máxima eficiencia
- De 1000 galones en adelante - hasta 2000 galones
- De 1000 y 2000 galones en adelante
- Construcción laminada para mayor resistencia de la bomba
- No requiere aceites de mantenimiento
- Incluye el sistema de control de flujo de agua para mayor precisión y rendimiento
- La descarga de 12"

**Aplicaciones:**

- Agua
- Pozo profundo
- Líquido de refrigeración
- Líquido de calefacción
- Líquido de calefacción
- Líquido de calefacción

**Curva de Rendimiento de la Bomba Serie Alta Capacidad**

El gráfico muestra la relación entre el caudal (GPM) y el voltaje (VOLT) para la bomba Serie Alta Capacidad. Las curvas indican que el caudal aumenta con el voltaje, con valores de 208V, 230V y 240V.

Fuente: Aquatec

## Anexo 4.2 Especificaciones técnicas de bomba (segundos diez años).

**OMBAS ALTA CAPACIDAD**

### Serie Radial

- Soporte del motor y carcasa de aluminio en acero inoxidable para trabajos pesados
- Construcción de acero inoxidable para el eje, carcasa, rotas, colector y guardaflejes para un mayor rendimiento y vida útil para aplicaciones de gran capacidad
- Anillo de descarga en acero inoxidable y eje del sello sellos en Urethane para un mayor desempeño y máxima eficiencia
- Protección y Alivio del Motor?
- Caudal en el extremo del eje y sistema de descarga de caudal para reducir el consumo de energía y el mantenimiento del eje, sin afectar la eficiencia de la bomba
- Rango de flujo de 40, 75, 140 y 225 GPM y un rango de carga en metros de hasta 100 metros
- Descarga de la bomba de 2" NPT con conexión en acero inoxidable para trabajos pesados
- Rango de potencia de 1.5 a 40 HP
- Motor de serie 113 HP
- No incluye válvula de seguridad

**Aplicaciones:**

- Proyectos
- Agricultura
- Industria
- Municipios
- Comercio

**Características de la Familia Serie Radial**

**Motor Variable**  
 El modelo con el #4 sustrae sustituido para otros modelos de 1" a 2", que permite a los usuarios de 5-40 HP en función de los requisitos de flujo de 4" a 6" según la capacidad de caudal.

Fuente: Aquatec

## Anexo 4.3 Tablas (primeros diez años)

GPM	HP	FLUJO (CAUDAL)									MODELO
		LPM	19	57	114	152	190	228	304	342	
		GPM	5	15	30	40	50	60	80	90	
35	2	-	50	56	51	46	-	-	-	-	35TP1294-PE
	3	-	95	90	80	65	-	-	-	-	35TP1394-PE
	5	-	150	147	120	95	-	-	-	-	35TP1594-PE
	7.5	-	235	220	180	145	-	-	-	-	35TP1794-PE

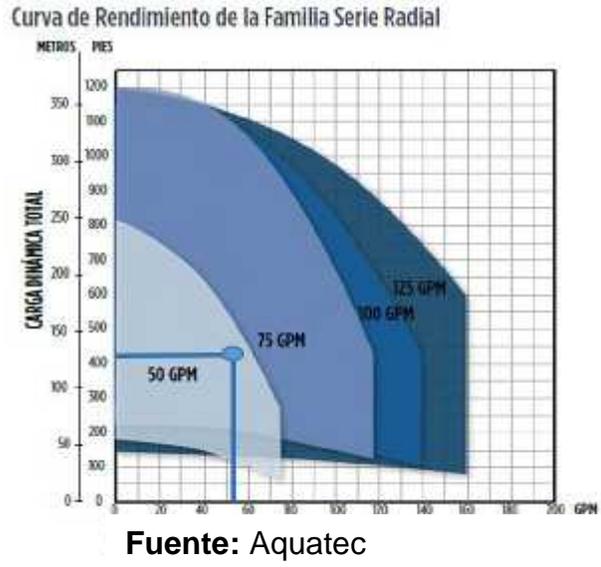
Fuente: Aquatec

## Anexo 4.4 Tablas (segundos diez años)

GPM	HP	ETAPAS	DIAM MOTOR	CARGA EN METROS																MODELO	
				LPM	40	80	120	160	200	240	280	320	360	380	418	456	494	532	570		
				GPM	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150		
50	2	3	4"	-	50	46	44	38	30	24	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50FA1396-PE
	2	4	4"	-	51	51	24	40	42	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50FA209-TC
	3	5	4"	-	79	76	71	64	53	45	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50FA396-PE
	5	8	4"	-	123	121	108	99	83	67	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50FA596-PE
	8	11	4" & 6"	-	170	165	153	140	120	97	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50FA796-PE
	15	15	6" & 8"	-	235	227	217	191	168	135	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

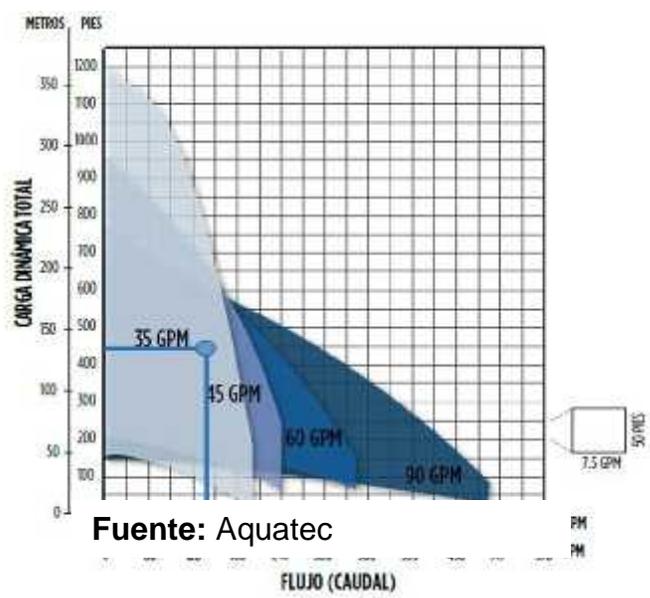
Fuente: Aquatec

### Anexo 4.5 Curvas características (primeros diez años)



### Anexo 4.6 (segundos diez años)

### Curvas características



### Anexo 5. Ficha del perfil del proyecto

REDISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE							
Tipo de Intervención:							
Reparación	Ampliación		Reemplazo		<input checked="" type="checkbox"/>	Construcción Nueva:	
Institución / Organismo:				Alcaldía Municipal de San Lorenzo			
Ubicación:							
Departamento	Municipio		Comunidad		Microregión		
Boaco	San Lorenzo		El Rodeo		I		
Zona de Influencia							
Urbana				Rural		X	
Tipo de Población:							
Concentrada:		<input checked="" type="checkbox"/>		Dispersa:		<input type="checkbox"/>	
Niveles de Pobreza del Municipio:							
Severa	Alta		Media		Menor		
			X				
Distancia en Km. del proyecto a la cabecera departamental y municipal:							
Departamental				Municipal			
28 Km.				7 Km.			
Tipo(s) de vía(s) de Acceso al Proyecto:							
Pavimento	Adoquín	Concreto	Macadán	Trocha	Acuática	Combinada	Otro
X			X				
Actividad Económica del Área de Influencia:							
Agricultura:	<input checked="" type="checkbox"/>	Ganadería:	<input checked="" type="checkbox"/>	Pesca:	<input type="checkbox"/>	Minería:	<input type="checkbox"/>

**Fuente:** Alcaldía Municipal de San Lorenzo

## Anexo 6. Servicios básicos existentes en el area de influencia.

Tipo de servicio	Estado Actual		
	B	R	M
Preescolares		X	
Escuela Primaria	X		
Instituto Secundario			
Instituto Técnico			
Hospital			
Centro de Salud			
Puesto de Salud			
Agua Potable			X
Alcantarillado Sanitario			
Letrina		X	
Recolección de Basura			
Drenaje Pluvial			
Energía Eléctrica	X		
Teléfono			
Aeropuerto			
Puerto			
<b>Fuente:</b> Alcaldía Municipal de San Lorenzo			
Internet			

## Anexo 7. Información general del proyecto

### Anexo 7.1 Datos generales del proyecto.

**Nombre del Proyecto** : EL RODEO.

Sector (Marcar con una X el sector al que corresponde el proyecto):

Educación \_\_\_\_\_  
Salud \_\_\_\_\_  
Agua y Saneamiento Rural   X    
Protección Social \_\_\_\_\_  
Obras y Servicios \_\_\_\_\_  
Comunitarios \_\_\_\_\_

Tipo de Intervención (Marcar con una X)

Reparación \_\_\_\_\_ Ampliación \_\_\_\_\_ Reemplazo \_\_\_\_\_  
Mejoramiento   X   Dotación \_\_\_\_\_ Capacitación \_\_\_\_\_  
Implementación \_\_\_\_\_

Monto Total del Proyecto: U\$ 67,759.58.00

### **Anexo 7.2 Ubicación del proyecto**

Comarca/ Barrio/ Comunidad Beneficiaria      El Rodeo  
Municipio    San Lorenzo  
Departamento                                        Boaco

### Anexo 7.3 Identificación del problema

Problema Principal
Establecimiento de una comunidad en un sitio, que carece del buen funcionamiento de agua potable, para servir a la población total.

Análisis del problema:

- ¿A qué grupo generacional afecta más y cómo los afecta?  
Mujer: Reduce significativamente el tiempo que dedican a los quehaceres del hogar.
- ¿A qué grupo con capacidades diferentes afecta?  
Ninguno
- ¿De qué manera la población afectada enfrenta actualmente el problema?  
Obtienen agua de pozos excavados y de la principal quebrada, que pasa cerca de la comunidad, para lo cual tienen que recorrer grandes distancias.
- ¿Qué dificultades tienen para enfrentarlo?  
Tienen que efectuar el acarreo del agua en pendientes bien inclinadas, por senderos no adecuados, para transportar.

### Anexo 7.4 Diagnostico de la situación actual

Problema Principal	Línea Base	Población Objetivo
Establecimiento de una comunidad en un sitio, que carece del buen funcionamiento de agua potable, para servir a la población total.	El conjunto de la población de la comunidad El Rodeo no cuenta con el servicio total de agua potable.	Viviendas que cuentan con el servicio de conexión domiciliar de agua potable para el mejoramiento y las viviendas que no cuentan con el servicio.

**Fuente:** Elaboración propia

Objetivos Específicos	Metas o Resultados Esperados	Indicador de Desempeño	Medios de Verificación
Dotar de agua potable a las nuevas viviendas de la comunidad El Rodeo.	Atender al 100% de la población de dicha comunidad.	Servicio permanente de agua para las viviendas.	Emisión de recibos por el servicio de agua.
Mejorar el servicio de agua potable de la comunidad El Rodeo.	Reducir casos de falta de agua potable en la comunidad.	Los niñ@s, mejorar su calidad de vida.	-

**Fuente:** Elaboración propia

### Anexo 7.5 Aspectos legales

- a) ¿Existe conflicto con la propiedad donde se ubicará el proyecto?  
 Sí  No

### Anexo 7.6 Aspectos ambientales

- a) Clasificación Ambiental I \_\_\_\_\_ II   x   III \_\_\_\_\_  
 IV \_\_\_\_\_

- b) Resultado de la Evaluación del Emplazamiento

Valores entre 1 y 1.5.  Valores entre 1.6 y 2.0

Valores entre 2.1 y 2.5  Valores mayores de 2.5

### Anexo 7.7 Banco de materiales

Características de los Bancos	Banco 1	Banco 2
Nombre del Banco de Materiales	Rodeo	Rodeo
Tipo de Tenencia (Pública o Privada)	Privada	Privada
Nombre del Dueño	Paula Solano	Isabel Picado
Estado de la vía de Acceso al Banco de Materiales (Buena, Regular, Mala)	Bueno	
¿Está en Explotación?	SI	SI
Tipo de material (m. selecto, arena, bolón)	Material Selecto	Material Selecto

**Fuente:** Alcaldía Municipal de San Lorenzo

### Anexo 7.8 Energía Eléctrica

Distancia del poste más cercano al Proyecto   800   m

Existe Banco de Transformador   SI  

Distancia del Banco de Transformador al Proyecto   800   m

Capacidad del Banco del Transformador   25   KVA

Nivel del Voltaje   110   KV

Indicar tipo de fase: Monofásica   \_\_   Bifásica   \_\_  

Trifásica   X

## Anexo **7.9 Participación comunitaria y local**

a) La comunidad se encuentra organizada SI

Nombre: Comité de Seguimiento

Tipo: Temporal

Nivel: Medio

Características: Asociación de Pobladores

b) Participación de la mujer en las organizaciones comunitarias existentes.

Participación de la Mujer: Se integra en el comité de seguimiento del proyecto.

Cargo: Presidenta, secretaria.

## Anexo 8. Cronograma de ejecución física del proyecto

CONCEPTO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
	S1	S2	S3	S4												
010 PRELIMINARES	■	■														
020 LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION		■	■	■	■	■	■	■								
030 TANQUE									■	■	■	■				
040 FUENTE Y OBRAS DE TOMA						■	■	■	■							
050 CONEXIONES		■	■	■												
060 TRATAMIENTO													■			
070 MEDIDAS DE MITIGACION Y PREVENCION DE ACCIDENTES										■	■					
080 LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA													■			
090 CAPACITACION Y PROMOCION AGUA														■		

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 9. Análisis de la clasificación del SIASAR

ANÁLISIS DE LA CLASIFICACION DEL SIASAR COMUNIDAD					
Municipio de <u>San Lorenzo</u>					
Comunidad:		EL RODEO			
Clasificación SIASAR:		B			
N°	CRITERIO	CUMPLE		CAUSALES PRINCIPALES DEL INCUMPLIMIENTO DEL CRITERIO	ACCIONES CORRECTIVAS
		SI	NO		
<b>VI</b>	<b>AMBIENTE SANO</b>				
1)	Bien				
2)	Regular				
3)	Malo		X		Capacitacion jornadas de limpiezas
<b>VII</b>	<b>HIGIENE SANA</b>				
1)	Bien				
2)	Regular				
3)	Malo		X	Manejo de agua insegura	Campañas para tomar agua segura

Fuente: Alcaldía Municipal de San Lorenzo

## Anexo 10. Prueba agua potable



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



### LABORATORIOS AMBIENTALES

#### CERTIFICADO DE ENSAYOS

FCAN1686-0123

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
CAPS El Rodac		San Lorenzo Comunidad El Rodac		NR	
ATENCIÓN		CARGO		CELULAR	
Wilber Acevedo		Responsable de Logística		85331212	
FECHA DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO		FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANÁLISIS		GACETA CUSTODIA	
INGRESO		FINAL DE ANÁLISIS		NÚMERO DE MUESTRAS	
24/06/2016		05/07/2016		2476	
Fecha y Hora de Muestreo		22/03/2016; 05:40 am		Rango o valor máximo permisible o recomendado	
Muestreado por		Fabiola Espinoza			
Supervisor de Muestreo en Campo		Wilber Acevedo			
Fuente		Pozo Excavado			
Tipo de muestra		Agua Subterránea			
Observaciones de Ubicación		El Rodac			
Coordenadas		NR			
Codificación PIENSA		LA-1638-0516			
METODO SM / EPA	ENSAYO REALIZADO PARÁMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUERTO DE MUESTREO 1		Norma CAPRE*
Visual	Aspecto	NR	Turbia		NR
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	3.92		6.5 - 8.5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	269.00		400**
2150-B	Turbiedad	NTU	9.10		5
2120-C	Color Verdadero	UC	< 1.00		15
2320-B	Alcalinidad	mg/l	< 0.10		NE
2320-B	Carbonatos	mg/l	< 0.10		NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/l	< 0.10		NE
4500-B	Nitratos	mg/l	0.15		50
4500-B	Nitritos	mg/l	< 0.009		0.1
4500-D	Cloruros	mg/l	9.64		250
3500-B	Hierro Total	mg/l	0.302		0.3
4500-D	Sulfatos	mg/l	62.00		250
2340-C	Dureza total	mg/l	30.64		400**
2340-C	Dureza Calcio	mg/l	13.44		NE
3500-B	Calcio	mg/l	6.38		100**
3500-B	Magnesio	mg/l	4.18		50
3500-B	Manganés	mg/l	0.330		0.5
3500-X	Sodio	mg/l	22.00		200
3500-C	Potasio	mg/l	5.43		10
4500-C	Fluor	mg/l	0.234		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.  
 < menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificado en la Norma. NR= No Reporte. PMS= Poca Muestra en Suspensión.  
 Métodos, Normas y/o Decretos empleados: SM = Standard Methods, 21st. 2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \* Norma regional de calidad del agua para consumo humano; \*\* Valor recomendado

Los resultados reportados corresponden a los ensayos efectuados por el cliente

Ph.D. Leandro Pittano  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI



Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confiabilidad e integridad de los datos.

Telefax: Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5813 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios 5847-6823 y 5813-3237 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M); e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

0001004

Fuente: Organización No Gubernamental El Porvenir

## Anexo 11. Especificaciones del tratamiento



Fuente: Aquatec Valvula automática



Fuente: Aquatec filtro



Fuente: Aquatec tanque



Fuente: Aquatec material arena



Fuente: Aquatec material grava



Fuente: Aquatec material grava

## Anexo 12. Presupuesto

### Anexo 12.1 Presupuesto general

ETAPAS / SUBETAPAS	ACTIVIDADES	UM	CANTIDAD	COSTO (U\$)	
				UNITARIO	TOTAL
<b>010</b>	<b>PRELIMINARES</b>				<b>1,490.99</b>
1	LIMPIEZA INICIAL	M <sup>2</sup>	1,801.52	0.30	540.46
2	TRAZO Y NIVELACION	M <sup>2</sup>	1,801.52	0.35	630.53
3	ROTULO DEL PROYECTO CON ESTRUCTURA, LAMINA METALICA, BASES, INCLUYE FORRO CON CALCOMANIA E IMPRESIÓN VYNIL	GLB	1.00	320.00	320.00
<b>020</b>	<b>LINEA DE CONDUCCION Y RED DE DISTRIBUCION</b>				<b>13,408.87</b>
1	EXCAVACION PARA TUBERIAS	M <sup>3</sup>	740.76	3.00	2,222.28
2	RELLENO Y COMPACTACION	M <sup>3</sup>	740.76	3.25	2,407.47
3	TUBERIAS DE 1 1/2" DE DIAMETRO	UNID	295.00	2.85	840.75
4	TUBERIAS DE 2" DE DIAMETRO	UNID	50.00	3.10	155.00
5	TUBERIAS DE 3" DE DIAMETRO	UNID	158.00	6.50	1,027.00
6	ACARREO DE TIERRA	M <sup>3</sup>	740.76	1.55	1,148.18
7	VALVULA DE AIRE HG, 3"	C/U	3.00	1,055.40	3,166.20
8	UNION DE HG, 3"	C/U	1.00	7.67	7.67
9	MEDIDOR MAESTRO	C/U	1.00	64.32	64.32
10	CRUZ DE HG, 3"	C/U	1.00	45.05	45.05
11	VALVULA CHECK, 3"	C/U	2.00	364.32	728.64
12	VALVULA DE ALIVIO, 3"	C/U	2.00	233.00	466.00
13	UNION MALEABLE, 3"	C/U	1.00	7.67	7.67
14	TEE DE HG, 3"	C/U	1.00	18.77	18.77
15	CODO DE HG, 45°, 2"	C/U	2.00	10.09	20.18
16	CODO DE HG, 45°, 3"	C/U	8.00	18.62	148.96
17	MANOMETRO DE CARGA	C/U	1.00	43.02	43.02
18	VALVULA DE PASE, 2"	C/U	3.00	112.03	336.09
19	VALVULA DE PASE, 3"	C/U	1.00	176.50	176.50
20	CODO DE 90°, 2"	C/U	2.00	3.85	7.70
21	CODO DE 90°, 3"	C/U	9.00	3.85	34.65
22	VALVULA DE LIMPIEZA, 3"	C/U	1.00	176.50	176.50
23	VALVULA DE LIMPIEZA, 2"	C/U	2.00	54.69	109.38
24	VALVULA DE LIMPIEZA, 1 1/2"	C/U	1.00	38.00	38.00
25	TEE DE PVC, 2"	C/U	2.00	1.08	2.16
26	UNION PVC, 2"	C/U	3.00	2.57	7.71
27	REDUCTOR DE PVC, 2" A 1 1/2"	C/U	2.00	0.57	1.14
28	REDUCTOR DE PVC, 3" A 2"	C/U	1.00	1.88	1.88
<b>030</b>	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>				<b>21,978.59</b>
1	MOVIMIENTO DE TIERRA PARA TANQUE	M <sup>3</sup>	900.00	9.20	8,280.00
2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO PVC	C/U	1.00	2,763.59	2,763.59
3	CASETA DE PROTECCION DE TANQUE	M <sup>2</sup>	78.00	100.00	7,800.00
4	CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES	M <sup>2</sup>	67.00	45.00	3,015.00
5	TRANSPORTE DE TANQUES EXISTENTES	GLB	1.00	120.00	120.00

<b>040</b>		<b>FUENTE DE OBRAS DE TOMA</b>				<b>17,558.79</b>
	1	SUMISTRO DE EQUIPO DE BOMBEO 10 HP	C/U	1.00	1,200.00	1,200.00
	2	SUMISTRO DE EQUIPO DE BOMBEO 7.5 HP	C/U	1.00	1,000.00	1,000.00
	3	INSTALACION DE SISTEMA DE BOMBEO	GLB	1.00	1,095.00	1,095.00
	4	TUBERIA DE HG, 3"	ML	6.45	871.13	5,618.79
	5	AMPLIACION DE CASETA DE CONTROL	M <sup>2</sup>	13.58	250.00	3,395.00
	6	MANTENIMIENTO CASETA DE CONTROL EXISTENTE	M <sup>2</sup>	9.30	100.00	930.00
	7	CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES	M <sup>2</sup>	96.00	45.00	4,320.00
<b>050</b>		<b>CONEXIONES</b>				<b>984.10</b>
	1	CONEXIONES INTRADOMICILIARES	C/U	13.00	75.70	984.10
<b>060</b>		<b>TRATAMIENTO DE AGUA</b>				<b>8,038.25</b>
	1	SISTEMA DE FILTRACION DE AGUA	GLB	1.00	8,038.25	8,038.25
<b>070</b>		<b>LIMPIEZA Y ENTREGA</b>	<b>C/U</b>			<b>5,500.00</b>
	1	LIMPIEZA FINAL	GLB	1.00	5,500.00	5,500.00
<b>TOTAL \$</b>						<b>68,959.58</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 12.2 Presupuesto del sistema de tratamiento.

Tratamiento de agua potable	unidad de medida	cantidad	precio	Total
filtro oxidante greensand	c/u	1	4782.92	4782.92
Grava #3	pie3	1.76	37.77	66.48
Grava #1	pie3	1.5	37.77	56.66
Arena 30-40	pie3	2.6	37.77	98.20
Tanque 24"X72"	c/u	1	1633	1633.00
Valvula automatica para filtro	c/u	1	251	251.00
Costo de instalacion	n/a	n/a	n/a	1150.00
<b>Total</b>				<b>8038.25</b>

Fuente: Elaboración propia

## ÍNDICE DE ANEXO

<a href="#">ANEXO 1. INDICADORES TÉCNICOS DEL PROYECTO</a> .....	115
<a href="#">ANEXO 2. MICRO LOCALIZACIÓN DEL SITIO</a> .....	116
<a href="#">ANEXO 3. TIPO DE FUENTE DE ABASTECIMIENTO FUENTE-TANQUE-RED (F-T-R)</a> .....	117
<a href="#">ANEXO 4. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO</a> .....	117

<a href="#"><u>ANEXO 5. FICHA DEL PERFIL DEL PROYECTO</u></a> .....	119
<a href="#"><u>ANEXO 6. SERVICIOS BÁSICOS EXISTENTES EN EL AREA DE INFLUENCIA</u></a> .....	120
<a href="#"><u>ANEXO 7. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO</u></a> .....	121
<a href="#"><u>ANEXO 8. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA DEL PROYECTO</u></a> .....	127
<a href="#"><u>ANEXO 9. ANÁLISIS DE LA CLASIFICACIÓN DEL SIASAR</u></a> .....	127
<a href="#"><u>ANEXO 10. PRUEBA AGUA POTABLE</u></a> .....	128
<a href="#"><u>ANEXO 11. ESPECIFICACIONES DEL TRATAMIENTO</u></a> .....	129
<a href="#"><u>ANEXO 12. PRESUPUESTO</u></a> .....	130