

Departamento de Posgrado y Educación Continua

# **Estudio de prefactibilidad del proyecto, sistema de abastecimiento de agua potable a través de un MABE en la comunidad El Rodeo, municipio de San Lorenzo, departamento de Boaco**

Tesis para optar al título de Máster en Gerencia de Proyectos de Desarrollo

**Elaborado por:**

Ing. Alejandro José  
Dubón Balladares

Ing. Jefry José  
Toruño Rodríguez

**Tutor:**

MSc. Wilfredo Varela Fonseca



## ÍNDICE GENERAL

### Contenido

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE TABLAS .....	III
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO SITUACIONAL .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.1 Objetivo General .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Justificación .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Estudio de Mercado .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Estudio Técnico .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Estudio Financiero .....</b>	<b>9</b>
<b>2.4 Estudio Socioeconómico (o Social).....</b>	<b>10</b>
<b>2.5 Estudio Ambiental .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6 Marco Jurídico .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>15</b>
3.1 Área de localización del estudio.....	15
3.2 Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o período.....	15
3.3 Población, muestra .....	16
3.3.1 Tipo de muestra y muestreo .....	16
3.4 Técnicas e instrumentos de la investigación .....	17
3.5 Diseño .....	17
3.5.1 Recolección de Datos .....	17
3.6 Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad .....	18
3.7 Operacionalización de variables.....	19
3.8 Análisis de datos.....	21
<b>CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1. Estudio de Mercado. ....</b>	<b>22</b>
<b>4.1.1. Vivienda.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.2. Educación.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.3. Salud.....</b>	<b>23</b>



4.1.4.	Recreación.....	24
4.1.5.	Servicios básicos .....	24
4.1.5.1.	Vialidad y transporte .....	24
4.1.5.2.	Telecomunicaciones .....	25
4.1.6.	Agua potable y alcantarillado .....	25
4.1.7.	Servicios municipales .....	25
4.1.7.1.	Recolección de residuos sólidos .....	25
4.1.8.	Registro civil .....	25
4.1.9.	Economía municipal.....	25
4.1.10.	Accesibilidad a la zona.....	26
4.1.11.	Tipos de vías de acceso a la comunidad.....	26
4.2.	Estudio Técnico .....	27
4.2.1.	Estudio y proyección de la población.....	27
4.2.2.	Proyección de consumo .....	28
4.2.2.1.	Dotación.....	28
4.2.3.	Dotación histórica.....	28
4.2.4.	Obras de captación.....	28
4.2.5.	Estación de bombeo.....	29
4.3.	Estudio Financiero .....	57
4.4.	Estudio Social .....	58
4.5.	Estudio Ambiental.....	61
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>69</b>
	<b>ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valoración de la muestra. ....	16
Tabla 2. Valoración de la muestra, según nivel de confianza. ....	16
Tabla 3. Instrumentación. ....	17
Tabla 4. Criterios de calidad. ....	18
Tabla 5. Tratamiento de variables por objetivo. ....	19
Tabla 6. Segmentación poblacional. ....	22
Tabla 7. Nivel de escolaridad. ....	23
Tabla 8. Morbilidad del municipio de San Lorenzo. ....	24
Tabla 9. Encuesta socioeconómica. ....	26
Tabla 10. Dotación de agua. ....	28
Tabla 11. Materiales. ....	31
Tabla 12. Selección de tuberías. ....	32
Tabla 13. Materiales de conductos. ....	33
Tabla 14. Censo poblacional. ....	39
Tabla 15. Variaciones de consumo del proyecto. ....	40
Tabla 16. Cálculo de presión por trabajo. ....	45
Tabla 17. Red de distribución. ....	45
Tabla 18. Nodos. ....	47
Tabla 19. Tamaños de tanque de filtración. ....	53
Tabla 20. Detalles de diámetros. ....	55
Tabla 21. localización de válvulas de pase por diámetro. ....	56
Tabla 22. Localizacion de valvulas de limpieza por diametro. ....	56
Tabla 23. Línea Base Ambiental. ....	61
Tabla 24. Presupuesto de ingreso de tarifa social. ....	57
Tabla 25. Flujos de beneficio del proyecto. ....	58
Tabla 26. Flujo de efectivo a precios económicos. ....	59
Tabla 27. Inversión en infraestructura. ....	72
Tabla 28. Activos diferidos. ....	73
Tabla 29. Proyección de la demanda para los próximos 20 años. ....	73
Tabla 30. Proyeccion de ingresos de tarifa social. ....	74
Tabla 31. Gastos de personal de mantenimiento. ....	75
Tabla 32. Gastos de material de mantenimiento. ....	75
Tabla 33. Costo de cloración del agua. ....	75
Tabla 34. Costo anual de operaciones. ....	76



## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO SITUACIONAL

### 1.1 Introducción

El acceso al agua potable es un derecho humano fundamental reconocido por organismos internacionales y legislaciones nacionales, siendo un elemento esencial para garantizar la salud, el bienestar y el desarrollo socioeconómico de las comunidades. En Nicaragua, a pesar de los esfuerzos institucionales por ampliar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios de abastecimiento, persisten desafíos significativos, especialmente en áreas rurales, donde la infraestructura es limitada y las fuentes de agua no siempre cumplen con los estándares de potabilidad. La comunidad El Rodeo, ubicada en el municipio de San Lorenzo, departamento de Boaco, representa un ejemplo de esta situación, ya que su sistema actual de abastecimiento resulta insuficiente para satisfacer la demanda, obligando a sus habitantes a recurrir a alternativas que no garantizan la calidad sanitaria requerida.

Ante este contexto, se planteó la evaluación de la factibilidad de implementar un sistema de abastecimiento de agua potable mediante un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), con el propósito de asegurar el suministro continuo, seguro y equitativo del recurso. Este estudio consideró de manera integral los componentes técnicos, económicos, sociales, ambientales y jurídicos, siguiendo metodologías de evaluación de proyectos reconocidas y aplicando las normativas nacionales vigentes. El enfoque buscó no solo garantizar la viabilidad técnica y financiera, sino también fomentar la participación comunitaria y la sostenibilidad a largo plazo, reduciendo la incidencia de enfermedades hídricas y mejorando la calidad de vida de la población.

La propuesta se enmarca en los principios de desarrollo sostenible, integrando criterios de eficiencia en el uso de los recursos, protección del medio ambiente y fortalecimiento de las capacidades locales para la gestión del sistema. Asimismo, se alinea con los lineamientos establecidos por el Estado nicaragüense para proyectos de inversión pública y con el marco legal que regula el aprovechamiento del recurso hídrico. De esta manera, el presente trabajo constituye un paso fundamental para transformar las condiciones actuales de abastecimiento en El Rodeo, sentando las bases para un proyecto que, además de resolver una necesidad prioritaria, promueva el desarrollo integral y la equidad social en la comunidad.



## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Realizar la prefactibilidad del proyecto, sistema de abastecimiento de agua potable a través de un MABE en la comunidad El Rodeo, municipio de San Lorenzo, departamento de Boaco.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Desarrollar un estudio de mercado mediante el diagnóstico de la situación actual determinando la demanda del servicio de agua potable en la comunidad El Rodeo.
- Efectuar un estudio técnico a través de los respectivos alcances evaluando la viabilidad de ejecución de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad El Rodeo.
- Emplear una evaluación económica y social del proyecto mediante los indicadores: VAN, TIR, R B/C, determinando su factibilidad económica.
- Evaluar el impacto ambiental del proyecto de abastecimiento de agua potable en la comunidad El Rodeo, identificando los posibles efectos negativos sobre el medio ambiente durante la ejecución del mismo.



### **1.3 Justificación**

Debido a que la comunidad El Rodeo no cuenta con una fuente de agua potable sanitariamente segura para el abastecimiento, razón por la cual hacen uso de fuentes alternas que no cumplen con los requerimientos básicos para un buen abastecimiento, estas fuentes son dos pozos públicos, uno de ellos excavado a mano del cual solo una minoría de los pobladores utilizan para beber, bañarse y lavar ropa, y el otro que está casi en abandono. Los usuarios reportan un consumo promedio entre 20 a 30 bidones de agua (equivalentes aproximadamente a 400–600 litros en total por día, es decir entre 50 y 75 litros por persona en un hogar promedio de 8 integrantes), las viviendas no cuentan con pozos excavados propios.

El proyecto tiene como propósito asegurar el acceso equitativo, regular y seguro al agua potable mediante la instalación de conexiones domiciliarias equipadas con medidores de caudal. Esto permitirá cubrir las necesidades básicas de las familias, como el consumo humano, la preparación de alimentos, la higiene personal y la limpieza del hogar. Asimismo, busca reducir la incidencia de enfermedades, mejorar las condiciones de vida, y permitir que las familias dediquen más tiempo a actividades productivas, educativas y comunitarias, contribuyendo así al desarrollo integral de la comunidad.

Además, esta propuesta se alinea con los avances impulsados por el Gobierno de Nicaragua en materia de acceso al agua potable en zonas rurales, orientados a mejorar la cobertura, fortalecer la gestión comunitaria y garantizar el derecho humano al agua. De igual manera, el proyecto responde al cumplimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, específicamente el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 6: Agua limpia y saneamiento, que busca “garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos”.

Este proyecto está dirigido a todos los habitantes de la comunidad El Rodeo, en particular a las familias que serán directamente beneficiadas con las nuevas conexiones. También tiene un impacto especial en la protección de los grupos más vulnerables, como los niños y adultos mayores, al mejorar las condiciones de salud pública y promover un entorno más seguro, digno y propicio para el desarrollo humano.



## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico presenta los conceptos, enfoques y metodologías que sustentan la evaluación de factibilidad de proyectos de abastecimiento de agua potable en comunidades rurales. Su propósito es fundamentar teóricamente los análisis de mercado, técnicos, financieros, socioeconómicos y ambientales realizados en el proyecto para la comunidad de El Rodeo, en el municipio de San Lorenzo, garantizando su pertinencia, viabilidad y sostenibilidad.

La factibilidad de un proyecto de inversión se evalúa a través de diferentes estudios que analizan su viabilidad desde diversas perspectivas. Estos estudios permiten tomar decisiones informadas sobre la conveniencia de emprender el proyecto y aseguran que los recursos se utilicen de manera eficiente y efectiva. Para el proyecto de abastecimiento de agua potable, los estudios clave incluyen el de mercado, técnico, financiero, socioeconómico y ambiental.

### 2.1 Estudio de Mercado

El estudio de mercado es la primera fase del estudio de factibilidad y tiene como objetivo fundamental determinar la demanda y oferta del bien o servicio que el proyecto busca proporcionar, así como las variables que influyen en su comportamiento (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 66). Para un proyecto de agua potable, este estudio busca entender la necesidad y disposición de la comunidad para el servicio.

Los elementos esenciales del estudio de mercado son:

#### **Análisis de la Demanda**

Implica la cuantificación de la cantidad de bienes y servicios que los consumidores estarían dispuestos a adquirir a diferentes precios y en diversas condiciones (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 77). En el caso del agua potable, la demanda es esencialmente una necesidad básica. Se debe determinar la población actual y proyectada de la comunidad El Rodeo, el consumo per cápita de agua, y cualquier factor que pueda influir en este consumo (e.g., crecimiento poblacional, cambios en hábitos). La Dirección General de Inversiones Públicas de Nicaragua (DGIP) en su "Metodología General para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública" (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, p. 4) define "Cantidad demanda potencial (CDP)" y "Consumos unitarios de la población demandante (CUP)", que son fundamentales para este análisis.

#### **Análisis de la Oferta**

Consiste en el estudio de la cantidad de bienes o servicios que los productores están en capacidad y disposición de ofrecer en el mercado a distintos precios (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 89). Para el proyecto de agua potable, esto se traduce en la disponibilidad actual de fuentes de agua en la comunidad, la calidad del agua existente, la infraestructura actual de distribución y su capacidad de cobertura. Se debe evaluar la oferta "sin proyecto" (optimización del servicio actual) versus la oferta "con proyecto", buscando el balance entre ambas (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, p. 25).



### **Análisis de la Comercialización**

Aunque el agua potable es un servicio esencial y no un producto comercial en el sentido tradicional, el análisis de comercialización se refiere a la estrategia de distribución y acceso. Esto incluye la definición de la tarifa del servicio, los mecanismos de cobro, la administración del sistema y la comunicación con los usuarios. Sapag Chain y Sapag Chain (2008) enfatizan que el estudio de la comercialización ayuda a definir "la estrategia más adecuada para hacer llegar el producto o servicio al consumidor" (p. 66).

### **Análisis del Medio**

Involucra la evaluación de factores externos que pueden influir en el mercado del proyecto, tales como variables económicas (ingreso de la población), socioculturales (hábitos de consumo de agua, participación comunitaria), tecnológicas (nuevas formas de potabilización), y político-legales (regulaciones sobre el agua, políticas públicas) (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 101). Estas variables, aunque incontrolables, pueden representar oportunidades o amenazas para el proyecto.

## **2.2 Estudio Técnico**

El estudio técnico, o estudio de ingeniería, es la base para cuantificar las inversiones, costos e ingresos de operación del proyecto, permitiendo seleccionar la alternativa más viable desde el punto de vista técnico (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 183). Para el proyecto de sistema de abastecimiento de agua potable a través de un MABE en la comunidad El Rodeo, este estudio es fundamental para el diseño y dimensionamiento preciso de la infraestructura, asegurando su funcionalidad, eficiencia y cumplimiento normativo.

Las "Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003-99)" del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) son la directriz principal para este estudio, estableciendo los parámetros de diseño actualizados para sistemas de abastecimiento de agua (INAA, 1999, Prólogo).

Además, la actualización normativa más reciente está contenida en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 05 014-19, que establece los requisitos de calidad del agua potable en cuanto a parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Esta norma sustituye a la de 1999 y constituye el referente oficial para el diseño y operación de sistemas de abastecimiento de agua potable, obligando a garantizar que el agua suministrada cumpla con los límites permisibles establecidos para el consumo humano (INAA, 2019)

### **Proceso de Prestación del Servicio**

Componentes y Diseño según NTON 09 003-99 El proceso para un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) implica diversas etapas que deben diseñarse de acuerdo con la normativa vigente para asegurar la calidad y cantidad del agua suministrada.



## **Proyección de Población y Dotación (NTON 09 003-99, Sección I y III)**

### **Consideraciones Generales**

Las NTON establecen que el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable se basará en la población futura del área de servicio (INAA, 1999, p. 3). Se deben utilizar métodos de cálculo de proyección de población como el aritmético, geométrico o de tasas de crecimiento, según la disponibilidad de datos y las características de la comunidad (INAA, 1999, Sección 1.3).

### **Período de Diseño**

El período de diseño para la población futura y las estructuras principales (captación, línea de impulsión, tanques) debe ser consistentemente determinado, generalmente entre 15 a 20 años para sistemas rurales.

### **Dotación (Consumo Unitario)**

Las NTON definen la dotación como la cantidad de agua por habitante por día. Para comunidades rurales como El Rodeo, se deben aplicar las dotaciones específicas que las NTON establecen según el tamaño de la población (INAA, 1999, Sección III). Por ejemplo, para poblaciones entre 1,000 y 5,000 habitantes, la dotación puede oscilar entre 80 y 100 litros por habitante por día (L/hab/día). Esta dotación se utilizará para calcular el caudal medio de diseño ( $Q_{md}$ ) y los caudales máximos diarios ( $Q_{md}$ ) y horarios ( $Q_{mh}$ ), fundamentales para el dimensionamiento.

## **Captación y Fuentes de Agua (NTON 09 003-99, Sección V)**

### **Estudio y Selección de la Fuente**

Las NTON clasifican las fuentes de abastecimiento en superficiales y subterráneas (INAA, 1999, Sección V). Dado que se trata de un MABE, la fuente será subterránea (pozo perforado). Se requiere un estudio hidrogeológico detallado para evaluar el potencial del acuífero, determinar la ubicación óptima del pozo, la profundidad y el caudal explotable.

### **Diseño del Pozo**

Incluye la especificación del diámetro, la profundidad, el tipo de ademe, el diseño del filtro (grava y arena), y el sello sanitario para proteger el acuífero de la contaminación (INAA, 1999, Sección V.4.1). Se deben realizar pruebas de bombeo para determinar el rendimiento del pozo y el abatimiento del nivel freático.

## **Estación de Bombeo (NTON 09 003-99, Sección VI)**

### **Selección de la Bomba**

La NTON establece criterios para la selección de bombas, considerando el caudal requerido ( $Q_{md}$  o  $Q_{mh}$ , según el tipo de impulsión), la altura dinámica total (sumatoria de la altura geométrica, pérdidas por fricción y presión residual necesaria), y la eficiencia del equipo (INAA, 1999, Sección VI). Para un MABE, se seleccionará una bomba sumergible, que requiere menos espacio y mantenimiento superficial.



### **Diseño de la Caseta de Bombeo**

Debe albergar la bomba, el panel de control eléctrico, equipos de protección y monitoreo. La NTON especifica requisitos de ventilación, seguridad y espacio de maniobra.

### **Línea de Impulsión (NTON 09 003-99, Sección VII)**

#### **Dimensionamiento**

Se debe calcular el diámetro óptimo de la tubería para la impulsión del agua desde el pozo hasta el tanque de almacenamiento. La NTON recomienda velocidades máximas y mínimas, y exige el cálculo de pérdidas de carga por fricción para minimizar el consumo energético del bombeo (INAA, 1999, Sección VII). Los materiales de la tubería deben cumplir con estándares de calidad para agua potable (ej., PVC, HDPE).

#### **Elementos Adicionales**

Incluye la instalación de válvulas de retención, ventosas, desagües y piezas especiales, siguiendo las indicaciones normativas para la protección de la línea.

### **Tanques de Almacenamiento (NTON 09 003-99, Sección VIII)**

#### **Determinación de Volúmenes**

Las NTON especifican que el volumen del tanque debe ser suficiente para compensar las variaciones de consumo horario, garantizar la continuidad del servicio durante interrupciones temporales del bombeo, y proveer un volumen de reserva para incendios o emergencias (INAA, 1999, Sección VIII.1). Se calcula el volumen de regulación, el volumen de emergencia y el volumen de reserva para obtener el volumen total.

#### **Diseño Estructural y Ubicación**

La ubicación del tanque debe ser en un punto topográficamente elevado para asegurar la presión adecuada por gravedad en toda la red de distribución. Las NTON proveen especificaciones para los materiales (concreto, acero) y los elementos de diseño como entradas, salidas, vertederos, ventilación y desagüe (INAA, 1999, Sección VIII.2).

### **Red de Distribución (NTON 09 003-99, Sección IX)**

#### **Trazado y Dimensionamiento**

El diseño debe considerar la topografía de la comunidad El Rodeo, el patrón de asentamiento de las viviendas y la ubicación del tanque. Las NTON especifican los diámetros mínimos de tubería para las redes secundarias (generalmente 2 pulgadas) y los criterios de presión mínima y máxima en la red (INAA, 1999, Sección IX). Se deben realizar cálculos hidráulicos para asegurar que las presiones y caudales sean adecuados en todos los puntos de consumo.



## **Elementos de la Red**

Incluye la ubicación de válvulas de seccionamiento, hidrantes (si aplica), ventosas, purgas y conexiones domiciliarias, siguiendo las distancias y especificaciones normativas.

## **Sistemas de Potabilización (NTON 09 003-99, Sección X)**

### **Calidad del Agua Cruda**

Las NTON establecen la importancia de un análisis físico-químico y bacteriológico completo de la fuente de agua (INAA, 1999, Sección X). Si los resultados indican que el agua cruda no cumple con las normas de potabilidad (ej. presencia de coliformes, turbidez elevada), el sistema debe incluir un proceso de potabilización.

### **Tratamiento Básico**

Para comunidades rurales, el tratamiento más común es la desinfección, generalmente mediante cloración. Las NTON especifican los parámetros de dosificación y el tiempo de contacto para asegurar la eliminación de microorganismos patógenos (INAA, 1999, Sección X.4). Otros procesos como la filtración (ej. filtros lentos de arena) pueden ser necesarios si la turbidez o color del agua cruda lo requieren.

### **Tamaño del Proyecto**

El tamaño del proyecto del MABE se determinará por el caudal de diseño ( $Q_{md}$  o  $Q_{mh}$ ) necesario para satisfacer la demanda de agua potable de la comunidad El Rodeo, considerando la población proyectada para el horizonte de diseño y la dotación establecida en las NTON. Esto se traduce en la capacidad de la bomba, el volumen del tanque y el diámetro de las tuberías. Un dimensionamiento adecuado evita sobredimensionamiento (costos innecesarios) o subdimensionamiento (incapacidad de satisfacer la demanda).

### **Localización del Proyecto**

La micro-localización es un aspecto crítico. Requiere la selección del punto exacto para la perforación del pozo (basado en estudios hidrogeológicos), la construcción del tanque elevado y la caseta del sistema de bombeo. La elección de estos puntos debe basarse en levantamientos topográficos detallados que permitan un diseño eficiente, minimizando la altura de impulsión (reduciendo costos de bombeo) y maximizando la distribución por gravedad. La topografía de El Rodeo será un factor determinante en el trazado de la red de distribución para asegurar presiones adecuadas en todas las viviendas.

### **Tecnología**

La selección de la tecnología adecuada para el MABE y el sistema de potabilización (si necesario) es vital. Implica evaluar distintas opciones de bombas sumergibles (según la curva característica del pozo), tipos de paneles de control eléctrico, y los materiales de las tuberías (PVC, HDPE). La elección de una bomba eléctrica implica la necesidad de una conexión confiable a la red de energía. En zonas rurales con acceso limitado a energía eléctrica, también se podría considerar una solución de bombeo con energía solar fotovoltaica, lo cual requeriría un análisis técnico-económico comparativo. La tecnología seleccionada debe ser robusta, de fácil operación y mantenimiento, y compatible con las capacidades técnicas de la comunidad local. Las NTON, aunque son de 1999, proporcionan las bases para la selección tecnológica adecuada para cada componente del sistema.



### **2.3 Estudio Financiero**

El estudio financiero es crucial para determinar la viabilidad económica del proyecto desde una perspectiva privada o institucional, cuantificando los costos de inversión, operación e ingresos esperados (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 267).

Los componentes clave del estudio financiero son:

#### **Estructura de Inversiones**

Incluye la cuantificación de las inversiones fijas (terrenos, obras civiles, equipos, maquinaria), inversiones diferidas (gastos de organización, estudios, capacitación) y el capital de trabajo necesario para la operación inicial (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 273).

#### **Estimación de Costos y Gastos**

Se deben identificar y proyectar todos los costos asociados a la operación del sistema, como costos de energía para el bombeo, químicos para potabilización, mano de obra para operación y mantenimiento, repuestos, depreciación y amortización, y gastos administrativos (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 288). La "Metodología General" del Ministerio de Hacienda y Crédito Público ([fecha de publicación no visible]) también hace referencia a "costos de reconstrucción y rehabilitación (CRR)" (p. 4), que deben ser considerados para el mantenimiento a largo plazo.

#### **Proyección de Ingresos**

Para un sistema de agua potable, los ingresos provendrán principalmente de la tarifa que los usuarios pagarán por el servicio. Es fundamental establecer una estructura tarifaria que cubra los costos de operación y mantenimiento y, si es posible, contribuya a la inversión, sin dejar de ser asequible para la comunidad (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 278).

#### **Construcción de Flujos de Caja (o Flujos de Fondos)**

Se elaboran proyecciones anuales de los ingresos y egresos de efectivo del proyecto durante su horizonte de evaluación. Estos flujos de caja son la base para la evaluación económica y financiera (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 308).

#### **Evaluación Financiera**

Se utilizan criterios de evaluación como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Razón Beneficio/Costo (B/C). El VAN mide el valor presente de los flujos netos de caja del proyecto descontados a una tasa determinada. La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero, indicando la rentabilidad intrínseca del proyecto (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 323, 336). La "Guía del PMBOK" (Project Management Institute, 2021) también menciona el "Valor Actual Neto (NPV)" como un método para evaluar la inversión (p. 102, 175) y el análisis de valor ganado (EV) y la variación del costo (CV) como herramientas para la medición del desempeño del proyecto (p. 100, 101).



## **2.4 Estudio Socioeconómico (o Social)**

La evaluación social de proyectos busca medir el impacto de una inversión sobre el bienestar global de la comunidad o sociedad en su conjunto, a diferencia de la evaluación financiera que se enfoca en la rentabilidad para el inversionista (Fontaine, 2008, p. 4). Para un proyecto de agua potable, este estudio es de suma importancia, ya que aborda una necesidad básica y tiene un impacto directo en la salud y calidad de vida.

Elementos fundamentales del estudio socioeconómico son:

### **Identificación y Cuantificación de Beneficios Sociales**

Los beneficios sociales de un sistema de agua potable son variados y a menudo exceden los beneficios privados. Incluyen la mejora de la salud pública (reducción de enfermedades hídricas), el aumento de la productividad laboral y escolar, el ahorro de tiempo y esfuerzo en la recolección de agua, la dignificación de la vida, y la reducción de la mortalidad infantil (Fontaine, 2008, p. 24). Estos beneficios deben ser valorados monetariamente, incluso si no tienen un precio de mercado explícito, utilizando metodologías de valoración social (Fontaine, 2008, p. 119).

### **Identificación y Cuantificación de Costos Sociales**

Además de los costos de inversión y operación desde una perspectiva financiera, se deben considerar los costos sociales. Estos pueden incluir la reasignación de recursos escasos para el proyecto, el impacto sobre otras actividades económicas locales (ej. si la fuente de agua afecta a la agricultura), o la necesidad de reubicar personas si fuera el caso. Los costos sociales difieren de los privados principalmente por la inclusión de externalidades y el uso de precios sombra (Fontaine, 2008, p. 119).

### **Análisis de Externalidades**

Son los efectos indirectos del proyecto sobre terceros que no participan en la producción o consumo del bien o servicio, y que no se reflejan en los precios de mercado (Fontaine, 2008, p. 26). En un proyecto de agua potable, una externalidad positiva es la mejora de la higiene comunitaria, mientras que una negativa podría ser el agotamiento de una fuente de agua compartida sin compensación. La "Metodología General" (Ministerio de Hacienda y Crédito Público) enfatiza la importancia de la "evaluación social de proyectos de inversión pública" (p. 97).

### **Precios Sociales o Sombra**

Para la evaluación social, los precios de mercado pueden no reflejar el verdadero costo o valor para la sociedad debido a distorsiones como impuestos, subsidios o monopolios. Por lo tanto, se utilizan precios sociales o sombra para valorar los insumos y productos, reflejando su verdadero costo de oportunidad para la economía (Fontaine, 2008, p. 119). Esto se aplica también a la "tasa social de descuento" utilizada para valorar los flujos de beneficios y costos a lo largo del tiempo (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008, p. 420).



## **2.5 Estudio Ambiental**

El estudio ambiental evalúa los posibles impactos del proyecto sobre el medio ambiente y los recursos naturales, identificando medidas para mitigar los efectos negativos y potenciar los positivos. Aunque los documentos proporcionados tocan este tema de forma transversal, su importancia es reconocida en la evaluación de proyectos de inversión, especialmente aquellos relacionados con recursos hídricos.

Aspectos clave del estudio ambiental son:

### **Identificación de Impactos Ambientales**

Se analizan los efectos potenciales del sistema de abastecimiento de agua sobre los componentes ambientales, tales como:

#### **Recurso Hídrico**

Impacto en la cantidad y calidad de la fuente de agua (acuífero o cuerpo de agua superficial), la generación de aguas residuales del tratamiento o del uso doméstico.

#### **Suelo**

Alteración del uso del suelo por la construcción de infraestructura (captación, tanques, redes), erosión.

#### **Biodiversidad**

Posible afectación de la flora y fauna local por la intervención en el ecosistema.

#### **Aire**

Emisiones de gases si el bombeo utiliza motores de combustión interna, aunque un MABE con bombeo eléctrico reduce este impacto.

### **Medidas de Mitigación y Compensación**

Proponer acciones para prevenir, reducir, corregir o compensar los impactos ambientales negativos identificados. Esto podría incluir la gestión adecuada de residuos del tratamiento, la reforestación, el diseño de infraestructura que minimice la alteración del paisaje, y planes de contingencia para derrames o fallas (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, p. 97, menciona "conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo", lo cual tangencialmente se relaciona con la prevención de impactos).

### **Cumplimiento Normativo**

Verificación de que el proyecto cumple con las leyes, reglamentos y normativas ambientales vigentes a nivel nacional y local en Nicaragua (e.g., permisos de uso de agua, licencias ambientales).

### **Valoración Ambiental**

Los impactos ambientales, tanto positivos como negativos, pueden ser considerados como externalidades en el estudio socioeconómico, buscando cuantificar su costo o beneficio para la sociedad. Por ejemplo, la contaminación del agua es un costo social, mientras que la preservación de la calidad del agua es un beneficio.



El Decreto No. 20-2017, que establece el Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales en Nicaragua, es un instrumento normativo esencial para la viabilidad de proyectos que, como el propuesto sistema de abastecimiento de agua potable mediante un MABE en la comunidad El Rodeo, implican la intervención sobre recursos naturales.

Este sistema legal provee un marco administrativo y técnico que regula el otorgamiento de permisos ambientales, garantizando que el desarrollo de iniciativas de infraestructura se realice de forma responsable y sostenible (Alvarado y Asociados, 2017).

Una de las principales implicaciones del Decreto 20-2017 para este proyecto radica en la categorización ambiental del mismo. De acuerdo con lo establecido, todos los proyectos deben ser clasificados en función de su nivel de impacto ambiental, lo cual determina los requisitos documentales y evaluativos exigidos por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).

En este sentido, el sistema de abastecimiento propuesto podría clasificarse en la Categoría IV (bajo impacto) si su construcción y operación generan una alteración mínima del entorno natural, o en Categoría V si se considera un sistema novedoso o experimental, como en el caso del uso de tecnologías alternativas o enfoques comunitarios innovadores (MARENA, 2017).

En función de dicha categorización, el proyecto estaría sujeto a la presentación de una declaración notarial de compromiso ambiental o un programa de gestión ambiental simplificado, en lugar de un estudio de impacto ambiental completo. Esto representa una ventaja operativa y temporal, ya que los plazos de resolución para proyectos de Categoría IV y V oscilan entre 15 y 30 días hábiles, lo que contribuye a una planificación más eficiente (Alvarado y Asociados, 2017).

Por otro lado, el decreto promueve activamente los principios de participación ciudadana, inclusión proactiva y responsabilidad compartida, lo cual es especialmente pertinente en el contexto comunitario del proyecto. La aplicación de estos principios exige la realización de consultas locales, la transparencia en la toma de decisiones, y la articulación con actores comunitarios clave. Esto refuerza el componente social del estudio de factibilidad, ya que el éxito del proyecto dependerá no solo de su viabilidad técnica y financiera, sino también de su aceptación y sostenibilidad a nivel local (MARENA, 2017).

Asimismo, el principio de conectividad ecológica, también contemplado en el decreto, cobra relevancia cuando se planifica la captación de agua, el trazo de las redes de distribución y la protección de fuentes hídricas. Se espera que los proyectos integren medidas para conservar los corredores ecológicos y evitar la fragmentación de ecosistemas, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental del territorio intervenido (MARENA, 2017).

Finalmente, al alinearse con el marco regulatorio del Decreto 20-2017, el proyecto podrá contar con mayor respaldo institucional y legitimidad frente a actores como el MARENA, gobiernos locales y organismos cooperantes. Esto es clave para facilitar la gestión de financiamiento y alianzas estratégicas.



## 2.6 Marco Jurídico

El marco jurídico define el entorno legal y normativo dentro del cual el proyecto debe ser concebido, ejecutado y operado. Para un proyecto de agua potable en Nicaragua, es esencial demostrar que el proyecto cumple con las leyes y regulaciones que rigen el recurso hídrico y la prestación de servicios.

Las principales normativas a considerar son:

### **Ley General de Aguas Nacionales (Ley No. 620).**

La Ley General de Aguas Nacionales (Ley No. 620), aprobada en 2007, establece que el agua es patrimonio de la Nación y que su gestión corresponde al Estado, evitando su privatización (La Gaceta, 2007). Para un proyecto de Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), que contempla la extracción de agua subterránea a través de un pozo, es obligatorio solicitar una concesión de uso de agua ante la Autoridad Nacional del Agua (ANA), lo cual implica demostrar la legalidad del aprovechamiento y el uso sostenible del recurso. Asimismo, esta ley establece franjas de protección de 30 metros a cada lado del borde de cauces de ríos y cuerpos de agua (Art. 9), las cuales deben ser consideradas en la ubicación y diseño de la infraestructura del sistema.

Por otro lado, el Decreto No. 20-2017, que regula el Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales en Nicaragua, constituye un instrumento clave para la viabilidad ambiental y legal del proyecto (MARENA, 2017). Dicho decreto establece la obligación de categorizar los proyectos según su nivel de impacto ambiental, lo que determina los requisitos que deben presentarse ante el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), como declaraciones de compromiso ambiental, programas de gestión o estudios de impacto ambiental, dependiendo del nivel de intervención. Este procedimiento garantiza que la ejecución del proyecto se realice de forma responsable y sostenible, incorporando medidas de prevención y mitigación de impactos.

A su vez, la Ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (Decreto No. 123, 1979) sigue siendo la base institucional para el sector, ya que define el marco regulador de la prestación de los servicios de agua y alcantarillado en el país (La Gaceta, 1979). En la práctica, la gestión del agua en las áreas rurales ha sido delegada a los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), los cuales son organizaciones comunitarias que administran, operan y mantienen los sistemas de agua potable a nivel local.

En este sentido, resulta indispensable considerar la Ley Especial de Comités de Agua Potable y Saneamiento (Ley No. 722), aprobada en 2010, la cual reconoce legalmente a los CAPS, les otorga personalidad jurídica y establece su constitución, organización interna, atribuciones y obligaciones, así como los mecanismos de articulación con las instituciones del Estado (La Gaceta, 2010). Esta ley constituye el marco legal para la conformación o fortalecimiento del CAPS de la comunidad El Rodeo, asegurando que su funcionamiento esté respaldado por la normativa nacional y que cuente con las capacidades para garantizar la sostenibilidad del sistema propuesto.

Finalmente, para los proyectos que aspiren a financiamiento público o que se desarrollen en el marco de la inversión estatal, es necesario cumplir con la “Metodología General para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública” elaborada por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (s.f.), la cual establece los lineamientos técnicos y procedimentales para formular, evaluar y registrar proyectos de inversión pública. Este marco metodológico asegura la coherencia del proyecto con las prioridades de desarrollo del Estado nicaragüense y constituye una guía esencial para su formulación y presentación ante las instancias competentes.



En conjunto, este marco normativo brinda la base legal necesaria para la ejecución del proyecto, asegurando que la captación, distribución y gestión comunitaria del agua potable se desarrollen de forma sostenible, regulada y en beneficio de la población.

### **Marco de Inversión Pública**

La "Metodología General para la Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública" (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, s.f.) es el documento rector para proyectos que busquen financiamiento público. Este marco es fundamental para estructurar la propuesta de tesis como un proyecto viable para el Estado nicaragüense, detallando los estudios de preinversión requeridos, los criterios de evaluación y el proceso de formulación.

## CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1 Área de localización del estudio

La comunidad El Rodeo está ubicada en el kilómetro 91.5 carretera Managua-El Rama, ½ kilómetro hacia el este. Ubicado entre las coordenadas X: 12.337346 y Y: -85.643262. Km 90 a como se aprecia en la figura 1.

**Figura 1**

*Localización*



Sus límites son:

Norte: comunidad El Carrizal.

Sur: comunidad La Ranera.

Este: comunidad Los Potrerillos.

Oeste: comunidad Los Cocos.

### 3.2 Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o período

El estudio es del tipo descriptivo, con un enfoque mixto y de corte transversal. Se define descriptivo, ya que aborda todas las características necesarias para la propuesta de implementación del MABE en la comunidad El Rodeo. Su enfoque es mixto, debido que, a nivel cuantitativo, se valorará a través de parámetros numéricos y estadísticos, la factibilidad técnica, financiera y ambiental del mismo. Y abordará el aspecto cualitativo, debido a que se valorará el nivel de aceptación y adaptación de los pobladores de la comunidad El Rodeo, ante la implementación de este sistema de agua potable.

Este estudio es de corte transversal, valorando su incidencia en los próximos veinte años.



### 3.3 Población, muestra

La población de estudio son todos los habitantes de la comunidad de El Rodeo, en San Lorenzo.

#### 3.3.1 Tipo de muestra y muestreo

A raíz de que se cuenta con una población finita, se calcula el tamaño de muestra, bajo distintos parámetros del porcentaje de error, representados en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Valoración de la muestra.*

Descripción	Símbolo	Valor
Nivel de confianza	Z	1.96
Probabilidades complementarias	p, q	0.5
Cantidad de habitantes	n	1289
<b>Fórmula de Munch y Ángeles</b>		
$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 + Z^2 * p * q}$		
Se considera valoras los niveles de confianza del tamaño de la muestra, fundamentados en la Tabla 2.		

**Tabla 2.**

*Valoración de la muestra, según nivel de confianza.*

No. Encuestas	5%	6%	7%	8%	9%	10%
	385.12	267.74	196.96	151.02	119.53	97.00

Por lo cual se valorará a 386 personas como muestras válidas para este estudio



### 3.4 Técnicas e instrumentos de la investigación

A partir de la definición de las técnicas de recolección de datos, se plantea su tratamiento en la Tabla 3

**Tabla 3.**

*Instrumentación.*

Técnica	Instrumento	Validación	Unidad de Muestreo
Encuestas	Cuestionario estructurado	Piloto de encuestas; Triangulación de datos	Hogares en la comunidad El Rodeo
Observación directa	Lista de verificación; Registro fotográfico	Comparación con datos de encuestas y entrevistas	Infraestructura existente y terrenos identificados
Análisis estadístico	Excel	Revisión cruzada de cálculos	Datos obtenidos de encuestas

### 3.5 Diseño

#### 3.5.1 Recolección de Datos

Se implementarán encuestas a la muestra definida, además de la corroboración de lo obtenido a través de la información; para luego establecer los análisis respectivos (tanto cuantitativo, como cualitativo)



### 3.6 Criterios de calidad: credibilidad, confiabilidad

**Tabla 4.**

*Criterios de calidad.*

<b>Criterio</b>	<b>Definición</b>	<b>Medidas Implementadas</b>
<b>Credibilidad</b>	Refleja la precisión de los datos obtenidos en relación con la realidad de la comunidad de El Rodeo.	Diseño riguroso de los instrumentos validado por la metodología del SNIP
<b>Confiabilidad</b>	Garantiza la consistencia y estabilidad de los datos recolectados a lo largo del tiempo.	



### 3.7 Operacionalización de variables

A continuación, se presenta los elementos considerados fundamentales para el cumplimiento de los objetivos de estudio (ver Tabla 5).

**Tabla 5.**

*Tratamiento de variables por objetivo*

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Variable</b>	<b>Tipo</b>	<b>Definición</b>	<b>Indicador</b>
<b>1. Desarrollar un estudio de mercado mediante el diagnóstico de la situación actual, determinando la demanda del servicio de agua potable en la comunidad El Rodeo.</b>	Demanda de agua potable	Cuantitativa	Cantidad de hogares que requieren acceso a agua potable en la comunidad.	Porcentaje de hogares con necesidad del servicio.
	Capacidad de pago	Cuantitativa	Capacidad económica de los hogares para costear el servicio de agua potable.	Parámetros determinados por el SNIP
	Satisfacción actual	Cualitativa	Nivel de satisfacción de los hogares con las soluciones actuales de abastecimiento de agua.	Porcentaje de encuestados insatisfechos.
<b>2. Efectuar un estudio técnico a través de los respectivos alcances, evaluando la viabilidad de ejecución de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad El Rodeo.</b>	Viabilidad técnica	Cuantitativa	Factibilidad de instalar un sistema MABE basado en las condiciones geográficas y técnicas.	Porcentaje de cumplimiento de requisitos técnicos.
	Disponibilidad de recursos	Cuantitativa	Acceso a materiales, mano de obra y financiamiento para la construcción del sistema.	Porcentaje de recursos disponibles versus requeridos.



<b>3. Emplear una evaluación económica y social del proyecto mediante los indicadores: VAN, TIR, R B/C, determinando su factibilidad económica.</b>	Rentabilidad financiera	Cuantitativa	Relación entre beneficios y costos del proyecto.	Valor del VAN, TIR, R B/C.
	Impacto social	Cuantitativa	Costo o valor para la sociedad debido a distorsiones como impuestos, subsidios o monopolios	TIRE, VANE
<b>4. Evaluar el impacto ambiental del proyecto de abastecimiento de agua potable en la comunidad El Rodeo, identificando los posibles efectos negativos sobre el medio ambiente durante la ejecución del mismo.</b>	Impacto ambiental	Cuantitativa/Cualitativa	Identificación y mitigación de efectos negativos del proyecto sobre el medio ambiente.	Resultados de la matriz de Leopold
	Aceptación ambiental	Cualitativa	Percepción comunitaria sobre los beneficios ambientales del proyecto.	Porcentaje de apoyo comunitario al proyecto ambiental.



### 3.8 Análisis de datos

Apoyados directamente de la operacionalización de variables, se dispone a aplicar cada elemento declarado como indicador, que, a su vez, se define por sí mismo como un instrumento aplicado con los cuales se establecerá resultados cotejables con los parámetros estándares establecidos.



## CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO

### 4.1. Estudio de Mercado.

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.

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, Pedernal, 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 1289 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 C\$ 5,800.00.

**Tabla 6.**

*Segmentación poblacional*

<b>Población</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Niños</b>	<b>Total</b>
Comarca	535	421	333	1289
Población Objetivo	535	421	333	1289



#### 4.1.1. 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.

#### 4.1.2. 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.

Se puede detallar a fondo el comportamiento educativo en la siguiente tabla

**Tabla 7.**

*Nivel de escolaridad*

Nivel de escolaridad	% de escolaridad
Primaria	25.80
Algún grado de primaria	38.70
No curso ningún grado	35.50

#### 4.1.3. 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 Chiquitos, Programa Todos con Voz y Operación Milagro.

El comportamiento de las enfermedades en lo ultimas estadística recolectadas se presentan a continuación:



**Tabla 8.**

*Morbilidad del municipio de San Lorenzo*

<b>Enfermedades epidémicas</b>				
En los años 2022,2023 y 2024 las enfermedades epidémicas más frecuentes en el municipio fueron:				
	<b>Año</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>
<b>No.</b>	<b>Enfermedad</b>	<b>Casos</b>	<b>Casos</b>	<b>Casos</b>
1	Leishmaniosis	9	12	10
2	Dengue	6	19	22
3	Malaria Vivax	0	0	0
4	Chikungunya	0	2	3
5	Zika	0	0	0
6	Malaria Falciparum	0	0	0
7	Hepatitis A	16	10	2
8	Leptospirosis	2	0	1
9	Enfermedad de Chagas	1	1	1
10	Tuberculosis	0	0	0
<b>Fuente: Sistema de información de Vigilancia Epidemiológica</b>				

#### **4.1.4. Recreación**

La principal recreación de los habitantes de este municipio es el juego de béisbol, 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.

#### **4.1.5. Servicios básicos**

##### **4.1.5.1. 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.

#### **4.1.5.2. Telecomunicaciones**

Los servicios de telefonía, convencional, celular, internet y TV por cable son prestados por TELCOR, la empresa CLARO y empresa TIGO. 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 TIGO.

#### **4.1.6. 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.

#### **4.1.7. Servicios municipales**

##### **4.1.7.1. 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.

#### **4.1.8. 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.

#### **4.1.9. 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.

Podemos referenciar de manera más clara, a través de la siguiente tabla:

**Tabla 9.**

*Encuesta socioeconómica*

Ingreso								
Descripción	La familia gana menos de C\$500 al mes	La familia gana entre C\$500 y C\$1000 al mes	La familia gana más de C\$1000 al mes	¿Cuántos tienen empleos permanentes?	¿Cuántos tienen empleos temporales?	¿Cuántos niños trabajan?	¿Cuántos adultos trabajan?	¿Cuántas personas están en otro país?
148	15	19	40	17	157	21	153	82
Totales	74			174		256		
Porcentaje	20.27 %	25.68 %	54.05 %	9.77%	90.23%	8.20%	59.77%	32.03%

#### **4.1.10. Accesibilidad a la zona.**

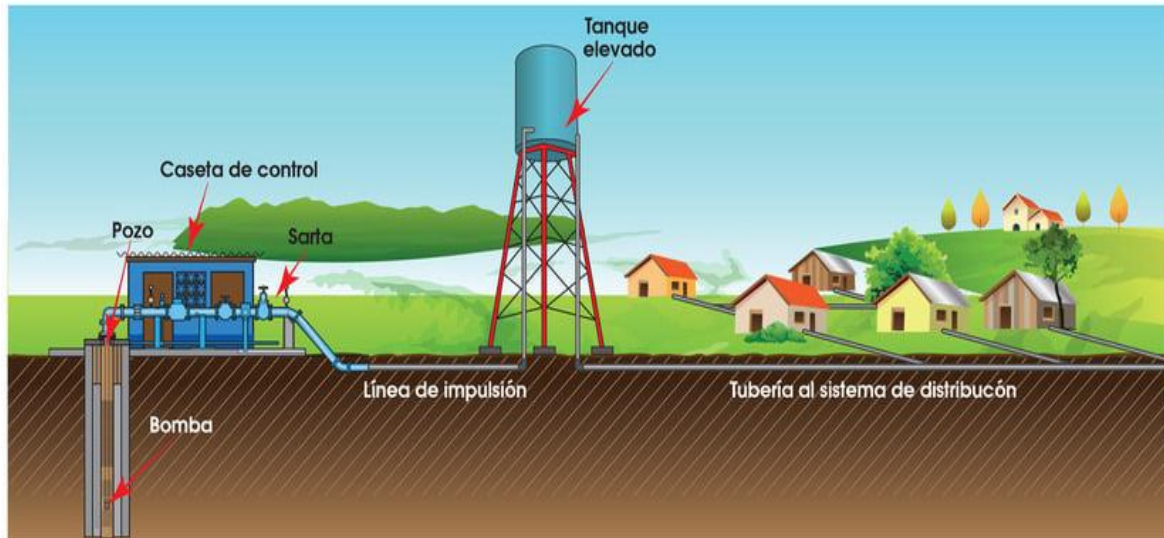
La distancia de la capital a la cabecera departamental dista a 88 Km, municipal es de 89 Km., y la comarca de 92 Km. El tiempo en horas de Managua al a comunidad El Rodeo es de 2 horas aproximadamente.

#### **4.1.11. 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.

## 4.2. Estudio Técnico

Con base en la información demográfica proporcionada por el censo municipal de San Lorenzo y los estudios previos, se aplicarán los criterios de diseño estipulados en las Normas Técnicas NTON 09003-99 del INAA, autoridad reguladora en agua potable y saneamiento. Los lineamientos empleados son los siguientes. De manera ilustrativa, se mostrará el comportamiento de la opción tomada para beneficio de la comunidad.



Conozca mejor el Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE). Emplea una bomba eléctrica para impulsar el agua desde un pozo a menor altura que la comunidad, hasta el tanque de almacenamiento en un lugar más alto.

Es importante entender, que, a nivel general, esta figura representa un esquema del comportamiento de la instalación propuesta, donde a partir de una bomba instalada cerca del pozo de agua, se extraerá el agua que será impulsada hacia un tanque colocado en el punto más alto de la zona; para luego proporcionar el agua la red central de distribución, por vía de la gravedad.

### 4.2.1. Estudio y proyección de la población

Se estableció la población objetivo del diseño a partir de proyecciones que utilizaron la tasa de crecimiento rural de El Rodeo, proporcionada por la alcaldía. Para este análisis se optó por el método geométrico, ampliamente utilizado en el país, ideal para comunidades con bajo desarrollo urbano como El Rodeo. Este método requiere calcular el ritmo de crecimiento ( $rg$ ), a partir de datos censales.

$$rg = \left[ \left( \frac{pf}{po} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100$$

Según las normas rurales del INAA, la tasa de crecimiento no puede superar el 4% ni ser menor al 2.5%; si el promedio es inferior, se debe asumir el mínimo establecido de 2.5%.



$$P = P_2 * (1 + rg)$$

**Donde:**

**P:** Población futura

**P2:** Población actual

**Rg=**Tas de crecimiento geométrico.

#### 4.2.2. Proyección de consumo

##### 4.2.2.1. Dotación

Se asignó un consumo per cápita de 75 litros por persona al día (lppd), acorde con la normativa NTON 09002-99 para zonas rurales. El cálculo del caudal de diseño se basó en estas normas, tomando en cuenta el tipo de consumo y la proyección poblacional para los próximos 20 años.

Dado que la población proyectada para 2039 no superará los 5,000 habitantes, no se incluyó volumen para hidrantes o incendios, conforme a la normativa vigente. Las dotaciones están reflejadas en la siguiente tabla:

**Tabla 10.**

*Dotación de agua*

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

#### 4.2.3. Dotación histórica

$$Dotacion\ historica = \frac{Consumo\ facturado}{Poblacion\ conectada}$$

$$Poblacion\ conectada = (Número\ de\ conexiones) * (indice\ habitacional)$$

Aunque se realizó un cálculo de dotación, se empleó el valor estándar de 75 lppd recomendado por el INAA, ya que el valor obtenido fue inferior.

#### 4.2.4. Obras de captación

Se reutilizó un pozo perforado de 55 metros de profundidad, ubicado en el sector sur de la comunidad El Rodeo, el cual se encuentra en operación.



#### **4.2.5. Estación de bombeo**

En la selección de equipos de bombeo se consideraron las características de la fuente, la localización del tanque, el diseño de la red y la demanda de agua.

##### **4.2.5.1. Características de la succión.**

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

##### **4.2.5.2. Tubería de descarga**

El cálculo del diámetro de descarga se hizo con base en un análisis técnico-económico, inicialmente empleando la fórmula de Bresse, considerando velocidades entre 0.60 y 1.5 m/s, con un máximo de 2 m/s.

##### **4.2.5.3. Carga total dinámica**

La carga total dinámica se estimó tomando en cuenta condiciones de operación y pérdidas por fricción y accesorios.

##### **4.2.5.4. Potencia requerida**

Se calculó la potencia neta necesaria para la bomba mediante:

$$Pb = \frac{Q * CTD}{3600 * eb * em}$$

Donde:

Pb: Potencia neta de la bomba (HP)

Q: Caudal de bombeo (gpm)

CTD: Carga total dinámica

Eb\*em: Eficiencia del equipo de bombeo

##### **4.2.5.5. Nivel de bombeo**

$$Nb = NEA + Variaciones Estacionales$$

NEA: Nivel freático

#### **4.2.6. Línea de conducción por bombeo**

#### **4.2.7. Caudal de diseño**

El sistema se diseñó para satisfacer la demanda máxima diaria prevista al final del horizonte de diseño, considerando un máximo de 16 horas diarias de bombeo.



#### 4.2.8. Selección de diámetro

Mediante un análisis técnico-económico, se determinaron tres alternativas en torno al diámetro óptimo. Se compararon los costos anuales de inversión y energía de cada opción.

$$D = k * Q^{0.45}$$

**Donde:**

D: Diámetro (m)

Q: Caudal

#### 4.2.9. Estudio técnico económico

Se aplicaron las siguientes fórmulas:

- Calculo del costo anual de tubería (CAT)

$$CAT = Crf * VPe$$

$$Crf = \frac{i(1+i)^n}{(1+i) - 1}$$

- Costo anual de energía (CAE)

$$CAE = \frac{Qb * CTD * tb * 365 \text{ dias} * \frac{\$kW}{h}}{3960 * eb * em}$$

- Costo anual equivalente total

$$CAEq = CAE + CAT$$

Donde:

CAT: Costo anual de tubería

Crf: Coeficiente de recuperación

Vpe: Valor presente

CAE: Costo anual de energía

Qb: Caudal de bombeo (gpm)

CTD: Carta total dinámica (m)

Tb: Tiempo de bombeo (horas)

CAEq: Costo Anual equivalente

##### 4.2.9.1. Pérdidas de carga

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

$$hf = \frac{(10.67) * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}} * L$$

Donde:

Hf: Pérdidas (m)



Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de rugosidad

D: Diámetro (m)

#### 4.2.9.2. 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:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Donde:

V: Velocidad (m/s)

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

#### 4.2.9.3. Golpe de ariete

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

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

Donde:

$\Delta H$ : Golpe de ariete (m)

C: Celeridad

#### 4.2.10. 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 11.

**Tabla 11.**

*Materiales*

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



El diseño se realizó 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 ( $CMH = 2.5 \text{ CPD} + \text{perdidas}$ ).
- 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.

#### 4.2.11. Hidráulica del acueducto

El análisis hidráulico permitió establecer el diámetro óptimo de las tuberías. Diámetros muy grandes reducen velocidad, lo que puede causar sedimentación; mientras que diámetros reducidos provocan pérdidas por fricción y altas velocidades que desgastan las tuberías.

##### 4.2.11.1. Selección de la clase de tubería a emplear

Se eligió tubería que soporte la presión hidrostática y sea económicamente viable, ver tabla 5. Se evaluaron materiales como hierro fundido, galvanizado, asbesto-cemento y PVC. En zonas con excavación poco rentable, se utilizarán tuberías resistentes a impactos montadas sobre soportes.

**Tabla 12.**

*Selección 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

##### 4.2.11.2. Diámetros



Se compararon distintas alternativas económicamente. En algunos tramos, puede requerirse tubería de alta presión o válvulas reductoras. El diámetro mínimo recomendado es de 2 pulgadas. En tramos cortos y con baja densidad poblacional, puede aceptarse 1½ pulgadas.

#### 4.2.11.3. 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.

#### 4.2.11.4. 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 13.**

*Materiales de conductos.*

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

#### 4.2.11.5. 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).

#### 4.2.11.6. Coberturas de tubería

- Carreteras con tráfico alto: cobertura mínima de 1.20 m.
- Vías con bajo tránsito: cobertura mínima de 1.0 m.

#### 4.2.11.7. Pérdidas de agua en el sistema



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

#### **4.2.12. 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:

#### **4.2.13. Capacidad mínima**

##### **4.2.13.1. Volumen compensador**

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

##### **4.2.13.2. 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.

##### **4.2.13.3. 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:

$$Ve = (\text{Dotacion incendio}) * \frac{2 \text{ horas}}{24 \text{ horas diarias}}$$

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.

##### **4.2.13.4. Ubicación del tanque**

Seleccionada para garantizar presiones dentro del rango normado y una distribución eficiente, considerando la topografía. Ubicada en el punto más alto de la zona

##### **4.2.13.5. Diseño de tanque sobre suelo**

Altura máxima de 3 m, borde libre de 0.5 m y cubierta de losa de concreto. En casos especiales, tanques de acero.



#### 4.2.13.6. Altura mínima

La altura del fondo del tanque se fijó considerando pérdidas por fricción, usando el método Hardy Cross para asegurar presión residual mínima.

#### 4.2.14. Tratamiento

Para proteger la calidad del agua, se consideraron los límites establecidos por la OMS y CAPRE. La desinfección se realizará mediante hipoclorito, por su facilidad de uso en medios rurales.

#### 4.2.15. Cálculos y resultados

#### 4.2.16. Evaluación del sistema actual

Se identificaron las deficiencias presentes en el sistema de distribución de la comunidad El Rodeo, tanto en cobertura como en comportamiento hidráulico. El análisis permitió ubicar los tramos y nodos críticos, así como las limitaciones del equipo de bombeo, que impiden un servicio eficiente.

##### 4.2.16.1. Población y consumos

Año actual	2025
Población del año de inicio	1289
Dotación	20.00 gppd.
Dotación	75.7 lppd.
CPD=	1.021 l/s)
CMD=	1.99 l/s
CMH=	3.19 l/s
Caudal de Bombeo	60 l/s, 951.019 gpm, 0.06 m <sup>3</sup> /s

##### 4.2.16.2. Línea de conducción

La conducción existente conecta el pozo con el tanque mediante tubería PVC de 2" de diámetro. Se verificó el diseño calculando el Caudal Máximo Diario (CMD), que resultó en 1.60 l/s.:

$$D = 0.9 * \left( 0.0016 \frac{m^3}{s} \right)^{0.45} = 0.04967m$$

Aunque la capacidad actual es suficiente, se determinó que a futuro esta tubería resultará insuficiente, por lo que se sugiere su ampliación o sustitución.

- **Estación de bombeo**

El sistema actual opera con una bomba de 16 gpm, capacidad inferior a la requerida (25.36 gpm) para la demanda máxima actual. Esto confirma que el equipo instalado no cubre las necesidades del servicio y debe ser revisado o reemplazado.

#### 4.2.16.3. Red de distribución.

El diseño original fue para una demanda máxima horaria de 2.53 l/s, con una longitud de 3,568 m de tubería PVC SDR-26 de 2", operando por gravedad. La modelación en EPANET permitió evaluar presiones y velocidades, quedando pendiente la inclusión de figuras y tablas.

##### SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EXISTENTE

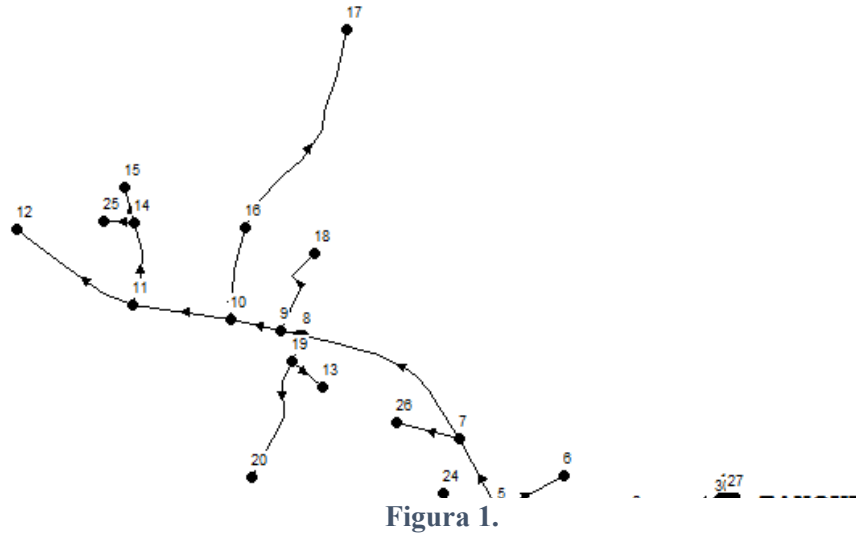
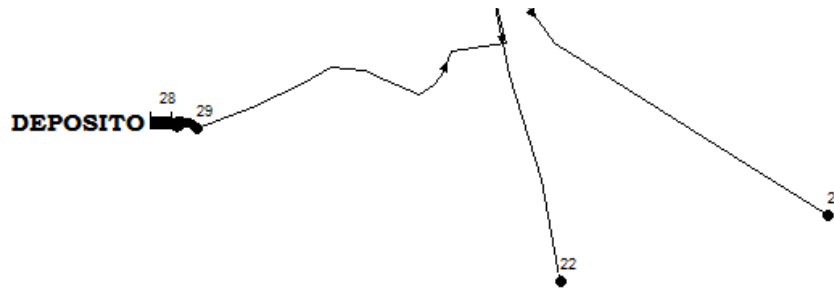


Figura 1.

*Sistema de agua potable actual*



##### 4.2.16.3.1. Presiones Residuales.

El modelo arrojó presiones negativas en nodos ubicados en zonas de mayor altitud (entre -0.17 y -11.61 m), mientras que nodos próximos al tanque presentaron presiones de entre 18.89 m y 21.04 m.

##### 4.2.16.3.2. Velocidades

Las velocidades registradas van de 0.01 a 2.43 m/s, siendo más bajas en tramos lejanos al tanque y más altas en conducciones descendentes.



#### **4.2.16.4. Tanques de almacenamiento.**

Existen dos tanques de PVC de 22,000 litros cada uno, en buen estado y sobre losa de concreto. Cumplen con la norma NTON 09001-99, pero su volumen puede no ser suficiente para el horizonte de diseño.

#### **4.2.16.5. Condiciones del sistema existente.**

En las zonas altas, el servicio es intermitente (aprox. 3 horas en la madrugada) por baja presión. La estación de bombeo no trabaja en condiciones óptimas, por lo que se recomienda un nuevo levantamiento topográfico y social.

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

#### **4.2.17.1. Conceptualización del proyecto**

El agua será impulsada desde el pozo por una línea de conducción de 686.74 m, en PVC clase 160 SDR-26 de 3". Desde tanques reubicados a una elevación 15.5 m mayor, el agua se distribuirá por gravedad. También se instalarán 290.31 m de red nueva y se sustituirá un tramo crítico con tubería de 3".

#### **4.2.17.2. Cálculos de campo**

##### **4.2.17.2.1. Fase exploratoria**

Se realizaron inspecciones y recopilación de datos en campo, así como visitas a instituciones para obtener información técnica y sociodemográfica.

##### **4.2.17.2.2. Recopilación de datos**

La información fue proporcionada por la Alcaldía de San Lorenzo, la organización El Porvenir, el INIDE, entre otros.

##### **4.2.17.2.3. Evaluación Socioeconómica y Censo Poblacional**

Se trabajó con líderes comunitarios y se utilizó el censo municipal 2018 para determinar la población por grupos de edad y sexo.

##### **4.2.17.2.4. Información Topográfica**

Se actualizó la planimetría y altimetría, añadiendo sectores no considerados en estudios anteriores y verificando datos en campo.

##### **4.2.17.2.5. Análisis de la calidad de agua de la fuente**

Los aforos de 2018 muestran caudal suficiente para el horizonte de diseño. Ensayos de 2016 reportaron turbiedad de 8.10 NTU y hierro total de 0.302 mg/L; otros parámetros cumplen con la norma CAPRE.



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

El cálculo hidráulico se basó en datos topográficos y de demanda, siguiendo las NTON 09003-99 y NTON 09001-99.

##### **4.2.17.3.1. 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.

##### **4.2.17.3.2. Demanda actual y futura del sistema**

La comunidad El Rodeo tiene una población actual de 1,289 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.

##### **4.2.17.3.3. 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.

##### **4.2.17.3.4. 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.

- **Diámetro**

La selección del diámetro se hizo según el análisis hidráulico, técnico económico 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.

- **Perdidas hidráulicas y velocidad**

Se aplicó la fórmula de Hazen-Williams ( $C=150$  para PVC y  $C=120$  para hierro galvanizado), verificando que las velocidades se mantuvieran entre 0.4 y 2.0 m/s.

- **Presión Residual**

Se garantizó la presión mínima en los puntos más desfavorables, conforme a norma INAA.

##### **4.2.17.3.5. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento**

- Se calculó con un volumen compensador del 15% y de reserva del 20% del consumo promedio diario, para un total del 35%.

**Vol. Total= 35% CPDT**



#### 4.2.17.3.6. Diseño de la Red de Distribución

Se realizó mediante EPANET, configurando una red semi abierta con 28 tramos y 25 nodos.

- **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.

- **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.

#### 4.2.18. Sistema Propuesto

#### 4.2.19. Estudio de población y consumo

##### 4.2.19.1. Tasa de Crecimiento de la población

*Tabla 14.*

*Censo poblacional*

<b>Año del Censo</b>	<b>Población (rg)</b>	<b>Fuente</b>
2014	936	Alcaldía
2025	1289	Proyección

##### 4.2.19.2. Tasa de crecimiento geométrica.

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

$$Rg = 3.60\%$$



#### 4.2.19.3. Proyección de la Población.

La población proyectada a los 20 años se presenta a continuación utilizando como punto de partida el año 2025

$$P_{\text{proy}} = (1289 * (1 + 0.036)^{(2045-2025)}); 2614\text{hab.}$$

#### 4.2.20. Caudales de Diseño.

En la tabla se presentan las variaciones de consumo para el periodo de diseño.

**Tabla 15.**

*Variaciones de consumo del proyecto*

AÑO	POBLACIÓ N	DOTACIÓN (lppd)	CPD (l/s)	CPDT (l/s)	HF (l/s)	CMD (l/s)	CMH (l/s)
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
2040	2270	75	1.97	1.97	0.39	3.35	5.32
2041	2351	75	2.04	2.04	0.41	3.47	5.51
2042	2436	75	2.12	2.12	0.42	3.60	5.71
2043	2524	75	2.19	2.19	0.44	3.73	5.92
2044	2615	75	2.27	2.27	0.45	3.86	6.13
2045	2709	75	2.35	2.35	0.47	4.00	6.35



#### **4.2.21. Fuente de abastecimiento y captación**

##### **4.2.21.1. 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 m3 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. Pueden observarse las variaciones de las horas de bombeo por año, en función del crecimiento de la demanda de agua por parte de la población.

##### **4.2.21.2. 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:

$$D = 0.9 * (0.00323 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45} = 0.068 \text{ m aproximadamente } 3''$$

- **Dimensionamiento del equipo de bombeo (Primeros 10 años, 2025-2035).**

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, 2035-2045).**

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.

#### 4.2.22. Línea de conducción.

Descripción: Ampliación de red de distribución, reinstalación de nueva línea de conducción y aumento de capacidad de tanques de almacenamiento (INSERTAR TABLA)

- **Carga total dinámica y potencia de la bomba (periodo 2025-2045).**

CTD 2" = 71.55 + 50.13 m + 2.51 + 21.93 m  
CTD 2" = 146.12m  
CTD 2" = 479.40'

$$PH_2 = \frac{(35.98 \text{ gpm})(479.40')}{3960} = 4.36 \text{ HP}$$

$$PEB_2 = \frac{(4.36 \text{ HP})}{(0.75)} = 5.81 \text{ HP} * 1.2 = 6.97 \text{ HP}$$

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.

CTD 3" = 71.55m + 52.27m + 2.61m + 6.06m.  
CTD 3" = 132.49m  
CTD 3" = 434.68'

$$PH_3 = \frac{(51.20 \text{ gpm})(434.68')}{3960} = 5.62 \text{ HP}$$

$$PEB_3 = \frac{(5.62 \text{ HP})}{(0.75)} = 7.49 \text{ HP} * 1.2 = 8.98 \text{ HP}$$

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.

CTD 4" = 71.55m + 52.27m + 2.61m + 1.54m.  
CTD 4" = 127.97m  
CTD 4" = 419.84'

$$PH_4 = \frac{(51.20 \text{ gpm})(419.85')}{3960} = 5.43 \text{ HP}$$



$$PEB_4 = \frac{(5.43 \text{ HP})}{(0.75)} = 7.24 \text{ HP} * 1.2 = 8.60 \text{ HP}$$

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.

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.

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.

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 2025-2035**

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 HP

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 2035-2045**

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.

$$V = \frac{4 * \left( \frac{3.23 \frac{l}{seg}}{1000} \right)}{\pi * (0.07612m)^2} = 0.71 m/s$$

Cumple con el rango

- Calculo del golpe de Ariete para cierre instantáneo.

$$K = 18$$

Gradiente S

$$S = \frac{6.06m}{686.74 m} = 0.00882$$

Donde  $0.00882 < 0.01$  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 = Hest desc +  $\Delta H$  (golpe de ariete), m.c.a.



**Tabla 16.**

*Cálculo de presión por trabajo.*

D(pulg)	D interno (mm)	Espesor de pared (mm)	Velocidad (m/s)	S m/m	A (m/s)	$\Delta H$ (m)	Hest 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	71.56	144.77	112
3	82.04	3.43	0.708	8.824	452.42	36.66	71.56	104.21	112
4	105.52	4.39	0.398	2.241	451.42	18.33	71.55	89.88	112

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 m/s, también este diámetro de tubería presenta los menores valores de CAEq.

- **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 17 los datos de la línea y en la tabla 18 los datos de los nodos, respectivamente.

**Tabla 17.**

*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



**Tabla 18.**

*Nodos*

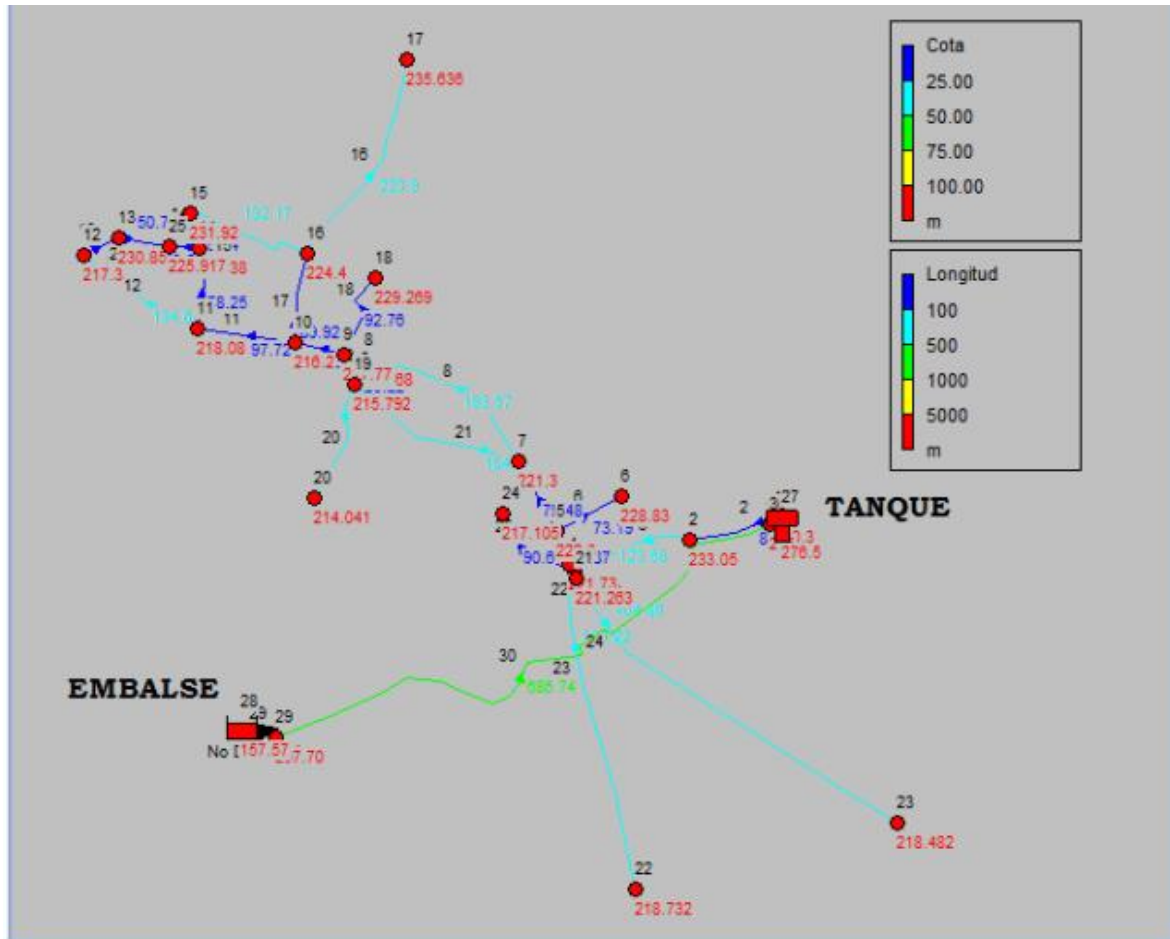
<b>Nodo</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Demanda base (l/s)</b>
1	260.3	0.000
2	233.05	0.000
3	221.33	0.052
4	221.73	0.107
5	222.3	0.090
6	228.83	0.114
7	221.3	0.321
8	217.68	0.155
9	217.77	0.071
10	216.2	0.204
11	218.08	0.285
12	217.3	0.123
13	230.85	0.037
14	225.38	0.120
15	231.92	0.040
16	224.4	0.408
17	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

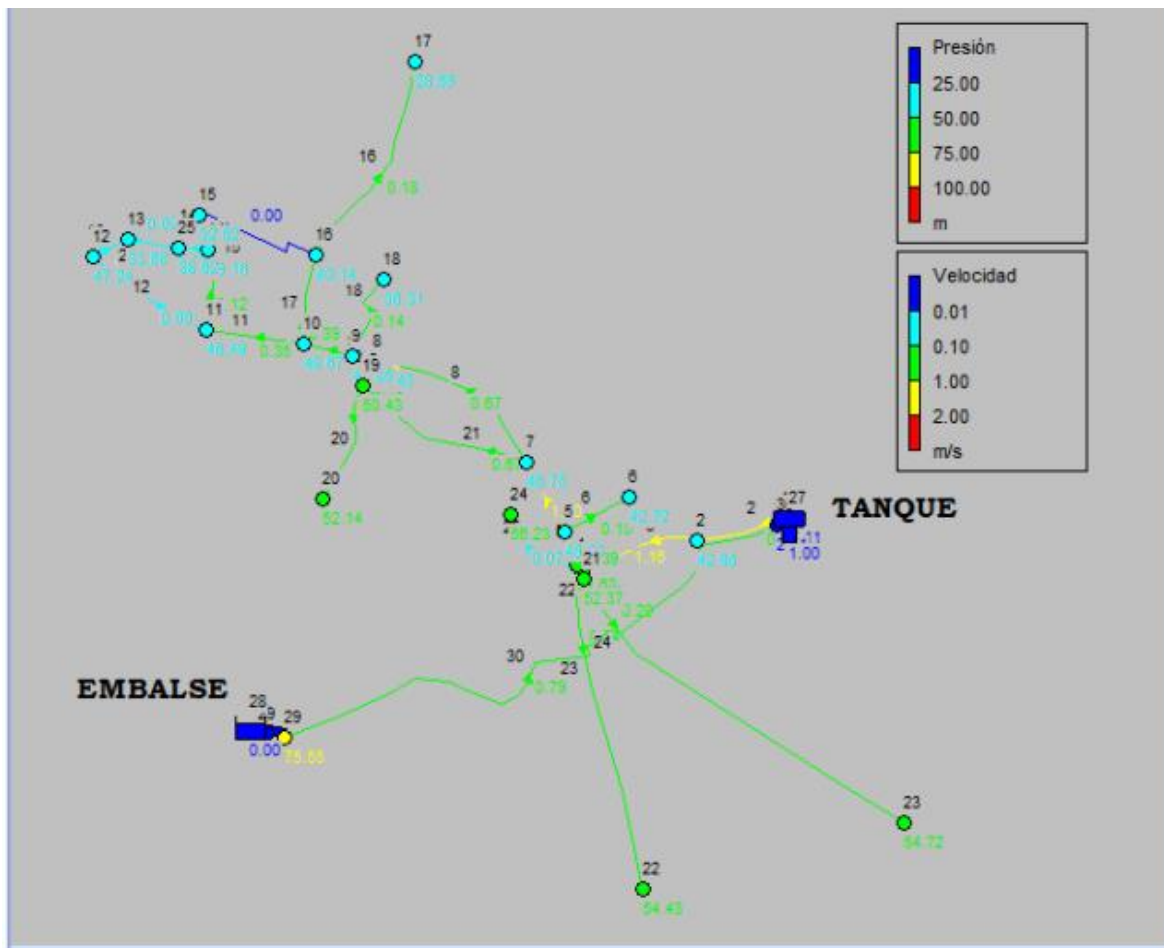
Ampliación de red de distribución, instalación de nueva línea de conducción y aumento de capacidad de tanques de almacenamiento.



Figura 2.

Revisión de nodos





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



ID Nudo	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 1	0.00	277.41	17.11
Conexión 2	0.00	275.90	42.85
Conexión 3	0.05	273.76	52.43
Conexión 4	0.11	273.36	51.63
Conexión 5	0.09	271.58	49.28
Conexión 6	0.11	271.55	42.72
Conexión 7	0.32	268.05	46.75
Conexión 8	0.16	266.11	48.43
Conexión 9	0.07	265.63	47.86
Conexión 10	0.20	264.87	48.67
Conexión 11	0.28	264.57	46.49
Conexión 12	0.12	264.54	47.24
Conexión 13	0.04	264.53	33.68
Conexión 14	0.12	264.54	39.16
Conexión 15	0.04	264.54	32.62
Conexión 16	0.41	264.54	40.14
Conexión 17	0.36	264.33	28.69
Conexión 18	0.27	265.58	36.31
Conexión 19	0.26	266.22	50.43
Conexión 20	0.20	266.18	52.14
Conexión 21	0.90	273.63	52.37
Conexión 22	0.46	273.16	54.43
Conexión 23	0.39	273.21	54.72
Conexión 24	0.08	273.34	56.23
Conexión 25	0.08	264.53	38.62
Conexión 29	0.00	283.25	75.55
Conexión 30	0.00	277.51	2.51
Embalse 28	-3.47	157.57	0.00
Depósito 27	-1.66	277.50	1.00



#### **4.2.23. 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:

##### **4.2.23.1. Capacidad mínima**

La capacidad mínima del almacenamiento está compuesta por:

$$\text{Volumen} = 35\% \text{CPD (consumo promedio diario)}$$

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 tomará en cuenta.

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

$$\text{Volumen} = 0.666 \text{ l/s} * 86,400 \text{ s/día} * 1\text{m}^3/10^3 \text{ l}$$

$$\text{Volumen del tanque} = 57.52 \text{ m}^3 \text{ o } 57,520 \text{ lts}$$

##### **4.2.23.2. Volumen compensador**

$$\text{CPD: } 30.15 \text{ gpm} * 60 \text{ min} * 24 \text{ horas} = 43,416 \text{ gpd.}$$

$$\text{Vol. Comp} = 0.20 * 43,416 \text{ gpd} = 8,683.20 \text{ gpd.}$$

##### **4.2.23.3. Reserva para eventualidades o emergencias**

$$\text{Vol. Comp} = 0.15 * 43,416 \text{ gpd} = 6,512.40 \text{ gpd.}$$

##### **4.2.23.4. Volumen mínimo**

$$\text{Vol. Min} = 8,683.20 \text{ gpd} + 6,512.40 \text{ gpd} = 15,195.60 \text{ gpd}$$

$$\text{Vol. Actual} = 44,000 \text{ lts/d; } 11,624.83 \text{ gpd.}$$

$$\text{Déficit} = 15,195.60 \text{ gpd} - 11,624.83 \text{ gpd}$$

$$\text{Déficit} = 3,570.77 \text{ gpd} = 13.52 \text{ m}^3/\text{d}$$

Los tanques de almacenamiento de agua potable instalados actualmente, tiene un volumen nominal de 44,000 lt (44 m<sup>3</sup>), dicho volumen, no es suficiente para satisfacer las necesidades de la población al final del periodo de diseño (2025-2045), 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.



#### **4.2.23.5. Características de los tanques**

##### **4.2.23.5.1. 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

#### **4.2.24. 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).

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.

##### **4.2.24.1. 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.



#### 4.2.24.2. Filtración de agua.

##### Filtro Multicapa o lecho profundo, ver tabla 28 tamaños del tanque de filtración

**Tabla 19.**

*Tamaños de tanque de filtración.*

<b>Diámetro de tanque (plg)</b>	<b>Área (ft<sup>2</sup>)</b>	<b>Volumen de medio filtrante (ft<sup>3</sup>)</b>
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

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

$$\text{Área del tanque} = \frac{\text{flujo a tratar (gpm)}}{12.5 \text{ gpm/ft}^2}$$

$$\text{Área del tanque} = \frac{35.98 \text{ (gpm)}}{12.5 \text{ gpm/ft}^2} = 2.88 \text{ ft}^2$$

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.

#### 4.2.25. Descripción del sistema propuesto

##### 4.2.25.1. 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.



#### 4.2.25.2. 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.

#### 4.2.25.3. 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 2025-2035)**

CARACTERÍSTICAS	POZO ACTUAL 20 AÑOS
Capacidad (gpm)	35.98
CTD (ft)	417.78
Potencia (HP)	7.5
Eficiencia (%)	75
Energía	Trifásica

- **Características generales calculadas del equipo de bombeo para los segundos diez años (periodo 2035-2045)**

CARACTERÍSTICAS	POZO ACTUAL 20 AÑOS
Capacidad (gpm)	51.2
CTD (ft)	434.68
Potencia (HP)	10
Eficiencia (%)	75
Energía	Trifásica

- **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.
- Unión 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.
  - Válvula de alivio de 1” ½ de diámetro.
  - Unión maleable de 3” de diámetro.
  - Te 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**
    - Válvula Check vertical de 3” de diámetro.

#### 4.2.25.4. 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.

#### 4.2.25.5. 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.
- Válvula de compuerta de ½” de diámetro.
- Válvula de limpieza de 1” ½ de diámetro.

#### 4.2.25.6. 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.

**Tabla 20.**

*Detalles de diámetros*

<b>Diámetro SDR-26</b>	<b>Tubería (m)</b>
DN 38 (1 ½”)	280.1
DN 50 (2”)	2343.4
DN 75 (3”)	216.3



Longitud Total	28939.8
----------------	---------

- **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 21 de localización de válvula según diámetro.

**Tabla 21.**

*localización de válvulas de pase por diámetro.*

<b>Tubería</b>	<b>Diámetro</b>
4	DN 50 (2")
10	DN 50 (2")
22	DN 50 (2")

- **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 22 de localización de válvula según diámetro.

**Tabla 22.**

*Localización de válvulas de limpieza por diámetro*

<i>Tubería</i>	<i>Diámetro</i>
<i>13</i>	<i>DN 50 (2")</i>
<i>15</i>	<i>DN 50 (2")</i>
<i>27</i>	<i>DN 38 (1 ½")</i>



### 4.3. Estudio Financiero

Por las características robustas del estudio financiero, se detallan los elementos más importantes y de mayor peso específico en el desarrollo de este proyecto.

- La inversión en infraestructura, teniendo de referencia todo el trabajo preliminar y la instalación misma del MABE alcanza los C\$ 16,901,658.06, sumando los activos diferidos tasados en un 10% de la instalación; llegara a una inversión total de C\$18,591,823.87.
- La proyección de consumo del 2025 al 2045 se define a una cuota fija de C\$350.00 por vivienda, reflejados en la siguiente tabla

**Tabla 23.**

*Presupuesto de ingreso de tarifa social*

Año	N° viviendas	Pago mensual C\$	Ingresos C\$
2025	148	0	C\$0.00
2026	152	350	C\$638,400.00
2027	155	350	C\$651,000.00
2028	159	350	C\$667,800.00
2029	163	350	C\$684,600.00
2030	167	350	C\$701,400.00
2031	172	350	C\$722,400.00
2032	176	350	C\$739,200.00
2033	180	350	C\$756,000.00
2034	185	350	C\$777,000.00
2035	189	350	C\$793,800.00
2036	194	350	C\$814,800.00
2037	199	350	C\$835,800.00
2038	204	350	C\$856,800.00
2039	209	350	C\$877,800.00
2040	214	350	C\$898,800.00
2041	220	350	C\$924,000.00
2042	225	350	C\$945,000.00
2043	231	350	C\$970,200.00
2044	237	350	C\$995,400.00
2045	243	350	C\$1,020,600.00

- El costo anual de operación se compone de los gastos por mantenimiento, gastos administrativos y la cloración, que sube a un monto total de C\$ 520,676.10; los cuales mantendrán un monto fijo por los próximos 20 años de proyección del proyecto



- Sustentado en los cálculos de costos, tarifas y otros elementos que forman parte del proyecto, se definió el Flujo Neto de Efectivo obteniendo los siguientes resultados:
  - **VPN= -C\$19,439,711.44**
  - **TIR= -11.48%**
  - **RBC= 0.13**

#### 4.4. Estudio Social

- El estudio social toma de referencia la incidencia en la salud, ahorro por acarreo de agua de puntos lejanos y la plusvalía alcanzada por sus viviendas, presentadas a continuación a una proyección de 20 años:

**Tabla 24.**

*Flujos de beneficio del proyecto.*

<b>Año</b>	<b>Ingresos (C\$)</b>	<b>Plusvalía C\$</b>	<b>Gasto médico C\$</b>	<b>Ingresos perdidos C\$</b>	<b>Ahorro en Gastos de Acarreo C\$</b>	<b>Total</b>
2025	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2026	C\$638,400.00	C\$296,000.00	C\$73,200.00	C\$1,321,225.00	C\$1,107,410.00	C\$647,385.00
2027	C\$651,000.00		C\$75,300.00	C\$1,354,255.63	C\$1,135,095.25	C\$356,539.63
2028	C\$667,800.00		C\$77,250.00	C\$1,388,112.02	C\$1,163,472.63	C\$365,910.62
2029	C\$684,600.00		C\$79,350.00	C\$1,422,814.82	C\$1,192,559.45	C\$374,994.63
2030	C\$701,400.00		C\$80,850.00	C\$1,458,385.19	C\$1,222,373.43	C\$384,538.25
2031	C\$722,400.00		C\$83,400.00	C\$1,494,844.82	C\$1,252,932.77	C\$397,087.95
2032	C\$739,200.00		C\$84,900.00	C\$1,532,215.94	C\$1,284,256.09	C\$406,340.15
2033	C\$756,000.00		C\$87,450.00	C\$1,570,521.33	C\$1,316,362.49	C\$414,391.16
2034	C\$777,000.00		C\$89,550.00	C\$1,609,784.37	C\$1,349,271.55	C\$426,937.18
2035	C\$793,800.00		C\$91,500.00	C\$1,650,028.98	C\$1,383,003.34	C\$435,274.36
2036	C\$814,800.00		C\$94,050.00	C\$1,691,279.70	C\$1,417,578.43	C\$447,048.72
2037	C\$835,800.00		C\$96,600.00	C\$1,733,561.69	C\$1,453,017.89	C\$458,656.19



2038	C\$856,800.00		C\$99,150.00	C\$1,776,900.74	C\$1,489,343.33	C\$470,092.60
2039	C\$877,800.00		C\$101,700.00	C\$1,821,323.26	C\$1,526,576.92	C\$481,353.66
2040	C\$898,800.00		C\$104,250.00	C\$1,866,856.34	C\$1,564,741.34	C\$492,435.00
2041	C\$924,000.00		C\$106,800.00	C\$1,913,527.75	C\$1,603,859.87	C\$507,532.13
2042	C\$945,000.00		C\$109,350.00	C\$1,961,365.94	C\$1,643,956.37	C\$518,240.43
2043	C\$970,200.00		C\$111,900.00	C\$2,010,400.09	C\$1,685,055.28	C\$532,955.19
2044	C\$995,400.00		C\$114,450.00	C\$2,060,660.09	C\$1,727,181.66	C\$547,471.57
2045	C\$1,020,600.00		C\$117,450.00	C\$2,112,176.59	C\$1,770,361.20	C\$561,334.61

- Debido a este análisis definimos el VANE (A través de un flujo neto con coeficientes económicos) reflejado en la tabla anterior, obteniendo los siguientes resultados

- **VANE**= -C\$19,309,867.21
- **TIRE**= INDEFINIDA

En el caso de la TIRE, presenta esta resolución debido a su comportamiento atípico en el desarrollo del flujo de efectivo económico, apreciable en la tabla 26

**Tabla 25.**

*Flujo de efectivo a precios económicos*

Año	Beneficios	Gastos	Utilidades	Inversión	Flujo de caja
2025	0.00	0.00	0.00	C\$18,591,823.87	-C\$ 18,591,823.87
2026	647,385.00	520,676.10	126,708.90		C\$126,708.90
2027	356,539.63	520,676.10	-164,136.47		-C\$164,136.47
2028	365,910.62	520,676.10	-154,765.48		-C\$154,765.48
2029	374,994.63	520,676.10	-145,681.47		-C\$145,681.47
2030	384,538.25	520,676.10	-136,137.85		-C\$136,137.85
2031	397,087.95	520,676.10	-123,588.14		-C\$123,588.14
2032	406,340.15	520,676.10	-114,335.94		-C\$114,335.94
2033	414,391.16	520,676.10	-106,284.94		-C\$106,284.94
2034	426,937.18	520,676.10	-93,738.91		-C\$93,738.91



2035	435,274.36	520,676.10	-85,401.73		-C\$85,401.73
2036	447,048.72	520,676.10	-73,627.37		-C\$73,627.37
2037	458,656.19	520,676.10	-62,019.90		-C\$62,019.90
2038	470,092.60	520,676.10	-50,583.50		-C\$50,583.50
2039	481,353.66	520,676.10	-39,322.44		-C\$39,322.44
2040	492,435.00	520,676.10	-28,241.09		-C\$28,241.09
2041	507,532.13	520,676.10	-13,143.97		-C\$13,143.97
2042	518,240.43	520,676.10	-2,435.67		-C\$2,435.67
2043	532,955.19	520,676.10	12,279.10		C\$12,279.10
2044	547,471.57	520,676.10	26,795.48		C\$26,795.48
2045	561,334.61	520,676.10	40,658.51		C\$40,658.51



#### 4.5. Estudio Ambiental

Presentación de la LBA, Destacando las principales situaciones positivas y negativas detectadas en el área de proyecto durante la construcción.

**Tabla 26.**

*Línea Base Ambiental*

<b>Categoría.</b>	<b>Componente ambiental.</b>	<b>VARIABLES.</b>
<b><i>Estudio del medio físico.</i></b>	Calidad del aire.	Fuente principal de emisión
		Niveles de emisión alcanzados en determinados lugares.
		Características meteorológicas de la zona de estudio con la calidad de aire.
		Áreas de especial sensibilidad.
		Estudio de la corrosión
		Estudio de la contaminación por Ruido.
		Estudios de las vibraciones.
	Geología y Geomorfología.	Estudio y análisis de las características geológicas y geotectónicas de los materiales.
		Condiciones sísmicas e historial.
		Hidrogeología.
Suelos.	La calidad paisajística propia de una comunidad urbana.	
	Su dureza	
<b><i>Estudio del medio socioeconómico y cultural.</i></b>	Espacios públicos.	Movimientos peatonales.
		Equipamiento.
		Grado de insuficiencia e insatisfacción de los servicios básicos.
		Evaluación de los recursos turísticos del área de estudio.
	Salud.	Servicios de salud
		Población sin servicios de agua.
		Incremento de los niveles de morbilidad y mortalidad relacionados con la carencia de servicio de agua.
		Expectativas en la mejora del sector salud en pro de mejor calidad de vida.
		Demandas por características de la población.
	Calidad de vida.	Sensibilización de población.
		Cercanía a las fuentes de la materia prima.
		Disponibilidad de la mano obra y su calificación técnica.
	Economía.	Recursos naturales locales
		Las condiciones naturales, tales como topografía, resistencia del suelo, drenaje natural etc.
		Población dedicada al sector agrícola y ganadero, de ahí su representatividad dentro del conjunto de población activa.
Cercanía y vinculación a vías importantes de circulación.		



**Identificación de los impactos en la etapa de construcción.**

<b>Estado del proyecto</b>	<b>Acciones impactantes</b>	<b>Efectos</b>	<b>Factor ambiental afectado.</b>
Preliminares.	Movimiento de tierra.	Producción de ruidos.	Calidad de aire.
		Producción de polvos.	
		Riesgo de inestabilidad en laderas.	Suelos.
		Riesgo de daños a la infraestructura pública o privada.	Medios construidos.
Construcción de tanque de almacenamiento.	Trabajo de preliminares (Limpieza descapote)	Producción de polvo.	Calidad de aire/suelo.
	Movimiento de tierra.	Riesgo de erosión.	Tierra y suelo.
		Compactación del suelo.	
		Producción de polvo.	
		Producción de desecho orgánico e inorgánico.	
		Emisión ruidos.	
	Destrucción del suelo vegetal.		
Construcción.	Riesgo de accidentes laborales.	Población.	
Estructura de tanque.	Producción de ruido.	Ruidos.	
Construcción de mini acueducto (Redes, Conexiones y Protección).	Trabajos de construcción de tuberías, depósitos, conexiones y obras de protección.	Riesgo de accidentes laborales.	Población.
		Producción de ruidos.	Ruidos.
		Producción de polvo.	Calidad del aire.
		Producción de ruidos.	Ruidos.
		Riesgo de inestabilidad de tierras en zanjas.	Geología.
		Riesgo de daño a la infraestructura pública o privada.	Medio construido.
Riesgo accidentes laborales.	Población.		



### Identificación de los impactos en la etapa de uso del MABE

Categoría	Componente ambiental	Variables	Condición ambiental esperada en etapa de operación
Medio Físico	Calidad del aire	Emisiones y partículas	No se generan emisiones significativas, ya que el bombeo es eléctrico. Se mantienen niveles normales de partículas en suspensión.
	Ruido ambiental	Nivel sonoro en estación de bombeo y áreas cercanas	El funcionamiento eléctrico reduce drásticamente el ruido. Los niveles se mantienen dentro del rango permitido por las normas ambientales.
	Suelo	Estabilidad y erosión	El suelo permanece estable tras la revegetación post-construcción. Se evita la erosión gracias a drenajes y cobertura vegetal.
	Agua subterránea y superficial	Calidad y cantidad del recurso	Se garantiza un uso sostenible del pozo, con monitoreo periódico de niveles y calidad del agua según la NTON 05 014-19.
	Paisaje	Integración visual	Las estructuras (tanque, caseta) se integran al entorno rural, minimizando el impacto visual con cercas vivas y vegetación nativa.
Medio Biológico	Flora y fauna	Cobertura vegetal y biodiversidad local	Se mantiene la cobertura vegetal restaurada; el área recupera su equilibrio ecológico. Se promueve la siembra de especies nativas



			alrededor del pozo y tanque.
Medio Socioeconómico y Cultural	Salud	Incidencia de enfermedades hídricas	Reducción significativa de enfermedades gastrointestinales y dérmicas por acceso a agua segura y clorada.
	Calidad de vida	Acceso a agua, tiempo y confort	Mejora notable en la calidad de vida; ahorro de tiempo en acarreo de agua y aumento del bienestar familiar.
	Economía local	Actividad económica derivada	Incremento en productividad y desarrollo de micro emprendimientos gracias a la disponibilidad constante de agua potable.
	Educación ambiental	Prácticas sostenibles	La comunidad aplica medidas de ahorro y manejo racional del agua, apoyada por el CAPS local y MARENA.
	Gestión comunitaria	Participación y mantenimiento	El Comité de Agua Potable (CAPS) realiza mantenimiento preventivo y promueve la corresponsabilidad ambiental.



## **Plan de acción preventivo-correctivo**

### **Atmósfera**

Una de las principales medidas a aplicar para disminuir la contaminación del aire con polvaredas, es de regar y humedecer las zonas donde se efectuará el movimiento de tierra.

### **Agua**

Las medidas preventivas y correctoras de este aspecto, se hallan estrictamente ligadas al diseño del proyecto y ejecución de obra. La calidad de las aguas es uno de los aspectos importantes que se debe cuidar durante la fase de construcción; se debe evitar arrojar restos de cortes, verter aceite, petróleo. Capacitar al personal de construcción, sobre el manejo de los desechos y evitar la contaminación de las aguas. En cuanto al conflicto por el uso de agua de los cortes, se establecerá un rol de abastecimiento por zonas a fin de minimizar los conflictos

### **Suelo**

Las principales alteraciones sobre los suelos pueden resumirse con el material del movimiento de tierra, por la excavación para cimentaciones y zapatas, al respecto se plantea:

Eliminar el material de desecho, se puede colocar como rellenos adecuadamente compactados en caso de tener excesos se ubicarán en zonas seleccionadas, las mismas que se estabilizarán con plantaciones.



## CONCLUSIONES

El estudio de mercado permitió diagnosticar de manera precisa la situación actual del abastecimiento de agua potable en la comunidad El Rodeo, evidenciando una demanda insatisfecha significativa y la urgencia de contar con un sistema moderno y eficiente. Los resultados reflejan que más del 80 % de los hogares no dispone de una fuente segura, lo que afecta la salud y las condiciones de vida. Asimismo, la población manifestó una alta disposición a pagar por un servicio regular y de calidad, lo que sustenta la viabilidad social del proyecto. Este análisis demuestra que el nuevo sistema MABE no solo es necesario, sino que cuenta con respaldo comunitario y una base sólida de usuarios potenciales, garantizando la sostenibilidad económica del servicio.

El estudio técnico confirmó la factibilidad de implementar el Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), considerando las condiciones topográficas, geológicas e hidráulicas de la zona. Se estableció que la fuente de agua y el sistema de conducción propuesto cumplen con los parámetros de presión y caudal exigidos por las normas técnicas nacionales. El diseño proyectado garantiza cobertura total para los próximos veinte años, con una infraestructura adaptable y materiales adecuados al entorno rural. En consecuencia, el sistema propuesto ofrece una solución técnica eficiente, duradera y de bajo mantenimiento, respondiendo a las necesidades presentes y futuras de la comunidad El Rodeo.

La evaluación económica y social del proyecto evidenció que no se logra una factibilidad financiera mediante indicadores favorables: un Valor Actual Neto (VAN) negativa, una Tasa Interna de Retorno (TIR) inferior al costo de oportunidad y una relación Beneficio/Costo (R B/C), al menos en este caso, mayor a 1. Estos resultados confirman que la inversión genera beneficios netamente sociales, a los costos y que el flujo de ingresos proyectado no garantiza la sostenibilidad operativa del sistema. Sin embargo, a nivel social, el proyecto contribuye a mejorar la salud, reducir la pobreza hídrica y aumentar el bienestar comunitario. En suma, la propuesta es sostenible exclusivamente desde la perspectiva de la mejora de la calidad de vida.

El análisis del impacto ambiental permitió identificar, prevenir y mitigar los posibles efectos negativos derivados de la ejecución del proyecto. Se constató que las afectaciones temporales durante la fase constructiva, como la generación de residuos o el movimiento de suelos, pueden controlarse mediante medidas de manejo ambiental adecuadas. A largo plazo, el sistema de agua potable representa un beneficio ambiental neto, al reducir la contaminación por uso de fuentes insalubres y fomentar prácticas sostenibles de consumo. De esta forma, el proyecto se considera ambientalmente aceptable y compatible con los principios de protección del entorno y desarrollo sostenible.



## RECOMENDACIONES

Se recomienda consolidar y capacitar al Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) de la comunidad El Rodeo en temas administrativos, financieros y técnicos. La sostenibilidad del sistema depende en gran medida de una gestión comunitaria eficiente, con procedimientos claros de cobro, mantenimiento y control de gastos. Asimismo, se sugiere establecer alianzas con la Alcaldía Municipal y el INAA para recibir acompañamiento técnico y auditorías periódicas que aseguren la transparencia y la eficiencia del servicio.

Es fundamental implementar un plan de mantenimiento preventivo que garantice el funcionamiento continuo del Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE). Se recomienda establecer un calendario de revisiones trimestrales para el sistema de bombeo, almacenamiento y cloración, con registros detallados de cada intervención. Además, el personal local debe ser capacitado en operación básica y detección temprana de fallas, evitando costos mayores por reparaciones correctivas. Para preservar la calidad y cantidad del recurso, se recomienda la protección de la fuente de agua mediante la creación de una zona de amortiguamiento de al menos 30 metros libres de contaminantes, conforme a la Ley No. 620.

Se debe promover la reforestación de la microcuenca y el manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos. Igualmente, se aconseja monitorear semestralmente la calidad del agua, ajustando los parámetros de cloración según las normas INAA NTON 05 014-19. Después de la implementación del proyecto, se debe continuar promoviendo programas de educación ambiental y sanitaria orientados al uso responsable del agua y al pago puntual del servicio. La participación comunitaria activa es esencial para mantener el sentido de pertenencia y la corresponsabilidad en la gestión del sistema. Se recomienda involucrar a escuelas y organizaciones locales en campañas de sensibilización y control social.

Finalmente, se sugiere realizar evaluaciones anuales del desempeño técnico, económico y social del sistema. Estas deben incluir indicadores como continuidad del servicio, pérdidas de agua, morosidad y satisfacción de los usuarios. Los resultados servirán para tomar decisiones de mejora continua y ajustar estrategias de gestión, garantizando que el proyecto mantenga su contribución a la salud y bienestar de la población.

Dado que el análisis financiero demuestra que el proyecto no es rentable desde una perspectiva estrictamente económica, pero sí altamente rentable en términos sociales, sanitarios y de mejora de la calidad de vida, se recomienda orientar la estrategia de financiamiento hacia mecanismos de cooperación internacional y donaciones no reembolsables. En este sentido, resulta fundamental presentar el proyecto como una iniciativa de desarrollo humano alineada con el derecho al acceso al agua potable, la reducción de la pobreza rural y la prevención de enfermedades hídricas. Para ello, se sugiere estructurar perfiles y propuestas técnicas claras dirigidas a organismos de cooperación bilateral y multilateral, tales como agencias de cooperación europea, organismos de las Naciones Unidas, bancos de desarrollo y fondos internacionales especializados en agua y saneamiento. Estas propuestas deben resaltar el impacto social del proyecto, su contribución directa a los Objetivos de Desarrollo Sostenible —especialmente el ODS 6— y la sostenibilidad comunitaria garantizada a través de la gestión local del sistema por medio de los CAPS.



Asimismo, se recomienda explorar alianzas estratégicas con organizaciones no gubernamentales internacionales, fundaciones privadas y organizaciones religiosas o humanitarias que tradicionalmente financian proyectos de agua potable en zonas rurales. Muchas de estas entidades priorizan proyectos con alto impacto social, participación comunitaria y bajos efectos ambientales, características que cumple el presente proyecto. Como método complementario, es conveniente canalizar el financiamiento a través de esquemas mixtos, combinando aportes externos con contrapartidas locales, ya sea en forma de mano de obra comunitaria, aportes municipales o apoyo institucional del Estado. Este enfoque no solo incrementa las probabilidades de aprobación del financiamiento, sino que también fortalece el sentido de apropiación del proyecto por parte de la comunidad beneficiaria, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

Finalmente, se sugiere que el proyecto sea presentado dentro de programas regionales o nacionales de desarrollo rural y acceso al agua, lo cual facilita su elegibilidad ante donantes internacionales que prefieren financiar iniciativas integradas y de alcance territorial. La sistematización de los beneficios sociales esperados, tales como la reducción de enfermedades, el ahorro de tiempo en la recolección de agua y el fortalecimiento de la equidad social, debe ocupar un lugar central en la argumentación. De esta manera, el proyecto puede posicionarse no como una inversión financiera tradicional, sino como una inversión social estratégica que genera beneficios colectivos duraderos y justifica plenamente el respaldo mediante donaciones y financiamiento extranjero orientado al desarrollo.



## REFERENCIAS

- Alvarado y Asociados. (2017, agosto 7). *El nuevo sistema de evaluación ambiental de permisos y autorizaciones para el uso sostenible de los recursos naturales* [Blog]. <https://alvaradoyasociadoslegal.com/es/espanol-blog/el-nuevo-sistema-de-evaluacion-ambiental-de-permisos-y-autorizaciones-para-el-uso-sostenible-de-los-recursos-naturales>
- Alcaldía Municipal de San Lorenzo. (2018). *Censo municipal y diagnóstico socioeconómico de la comunidad El Rodeo*. San Lorenzo, Nicaragua: Alcaldía de San Lorenzo.
- Comisión de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica (CAPRE). (2005). *Normas centroamericanas para la calidad del agua potable*. San Salvador, El Salvador: CAPRE.
- Fontaine, E. R. (2008). *Evaluación social de proyectos* (13.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). (2021). *Censo de población y vivienda del municipio de San Lorenzo, departamento de Boaco*. Managua, Nicaragua: INIDE.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 09 002-99: Abastecimiento de agua potable. Dotaciones*. Managua, Nicaragua: INAA.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (1999). *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 09 003-99: Abastecimiento de agua potable. Diseño y construcción*. Managua, Nicaragua: INAA.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (2019). *Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 05 014-19: Agua Potable – Requisitos de calidad*. *La Gaceta, Diario Oficial*.
- La Gaceta, Diario Oficial, No. 44 (30 de octubre de 1979). *Ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA)*. Managua, Nicaragua.
- La Gaceta, Diario Oficial No. 169 (4 de septiembre de 2007). *Ley No. 620, Ley General de Aguas Nacionales*. Managua, Nicaragua.
- La Gaceta, Diario Oficial No. 103 (2 de junio de 2010). *Ley No. 722, Ley Especial de Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS)*. Managua, Nicaragua.
- MARENA. (2017). *Decreto No. 20-2017, Sistema de Evaluación Ambiental de permisos y autorizaciones para el uso sostenible de los recursos naturales*. *Gaceta Oficial de la República de Nicaragua*. <https://leap.unep.org/en/countries/ni/national-legislation/decreto-n-20-2017-sistema-de-evaluacion-ambiental-de-permisos-y>



Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (s.f.). *Metodología general para la preparación y evaluación de proyectos de inversión pública*. Dirección General de Inversiones Públicas, Nicaragua.

Organización El Porvenir. (2018). *Estudio técnico de sistemas de agua potable en comunidades rurales del departamento de Boaco*. Managua, Nicaragua: El Porvenir.

Project Management Institute. (2021). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (7.<sup>a</sup> ed.). Project Management Institute, Inc.

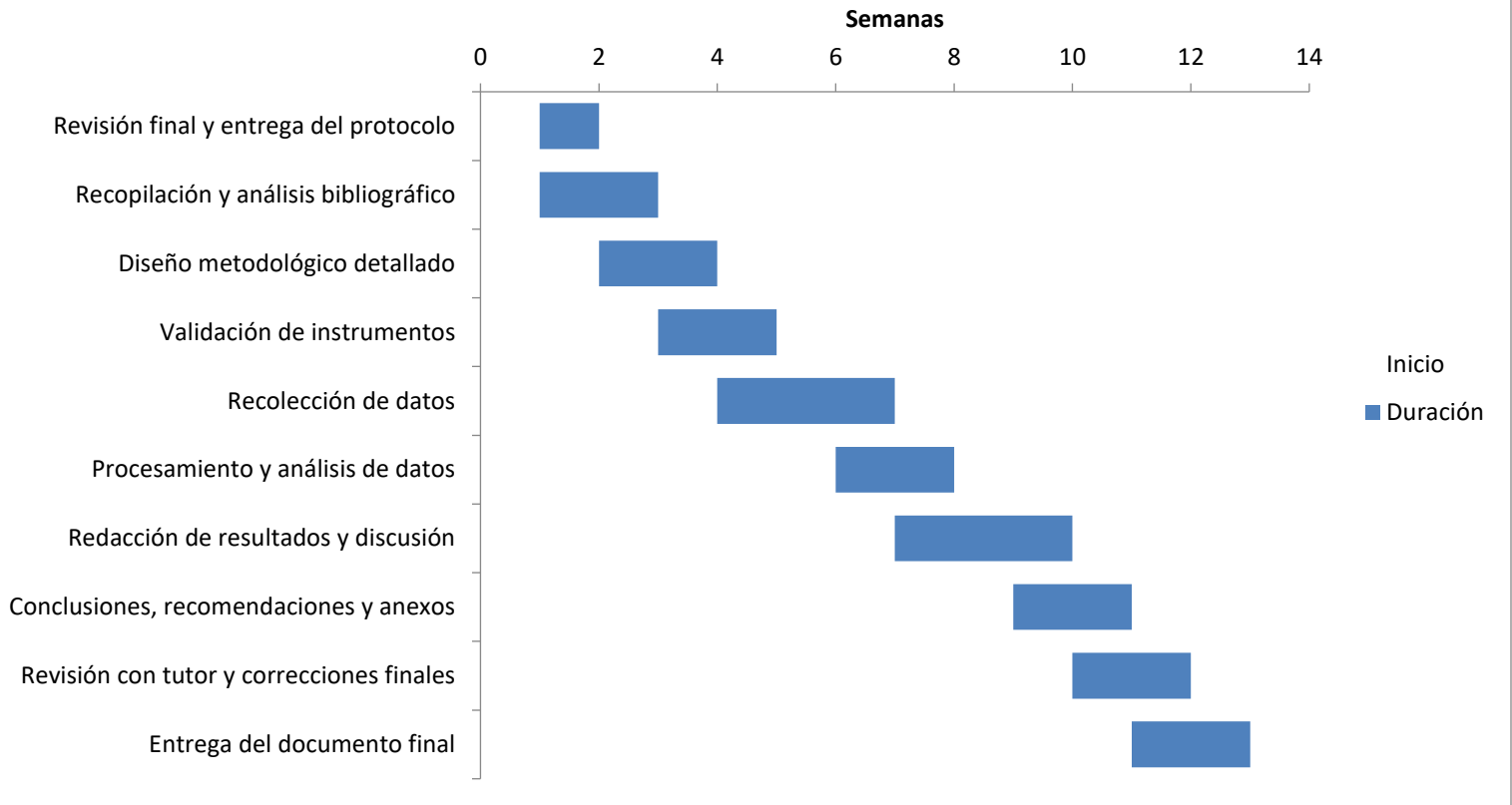
Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos* (5.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Interamericana S.A.



## ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### Cronograma

#### Diagrama de Gantt (Semanas) - Tesis





## ANEXOS

**Tabla 27**

*Inversión en infraestructura.*

ETAPAS / SUBETAPAS		ACTIVIDADES	UM	CANTIDAD	COSTO (C\$)	
					UNITARIO	TOTAL
<b>010</b>	<b>0</b>	<b>PRELIMINARES</b>				134,781.47
010	1	LIMPIEZA INICIAL	M <sup>2</sup>	400.00	17.92	<b>7,537.87</b>
010	2	TRAZO Y NIVELACION	M <sup>2</sup>	400.00	25.00	<b>10,516.00</b>
10	3	CONSTRUCCIONES TEMPORALES	M <sup>2</sup>	100.00	750.00	<b>78,870.00</b>
010	4	ROTULOS	C/U	2.00	18,000.00	<b>37,857.60</b>
<b>020</b>	<b>0</b>	<b>LINEAS DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION</b>				10,248,592.63
020	1	EXCABACION PARA TUBERIAS	M <sup>3</sup>	123.71	370.00	<b>48,134.57</b>
020	2	RELLENO Y COMPACTACION	M <sup>3</sup>	123.71	410.00	<b>53,338.31</b>
20	3	TUBERIAS DE LINEA DE CONDUCCION	ML	708.79	2,900.00	<b>2,161,554.34</b>
020	4	TUBERIAS DE RED DE DISTRIBUCION	ML	3,418.80	2,200.00	<b>7,909,462.18</b>
020	5	ACARREO DE TIERRA	M <sup>3</sup>	160.82	450.00	<b>76,103.24</b>
<b>040</b>	<b>0</b>	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>				2,741,931.32
040	2	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	C/U	1.00	2,607,390.00	<b>2,741,931.32</b>
<b>060</b>	<b>0</b>	<b>FUENTE DE OBRAS DE TOMA</b>				2,499,303.67
060		ESTACION DE BOMBEO CON SARTA	C/U	1.00	2,376,667.62	<b>2,499,303.67</b>
<b>070</b>	<b>0</b>	<b>CONEXIONES</b>				1,245,094.40
070	1	CONEXIONES INTRADOMICILIARES	C/U	148.00	8,000.00	<b>1,245,094.40</b>
<b>090</b>	<b>0</b>	<b>LIMPIEZA Y ENTREGA</b>	C/U			31,954.57



090	1	LIMPIEZA FINAL	GL B	1.00	30,386.62	<b>31,954.57</b>
<b>GRAN TOTAL (CORDOBAS)</b>						<b>16,901,658.06</b>

**Tabla 28.**

*Activos diferidos.*

Descripción	%	Monto C\$
Formulación	5	C\$ 845,082.90
Supervisión	5	C\$ 845,082.90
<b>Total</b>	<b>C\$</b>	<b>1,690,165.81</b>

**Tabla 29.**

*Proyección de la demanda para los próximos 20 años*

#	Tiempo Proyecto Año	Proyección Población Habitantes	Consumo Promedio		Consumo Máximo Diario		Consumo Máximo Por Hora		Viviendas Proyectadas
			GPD	LPD	GPM	LPS	GPM	LPS	
...	2015	890	....	....	....	....	....	....	0
0	2025	1289	24520	92808	25.5416	1.6113	42.5694	2.6854	148
1	2026	1321	25133	95128	26.1802	1.6515	43.6336	2.7526	152
2	2027	1354	25761	97506	26.8347	1.6928	44.7244	2.8214	155
3	2028	1388	26405	99944	27.5055	1.7351	45.8425	2.8919	159
4	2029	1423	27065	102443	28.1932	1.7785	46.9886	2.9642	163
5	2030	1458	27742	105004	28.8980	1.8230	48.1633	3.0383	167
6	2031	1495	28436	107629	29.6204	1.8686	49.3674	3.1143	172
7	2032	1532	29147	110320	30.3609	1.9153	50.6016	3.1921	176
8	2033	1571	29875	113078	31.1200	1.9632	51.8666	3.2719	180



9	2034	1610	3062 2	11590 4	31.8980	2.012 2	53.163 3	3.353 7	185
10	2035	1650	3138 8	11880 2	32.6954	2.062 5	54.492 4	3.437 6	189
11	2036	1691	3217 2	12177 2	33.5128	2.114 1	55.854 7	3.523 5	194
12	2037	1734	3297 7	12481 6	34.3506	2.167 0	57.251 0	3.611 6	199
13	2038	1777	3380 1	12793 7	35.2094	2.221 1	58.682 3	3.701 9	204
14	2039	1821	3464 6	13113 5	36.0896	2.276 7	60.149 4	3.794 4	209
15	2040	1867	3551 2	13441 4	36.9919	2.333 6	61.653 1	3.889 3	214
16	2041	1914	3640 0	13777 4	37.9167	2.391 9	63.194 4	3.986 5	220
17	2042	1961	3731 0	14121 8	38.8646	2.451 7	64.774 3	4.086 2	225
18	2043	2010	3824 3	14474 9	39.8362	2.513 0	66.393 7	4.188 3	231
19	2044	2061	3919 9	14836 8	40.8321	2.575 8	68.053 5	4.293 0	237
20	2045	2112	4017 9	15207 7	41.8529	2.640 2	69.754 8	4.400 4	243

**Tabla 30.**

*Proyección de ingresos de tarifa social*

Año	N° viviendas	Pago mensual C\$	Ingresos C\$
2025	148	0	C\$0.00
2026	152	350	C\$638,400.00
2027	155	350	C\$651,000.00
2028	159	350	C\$667,800.00
2029	163	350	C\$684,600.00
2030	167	350	C\$701,400.00
2031	172	350	C\$722,400.00
2032	176	350	C\$739,200.00
2033	180	350	C\$756,000.00
2034	185	350	C\$777,000.00
2035	189	350	C\$793,800.00
2036	194	350	C\$814,800.00
2037	199	350	C\$835,800.00



2038	204	350	C\$856,800.00
2039	209	350	C\$877,800.00
2040	214	350	C\$898,800.00
2041	220	350	C\$924,000.00
2042	225	350	C\$945,000.00
2043	231	350	C\$970,200.00
2044	237	350	C\$995,400.00
2045	243	350	C\$1,020,600.00

**Tabla 31.**

*Gastos de personal de mantenimiento*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Trabajadores	1
Salario mensual unitario (C\$)	7,419.90
Salario mensual total (C\$)	7,419.90
Prestaciones sociales %	36.90%
Gasto en salario anual total C\$	121,983.16

**Tabla 32.**

*Gastos de material de mantenimiento*

<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Monto (C\$)</b>
Materiales	1%	169,016.58

**Tabla 33.**

*Costo de cloración del agua*

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Costo (C\$/m3)	0.94
Dotación mensual (m3)	870.65
Costo anual C\$	C\$ 9,820.96



**Tabla 34.**

*Costo anual de operaciones*

<b>Descripción</b>	<b>Costo anual C\$</b>
Mantenimiento	290,999.74
Gastos Administrativos	219,855.40
Cloración	9,820.96
Total	520,676.10



**Tabla 35.**

*Flujo de efectivo (primeros 10 años)*

Flujo de tiempo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS		C\$ 638,400.00	C\$ 651,000.00	C\$ 667,800.00	C\$ 684,600.00	C\$ 701,400.00	C\$ 722,400.00	C\$ 739,200.00	C\$ 756,000.00	C\$ 777,000.00	C\$ 793,800.00
COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN		C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10
<b>COSTOS TOTALES</b>		C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10
DEPRECIACIÓN ANUAL DE COMPONENTES DE OBRAS DE TOMA		C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -
DEPRECIACIÓN TOTAL		C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -
FORMULACIÓN Y SUPERVISIÓN	C\$ 1,690,165.81	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29
INTERES		C\$465,920.60	C\$ 436,686.22	C\$ 404,528.42	C\$ 369,154.83	C\$ 330,243.88	C\$ 287,441.83	C\$ 240,359.59	C\$ 188,569.11	C\$ 131,599.59	C\$ 68,933.12
UTIL. ANTES DE IR		-C\$ 882,579.64	-C\$ 840,745.27	-C\$ 791,787.46	-C\$ 739,613.87	-C\$ 683,902.92	-C\$ 170,226.22	-C\$ 106,343.97	-C\$ 37,753.50	C\$ 40,216.02	C\$ 119,682.49
IR (30%)		-C\$ 70,606.37	-C\$ 67,259.62	-C\$ 63,343.00	-C\$ 59,169.11	-C\$ 54,712.23	-C\$ 13,618.10	-C\$ 8,507.52	-C\$ 3,020.28	C\$ 3,217.28	C\$ 9,574.60
UTIL. DESPUES DE IR		-C\$ 811,973.27	-C\$ 773,485.65	-C\$ 728,444.47	-C\$ 680,444.76	-C\$ 629,190.69	-C\$ 156,608.12	-C\$ 97,836.45	-C\$ 34,733.22	C\$ 36,998.74	C\$ 110,107.89
DEPRECIACIÓN		C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ 449,874.66	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -
FORMULACIÓN Y SUPERVISIÓN	C\$ 1,690,165.81	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29



VALOR DE RESCATE TERRENO											
PRESTAMO											
INVERSION	C\$ 18,636,823.87										
ABONO A LA DEUDA		C\$292,343.72	C\$321,578.09	C\$353,735.90	C\$389,109.49	C\$428,020.44	C\$470,822.48	C\$517,904.73	C\$569,695.20	C\$626,664.72	C\$689,331.20
FLUJO DE EFECTIVO	-C\$ 16,946,658.06	-C\$ 569,934.04	-C\$ 560,680.79	-C\$ 547,797.41	-C\$ 535,171.30	-C\$ 522,828.18	-C\$ 542,922.31	-C\$ 531,232.89	-C\$ 519,920.13	-C\$ 505,157.69	-C\$ 494,715.01
FNE ACTUALIZADO		-C\$ 527,716.70	-C\$ 480,693.41	-C\$ 434,859.25	-C\$ 393,366.88	-C\$ 355,828.07	-C\$ 342,133.15	-C\$ 309,969.29	-C\$ 280,896.67	-C\$ 252,704.61	-C\$ 229,148.77
FNE ACUMULADO	C\$ 16,946,658.06	-C\$ 527,716.70	-C\$ 1,008,410.11	-C\$ 1,443,269.36	-C\$ 1,836,636.24	-C\$ 2,192,464.31	-C\$ 2,534,597.47	-C\$ 2,844,566.76	-C\$ 3,125,463.43	-C\$ 3,378,168.04	-C\$ 3,607,316.81



**Tabla 36.**

*Flujo de caja. Últimos 10 años.*

Flujo de tiempo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
INGRESOS	C\$ 814,800.00	C\$ 835,800.00	C\$ 856,800.00	C\$ 877,800.00	C\$ 898,800.00	C\$ 924,000.00	C\$ 945,000.00	C\$ 970,200.00	C\$ 995,400.00	C\$ 1,020,600.00
COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10
<b>COSTOS TOTALES</b>	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10	C\$ 520,676.10
DEPRECIACIÓN ANUAL DE COMPONENTES DE OBRAS DE TOMA	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -
DEPRECIACIÓN TOTAL	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -
FORMULACIÓN Y SUPERVISIÓN	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29
INTERES	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -
UTIL. ANTES DE IR	C\$ 209,615.61	C\$ 230,615.61	C\$ 251,615.61	C\$ 272,615.61	C\$ 293,615.61	C\$ 318,815.61	C\$ 339,815.61	C\$ 365,015.61	C\$ 390,215.61	C\$ 415,415.61
IR (30%)	C\$ 16,769.25	C\$ 18,449.25	C\$ 20,129.25	C\$ 21,809.25	C\$ 23,489.25	C\$ 25,505.25	C\$ 27,185.25	C\$ 29,201.25	C\$ 31,217.25	C\$ 33,233.25
UTIL. DESPUES DE IR	C\$ 192,846.36	C\$ 212,166.36	C\$ 231,486.36	C\$ 250,806.36	C\$ 270,126.36	C\$ 293,310.36	C\$ 312,630.36	C\$ 335,814.36	C\$ 358,998.36	C\$ 382,182.36
DEPRECIACIÓN	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -	C\$ -
FORMULACIÓN Y SUPERVISIÓN	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29	C\$ 84,508.29



VALOR DE RESCATE TERRENO											C\$ 45,000.00
PRESTAMO											
INVERSION											
ABONO A LA DEUDA	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00	C\$0.00
FLUJO DE EFECTIVO	C\$ 277,354.65	C\$ 296,674.65	C\$ 315,994.65	C\$ 335,314.65	C\$ 354,634.65	C\$ 377,818.65	C\$ 397,138.65	C\$ 420,322.65	C\$ 443,506.65	C\$ 511,690.65	C\$ 511,690.65
FNE ACTUALIZADO	C\$ 118,952.66	C\$ 117,813.59	C\$ 116,190.58	C\$ 114,161.58	C\$ 111,795.63	C\$ 110,281.66	C\$ 107,334.25	C\$ 105,185.34	C\$ 102,765.84	C\$ 109,782.31	C\$ 109,782.31
FNE ACUMULADO	-C\$ 3,488,364.15	-C\$ 3,370,550.57	-C\$ 3,254,359.99	-C\$ 3,140,198.41	-C\$ 3,028,402.78	-C\$ 2,918,121.12	-C\$ 2,810,786.87	-C\$ 2,705,601.53	-C\$ 2,602,835.69	-C\$ 2,493,053.38	-C\$ 2,493,053.38

**Tabla 37.**

*Cálculos de variables financieras*

<b>VPN</b>	<b>-C\$ 19,439,711.44</b>
TIR	-11.48%
RBC	0.13
Periodo de recuperación	10.00

**Tabla 38.**

<b>Cálculos de variables socioeconómicas TSD 8%</b>	
VANE	TIRE
-C\$19,309,867.21	#¡NUM!