



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DE SISTEMA DE MINIAUEDUCTO POR BOMBEO, EN LA
COMUNIDAD EL BOSQUE, MUNICIPIO DE JALAPA-NUEVA SEGOVIA”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Vilma Fernanda Fernández Reyes

Br. Idalmis Dolores González Lagos

Tutor

Ing. María Elena Baldizón Aguilar

Managua, noviembre 2020



DEDICATORIA

De todo corazón y con mucha gratitud dedico este trabajo:

A Dios nuestro señor, por darme la vida, sabiduría y la voluntad de seguir siempre adelante; por cuidar en todo momento de mi familia y de mí, por estar siempre conmigo en mis momentos más felices y en los más oscuros e inciertos de mi vida, gracias por no desampararme.

A mis padres; Fermina Reyes y Justo Fernández. Gracias por siempre estar ahí para mí, brindándome su ayuda y comprensión. Porque a pesar de todas las circunstancias adversas, siempre han luchado en la vida por sacar adelante a sus hijas, se sacrificaron para darnos lo mejor y su amor fue lo que me motivo para lograr realizarme como profesional y seguir en la lucha para ejercer mi carrera y continuar alcanzando metas para un futuro lleno de éxitos. Por todo lo que me han dado, la culminación de estos años de estudio, la recompensa de este proceso agri dulce, es de ustedes, tanto o más que mía. ¡Todo es y seguirá siendo por ustedes!

A mis hermanas; Jackeline, Stephanie y Gabriela que en el día a día con su presencia, respaldo y cariño me impulsan para salir adelante, además de saber que mis logros también son los suyos. Pues han sido un cimiento para la construcción de mi vida. Gracias por siempre estar ahí para mí, en los buenos y malos momentos, brindándome su ayuda y comprensión en los momentos que lo he necesitado. Por llenarme de alegría día tras día, por el aporte que le han proporcionado a mi vida.

A mis amigos; Jorge, Estela, Hazel, Nidia, Eli, Pedro. Por ser parte importante para mi vida, gracias por brindarme su amistad, sus ánimos, sus consejos, sus preocupaciones y por haberme brindado su apoyo en el desarrollo de mi carrera. Ustedes aportaron un grano de arena para que mis días fueran mejores y siempre atesorare los momentos que compartimos durante nuestro recorrido en la Universidad.

A mi compañera Idalmis que me tuvo paciencia en todos los aspectos, me brindó su apoyo incondicional y fue como un docente compartiendo sus conocimientos conmigo. Gracias por confiar en mi como compañera para desarrollar nuestro trabajo monográfico.

Br. Vilma Fernández Reyes



DEDICATORIA

De todo corazón y con mucha gratitud dedico esta monografía:

A Dios por regalarme cada día de vida, por darme la sabiduría y fortaleza para poder culminar este proceso de carrera universitaria, que no ha sido la etapa más fácil, pero si una de las más importantes y satisfactorias para mí.

A mi madre, Daysi del Socorro Lagos por su apoyo incondicional, su amor inmenso, su presencia y paciencia, por sus oraciones diarias para que pudiera avanzar hasta la meta, por su inigualable esfuerzo por sacarnos adelante en todo este tiempo, por su entrega y fortaleza, una persona que no teme a los retos, que no se deja vencer y que lucha a pesar de lo que se le presente en el camino, a ella que es el mejor ejemplo que tengo a seguir.

A la memoria de mi padre, Julio César González Peña que siempre estuvo apoyándome, dándome consejos, sus oraciones y palabras de aliento, que se preocupó porque yo culminara mi carrera, que tuviese algo con que defenderme, él que se sentía tan orgulloso de mí, creía tanto en lo que pudiese lograr, esa persona que dio todo su esfuerzo para que no nos faltara nada. Estuvo conmigo en las buenas y malas.

A mis padres dedico cada uno de mis logros, porque gracias a ellos he llegado hasta este momento, ambos me dieron ese ánimo, ese entusiasmo y entrega que me ayudó para continuar en esta meta.

A mis hermanos que siempre han dado su apoyo incondicional y oraciones diarias en todo este proceso, ellos que siempre se han alegrado por cada logro que he tenido y me han aconsejado en cada etapa de mi vida.

A mi compañera de monografía Vilma Fernández, por el gran esfuerzo y dedicación, por su apoyo, pero sobre todo por la paciencia que me tuvo en este tiempo que trabajamos juntas, por su tiempo y entrega.

No fue un proceso sencillo, en el camino hubo altas y bajas, pero aun así lo mejor de todo fue no darse por vencido porque al final siempre hay una recompensa por cada esfuerzo realizado.

Br. Idalmis González Lagos



AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos en primer lugar a Dios, nuestro padre celestial, por darnos el regalo de la vida, por haber concluido con los estudios académicos, ser nuestra fortaleza y guía para culminar con nuestra meta.

A nuestros padres y familiares, por inculcarnos buenos valores, habernos guiado cuando lo necesitamos, cuidarnos con amor, paciencia y dedicación; por habernos brindado su apoyo y confianza, sin ellos no hubiese sido posible el recorrer este camino tan largo.

Un cordial agradecimiento a nuestra tutora, Msc. Ing. María Elena Baldizón Aguilar, por su amable atención, tiempo, responsabilidad, paciencia, apoyo y ayuda en todo momento, no cabe duda que, sin su eficaz asistencia, esto no hubiese sido posible.

A todos los docentes que nos impartieron con paciencia y dedicación, sus enseñanzas que nos ayudaron a alcanzar nuestros logros académicos durante estos años de carrera.

A todas las personas que de alguna u otra forma han contribuido en la culminación de nuestro trabajo monográfico.

Br. Vilma Fernández Reyes
Br. Idalmis González Lagos



RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de abastecimiento de agua potable está localizado en el poblado de El Bosque, a 314 km de la ciudad capital y 18 km de la ciudad de Jalapa, siendo un municipio que se caracteriza por presentar un relieve regular demarcándose valles y zonas con elevaciones que oscilan entre los 500 msnm hasta más de 700 msnm, con pendientes entre planas a casi planas en los valles. Estas condiciones peculiares de altura denotan un clima caliente y sub-húmedo con precipitaciones entre los 800 y 2000 mm/año y temperaturas entre los 13.90 °C hasta los 32.7 °C, siendo el comportamiento promedio a lo largo del año de 24.40 °C.

La población existente en la comunidad El Bosque para el 2016 según registros del CAPS y la municipalidad es de 343 habitantes, con un índice habitacional de 4.29 hab/viv. La tasa de crecimiento calculada es de 2.75%, lo que proyecta que, para el final del periodo de diseño, correspondiente al año 2040 la población de la comunidad será de 658 habitantes aproximadamente.

Uno de las principales problemáticas en la comunidad es la falta de abastecimiento al agua potable. El 100% de la comunidad se abastece de un pozo perforado equipado con bomba de mecate y sin ningún tipo de tratamiento. Durante la época lluviosa, los pobladores recogen agua de lluvia captada en los techos de sus viviendas. Esta es utilizada únicamente para uso doméstico y aseo personal.

El sistema propuesto esta conceptualizado operar mediante una configuración del tipo **Fuente-Tanque-Red**. La obra de toma propuesta será un pozo perforado existente de 173 pies de profundidad que está ubicado en las coordenadas E 0602977, N 1554428. Según prueba de bombeo este pozo tiene capacidad de un caudal de 44 gpm de los cuales se requieren únicamente 1.13 l/s (17.85 gpm) para un tiempo de bombeo máximo de 16 hrs mediante el uso de un equipo de bombeo sumergible de 1.5 HP de potencia. El agua será bombeada desde el pozo



perforado a través de una tubería de impulsión de 50 mm (2") de diámetro hasta el tanque de almacenamiento, ubicado a 180 metros de distancia.

Finalmente, desde el tanque de almacenamiento de 5,291 gln soportado en torre de acero de 5 m de altura, el agua será transportada hasta la red de distribución que comprende 4,441 metros lineales de tuberías PVC SDR 26 con diámetros de 50 mm y 75 mm, garantizando el suministro de agua en condiciones menos favorables correspondiente al CMH que corresponde a 1.79 lps para el año 2040.



Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PROPUESTO	7
2.1 Ubicación de la comunidad	7
2.2 Clima de la zona de estudio	9
2.3 Uso del suelo.....	9
2.4 Geología e hidrogeología	11
2.4.1 Geomorfología regional	11
2.4.2 Geomorfología local.....	12
2.5 Hidrogeología	12
2.6 Hidrología	13
2.7 Servicios básicos.....	14
2.7.1 Abastecimiento de agua existente	15
2.7.1.1 Problema principal	15
2.7.1.2 Cobertura de agua potable	15
2.7.2 Educación	16
2.7.3 Salud.....	16
2.7.4 Transporte.....	16
2.7.5 Energía Eléctrica.....	16
2.7.6 Telefonía.....	16
2.7.7 Condiciones higiénico sanitarias	17
2.7.7.1 Saneamiento.....	17
2.7.7.2 Aguas grises	17
2.7.7.3 Manejo de la basura	17
2.7.8 Vías y medios de comunicación terrestres	17
3. MARCO TEÓRICO	18



3.1 Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE)	18
3.2 Elementos de un sistema de abastecimiento de agua potable.....	18
3.2.1 Fuente de abastecimiento.....	18
3.2.1.1 Fuentes superficiales	19
3.2.1.2 Aguas sub-superficiales	19
3.2.1.3 Fuentes subterráneas	19
3.3 Obra de captación	19
3.3.1 Captación de aguas superficiales	20
3.3.2 Captación de aguas subterráneas	20
3.3.2.1 Pozos.....	20
3.4 Estación de bombeo.....	20
3.4.1 Equipo de bombeo y motor	21
3.4.1.1 Bomba vertical	21
3.4.1.2 Motor.....	21
3.4.2 Prueba de bombeo	21
3.4.3 Tiempo de bombeo	21
3.5 Líneas de conducción.....	22
3.5.1 Línea de conducción por gravedad.....	22
3.5.2 Línea de conducción por bombeo.....	22
3.6 Golpe de ariete	23
3.7 Red de distribución.....	23
3.7.1 Tipos de redes	24
3.8 Almacenamiento.....	24
3.8.1 Capacidad.....	25
3.8.2 Clase y tipos de tanques.....	25
3.9 Calidad del agua.....	26
3.9.1 Tratamiento.....	27
3.9.1.1 Desinfección	28
3.9.1.2 Cloración.....	28
3.10 Proyección de la población.....	29
3.11 Dotación y población a servir y nivel de servicio	30
3.11.1 Dotación.....	30
3.11.2 Periodo de diseño	30
3.11.3 Variaciones de consumo.....	30



3.11.3.1 Consumo Promedio Diario (CPD)	31
3.11.3.2 Consumo Máximo Día (CMD)	31
3.11.3.3 Consumo Máximo Hora (CMH)	31
3.11.4 Pérdidas en el sistema.....	31
4. DISEÑO METODOLÓGICO.....	32
4.1 Estudios básicos de campo	32
4.1.1 Evaluación socioeconómica.....	32
4.1.2 Análisis de las fuentes de abastecimiento	32
4.1.3 Levantamiento topográfico.....	33
4.1.4 Estudio de suelo	33
4.2 Estudios de gabinete	34
4.2.1 Demanda y oferta de agua	34
4.2.2 Obra de captación y bombeo	34
4.2.2.1 Captación.....	34
4.2.2.2 Estación de bombeo	34
4.2.3 Análisis y calculo hidráulico del sistema	36
4.2.4 Análisis de costo y presupuesto.....	37
4.3 Normas y criterios de diseño	37
4.3.1 Periodos de diseños	37
4.3.2 Proyección de la población	38
4.3.3 Consumos.....	39
4.3.3.1 Dotación.....	39
4.3.3.2 Pérdidas en el sistema.....	40
4.3.3.3 Consumos y factores de consumo pico	40
4.3.4 Fuente de abastecimiento.....	41
4.3.5 Estación de bombeo	42
4.3.5.1 Diámetros de tubería de succión y descarga	42
4.3.5.2 Carga Total Dinámica	43
4.3.6 Línea de conducción por bombeo.....	44
4.3.6.1 Caudal de diseño	44
4.3.6.2 Selección del diámetro.....	45
4.3.6.3 Estudio técnico-económico	45
4.3.6.3.1 Pérdidas de carga.....	46
4.3.6.3.2 Velocidad	46



4.3.6.3.3 Golpe de ariete	47
4.3.7 Almacenamiento	48
4.3.7.1 Volumen del tanque (VT)	48
4.3.7.2 Dimensiones del tanque	48
4.3.7.3 Altura de rebose del tanque	49
4.3.8 Red de distribución	49
4.3.8.1 Concentración de caudales en los nodos	49
4.3.8.2 Condición de análisis para la simulación hidráulica de la red	50
4.3.8.3 Presiones de Servicio en la red de distribución	50
4.3.8.4 Velocidad del flujo	50
4.3.8.5 Tipos de tubería y diámetro mínimo a utilizar	50
4.3.8.6 Coeficiente de flujo	51
4.3.8.7 Coberturas de las tuberías.....	51
4.3.8.8 Flexión longitudinal	51
4.3.8.9 Conexiones domiciliarias	51
4.3.9 Estructuras complementarias.....	52
4.3.10 Resumen de criterios adoptados	52
5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	53
5.1 Estudio Socioeconómico	53
5.1.1 Población y vivienda	53
5.1.2 Actividad económica e ingresos mensuales	54
5.1.3 Salud.....	55
5.2 Estudio de población y demanda de agua.....	55
5.2.1 Proyección de la población	55
5.2.2 Proyección de la demanda de agua.....	58
5.2.3 Demanda de agua por elemento del sistema	59
5.3 Diseño de los elementos de abastecimiento	60
5.3.1 Diseño del Pozo Perforado (PP)	60
5.3.2 Estación de bombeo	63
5.3.3 Línea de impulsión	69
5.3.4 Obras de almacenamiento	71
5.3.5 Red de distribución	73
5.3.5.1 Resultados de la simulación de EPANET	75
5.3.5.2 Nivel de servicio.....	83



5.3.6 Sistema de tratamiento	84
5.3.6.1 Selección de tecnología	84
5.3.6.2 Dosificación del cloro	85
5.3.6.3 Tiempo de contacto	86
5.3.6.4 Capacidad requerida de la estación de cloración	86
5.3.6.5 Bomba dosificadora de cloro.....	88
5.4 Descripción del sistema de abastecimiento de agua propuesto.....	90
5.4.1 Conceptualización del proyecto	90
5.4.2 Obras propuestas	91
5.4.2.1 Obra de toma	91
5.4.2.2 Línea de impulsión.....	91
5.4.2.3 Tanque de almacenamiento.....	91
5.4.2.4 Línea de aducción.....	92
5.4.2.5 Red de distribución	92
5.4.2.6 Tratamiento.....	92
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
6.1 Conclusiones.....	93
6.2 Recomendaciones.....	96
7. BIBLIOGRAFÍA	97
Anexo I. Estación de bombeo.....	I
Anexo II. Dimensionamiento de tanque de almacenamiento.....	III
Anexo III. Línea de conducción	IV
Anexo IV. Gradiente, Celeridad y Golpe de ariete.....	IV
Anexo V. Resultados de análisis físico químico, metal pesado y bacteriológico para agua subterránea en El Bosque, Jalapa	V
Anexo VI. Estudio de Suelo.....	VI
Anexo VII. Resultados de simulación en Epanet.....	IX
Anexo VIII. Encuesta Comunidad El Bosque	XVIII
Anexo IX. Costo y Presupuesto.....	XXI
Anexo X. Planos constructivos del sistema de abastecimiento de agua	XXII



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Población del sector más importante.....	53
Gráfico 2. Población por sector Comunidad El Bosque	54
Gráfico 3. Ingresos mensuales	54
Gráfico 4. Enfermedades comunes.....	55
Gráfico 5. Curva de crecimiento poblacional comunidad El Bosque	58
Gráfico 6. Curva característica de la bomba	64
Gráfico 7. Curva característica de la bomba seleccionada vs fabricante	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macro localización del área de estudio	8
Figura 2. Micro localización del área de estudio	8
Figura 3. Precipitación y temperatura anual en el área de estudio	9
Figura 4. Uso de suelo actual sub cuenca Jalapa.....	10
Figura 5. Uso de suelo actual sitio del proyecto.....	11
Figura 6. Hidrogeología del área de estudio	13
Figura 7. Áreas de recarga hídrica.....	14
Figura 8. Pendientes y elevaciones en el área de estudio	14
Figura 9. Modelo de Bomba sumergible	36
Figura 10. Características del pozo perforado existente	62
Figura 11. Esquema de la sarta de bombeo y sus componentes	67
Figura 12. Esquema de tanque de almacenamiento.....	73
Figura 13. Esquema de estructuración del modelo hidráulico.....	75
Figura 14. Esquema de sectorización del modelo hidráulico de la red	78
Figura 15. Esquema de Línea de conducción y línea de aducción en la red	79
Figura 16. Resultado de simulación hidráulica en condición de CMH	80
Figura 17. Isoyetas de presión en condición de CMH.....	81
Figura 18. Resultado de simulación hidráulica en condición de consumo cero .	82
Figura 19. Isoyetas de presión en condición de consumo cero	83
Figura 20. Dosificador de cloro con bomba eléctrica	85
Figura 21. Bomba dosificadora de cloro.....	89



Figura 22 . Mapa base de la comunidad El Bosque, Jalapa 90





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inventario de obras de agua comunidad El Bosque.....	15
Tabla 2. Vías de acceso a la comunidad El Bosque	17
Tabla 3. Períodos de diseño	38
Tabla 4. Niveles de servicio y población a servir	39
Tabla 5. Proyección de la población futura del área de influencia del Proyecto .	41
Tabla 6. Resumen de los criterios técnicos adoptados	52
Tabla 7. Tasas de crecimiento intercensales de zonas rurales.....	56
Tabla 8. Proyección de Población.....	57
Tabla 9. Caudales de diseño	59
Tabla 10. Características del pozo existente	61
Tabla 11. Diámetro de la columna de bombeo	63
Tabla 12. Características del equipo de bombeo.....	63
Tabla 13. Características del equipo de bombeo con variación de caudal	64
Tabla 14. Características de la estación de bombeo seleccionado	66
Tabla 15. Características Técnicas de Bomba y motor seleccionados	67
Tabla 16. Horas de Bombeo	68
Tabla 17. Criterio de diámetro económico	69
Tabla 18. Revisión de las velocidades en diámetros de impulsión propuestos...	69
Tabla 19. Costo Anual de la Energía según potencia requerida	70
Tabla 20. Costo Inicial de Inversión y Costo Anual de la tubería	70
Tabla 21. Costo Total Anual de la Tubería para cada Diámetro	71
Tabla 22. Volumen de Tanque de Almacenamiento	71



Tabla 23. Características de tubería a instalar.....	77
Tabla 24. Inyección de cloro en la sarta de bombeo.....	87



ACRÓNIMOS

EPANET: Programa computarizado para análisis hidráulico de sistemas de distribución de agua potable desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Siglas en Ingles)

ETP: Evapotranspiración potencial

CAPRE: Comité Regional de instituciones de agua potable y saneamiento de Centro América, Panamá y República Dominicana.

CAPS: Comité de Agua Potable y Saneamiento

CD: Consumo Domestico

CC: Consumo Comercial

CI: Consumo Institucional

Clnd: Consumo Industrial

CPD: Caudal promedio diario

CMD: Caudal de máximo día

CMH: Caudal de máximo hora

OMS: Organización Mundial de la Salud.

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense

Km: Kilometro

m: Metros

m²: Metros Cuadrados

msnm: Metros sobre el nivel del mar

mm: Milímetros de agua de lluvia

mca: Metros de columna de agua (unidad de presión)

Lps: Litros por segundo

Lpd: Litros por persona por día

l/hab./día: Litros habitante por día

lapd: Litros alumno por día

gpm: Galones por minuto

gpd: Galones por día

°C: Grados Centígrados



- UTM:** Universal Transversal de Mercator (Sistema de coordenadas)
- NTU:** Unidades Nefelometricas de Turbidez (Siglas en Ingles)
- NEA:** Nivel Estático de Agua
- NDA:** Nivel Dinámico de Agua
- NMB:** Nivel Mínimo de Bombeo
- UC:** Unidades de Color
- Mg/l:** Miligramos por litro
- pH:** Concentración de iones de Hidronio en una solución acuosa (del francés pouvoir Hidrogéne – poder del Hidrogeno).
- Ppp:** Partes por millón
- PTAP:** Planta de Tratamiento de Agua Potable
- PP:** Pozos Perforados
- PSI:** Libra por pulgada cuadrada (unidad de presión)
- NMP/100 ml:** Número más probable por 100 mililitros
- GIS:** Sistema de información Geográfica (Siglas en ingles)
- HG:** Hierro Galvanizado
- HP:** Caballo de fuerza (unidad de potencia)
- MABE:** Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico
- VRP:** Válvula Reguladora de Presión
- SDR:** Relación diámetro por espesor de pared en tuberías
-



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Nicaragua es uno de los países de América Central que más utiliza las aguas subterráneas como fuentes de abastecimiento de agua potable, casi un 95% de los sistemas de suministros de agua potable se abastecen de estas aguas. (ENACAL, 2006)

El suministro de agua potable en nuestro país continúa siendo un gran desafío debido a que cada día se afectan más factores climáticos que ponen en riesgo la existencia de algunas fuentes de agua que no se han sabido manejar y que se han ocupado irracionalmente.

Las fuentes de agua superficiales han reducido notablemente su caudal por la deforestación de las zonas altas, producto del avance de la frontera agrícola; además, estas fuentes están siendo contaminadas por insumos agrícolas o aguas residuales de viviendas ubicadas aguas arriba de las fuentes, así como el ganado, entre otros.

El aprovechamiento de agua subterránea en la comunidad es mediante pozos existentes excavados a manos y otros perforados como fuente de abastecimiento es otra alternativa para resolver el problema de desabastecimiento de agua.

La Comunidad El Bosque, ubicada en el municipio de Jalapa, departamento de Nueva Segovia solamente tiene una obra de pozo perforado con bomba de mecate, en regulares condiciones para abastecer a la comunidad, lo cual no es suficiente, ni deseado, pues si no se tiene el debido manejo se corre el riesgo de un alto potencial de contaminación por traslado y manipulación, por lo que se requiere el diseño de un sistema de agua potable con bombeo eléctrico para abastecer al 100% de la comunidad de forma continua y de calidad durante las 24 horas y que cumpla las



Normas Técnicas para Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural (NTON 09 001-99).

Sin el equipamiento y la cobertura debida, continúa siendo un problema de ineficiencia debido a la dificultad de extraer el agua de los pozos, sino también con el traslado desde grandes distancias; sumado a esto, el riesgo de contaminación por manipulación y transporte del agua a los domicilios. Por tal razón la Alcaldía de la ciudad de Jalapa, está interesada en la realización del diseño final de las obras del proyecto de agua potable Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) en la comunidad de El Bosque para su construcción.



1.2 Antecedentes

Una de las principales problemáticas en la comunidad es la falta de abastecimiento al agua potable. El 100% de la comunidad se abastece de un pozo perforado equipado con bomba de mecate y sin ningún tipo de tratamiento. Durante la época lluviosa, los pobladores recogen agua de lluvia captada en los techos de sus viviendas. Ésta es utilizada únicamente para uso doméstico y aseo personal.

El servicio de agua potable en Nicaragua se está extendiendo mucho más y con mayor frecuencia en zonas rurales, por lo que los gobiernos en conjunto con ONG y las comunidades han unido esfuerzos y fondos para mejorar el abastecimiento de agua potable en las comunidades, dando así mejores condiciones de vida para sus habitantes y un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

El Ministerio de Salud dio la responsabilidad de iniciar el primer programa de agua y saneamiento rural en Nicaragua hasta el año de 1977, el cual se denominó plan nacional de saneamiento básico rural. Según el Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural (SIESAR), en el municipio de Jalapa existen cinco sistemas de Mini acueductos por Bombeo Eléctrico (MABE), los cuales se sitúan en las comunidades El Portillo, La Mía, Fuente de Agua Viva, Fuente de Bendición y la comunidad el Carbón – Las Delicias.

La comunidad de El Bosque es rural concentrada con una población total de 343 personas (80 familias) distribuidas en 80 en igual número de viviendas, para el cual no existe estudio de diseño del Acueducto. En septiembre de 2016 a través de la Alcaldía, la empresa AQUATEC realizó estudio Hidrológico y de calidad del agua del pozo perforado existente en la comunidad, el cual se utilizaría para el estudio y diseño del sistema de agua MABE.

1.3 Justificación

El sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) establece Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos; y en la Meta 6.1: Lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos. El Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento (PCM) expresa que con este ODS se pretende lograr el acceso universal, en lugar de limitarse a reducir a la mitad el porcentaje de la población que carece de acceso a este recurso. En segundo lugar, insta a que el acceso sea equitativo, es decir, reducir las desigualdades en los niveles de servicio entre los diferentes subgrupos de la población. En tercer lugar, especifica que el agua potable debe ser segura, asequible y accesible para todos (UNICEF 2017).

La población de la comunidad de El Bosque no cuenta con un sistema de agua potable de distribución domiciliar. Como resultado se tiene una comunidad con limitantes para abastecerse, con un mal servicio, discontinuo en ocasiones y con agua que se contamina con facilidad por su traslado y manipulación, también ha de tomarse en cuenta la falta de tratamiento a nivel de hogares en la mayoría de los casos; mucha del agua extraída por estas bombas de mecate se pierde en el trayecto de succión y mucha se vierte fuera de los recipientes por fugas y roturas en las tuberías conectoras (más o menos un 30% del agua bombeada se pierde), es decir, que el esfuerzo o consumo de energía para extraerla es alto.

Los habitantes de esta comunidad tienen que recorrer varios kilómetros para llevar a sus casas este vital líquido, el cual es proporcionado por fuentes superficiales sin ningún tipo de tratamiento, lo que conlleva a que los pobladores puedan contraer enfermedades de origen hídrico.

Tomando en cuenta la información antes expuesta, se considera de vital importancia el diseño y construcción del sistema de agua potable que cumpla con las normativas



establecidas por el INAA y que a su vez satisfaga la necesidad inmediata y futura de la población.



1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de mini acueducto por bombeo eléctrico en la comunidad de El Bosque, municipio de Jalapa, departamento Nueva Segovia.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Obtener toda la información existente en Alcaldía, ENACAL, INIDE, etc., como topografía, estudio de suelos, Estudio hidrogeológico, Consumos de agua etc.
2. Efectuar estudio socioeconómico de la comunidad El Bosque para determinar la situación de la población a beneficiar.
3. Realizar replanteo topográfico para la verificación de la información topográfica existente para la obtención de la alti y planimetría del lugar.
4. Determinar la proyección de población para el cálculo de las variaciones de consumo.
5. Dimensionar todas las obras hidráulicas requeridas (captación, estación de bombeo, línea de conducción, almacenamiento y red de distribución) a través del uso de las normas NTON 09001-99.
6. Realizar el análisis de la red de distribución mediante el uso del software EPANET.
7. Calcular los costos y presupuestos de construcción de las obras propuestas.
8. Elaborar Informe y planos constructivos del sistema de abastecimiento de agua.



2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PROPUESTO

2.1 Ubicación de la comunidad

El área de estudio está localizada en la comunidad El Bosque en las coordenadas UTM 0602978 E 1554428 N, pertenece al municipio de Jalapa, que, a su vez a nivel político y administrativo, pertenece al departamento de Nueva Segovia. Este poblado está localizado a 314 km al norte de la ciudad de Managua y a 18 km al noreste de la ciudad de Jalapa. La comunidad más próxima a ella es la comunidad de Teotecacinte a 2 km al Suroeste y el Porvenir a 1.3 km al Noreste, ambas del municipio de Jalapa; la comunidad se ubica a 1.5 km de la frontera norte con la Republica de Honduras. **(Ver figuras 1 y 2).**

La comunidad es pequeña con una extensión aproximada de 17.89 Ha. comprendida en una llanura dentro del valle de Jalapa. La mayor parte del área de la comunidad son terrenos utilizados para la agricultura. Las viviendas se encuentran concentradas en la parte Este de la comunidad con calles bien definidas. La trama del poblado muestra una tendencia de expansión hacia el Oeste, en los terrenos baldíos que actualmente son utilizados para agricultura. La comunidad presenta una topografía completamente plana con elevaciones que varían de 670 a 690 msnm.

Figura 1. Macro localización del área de estudio

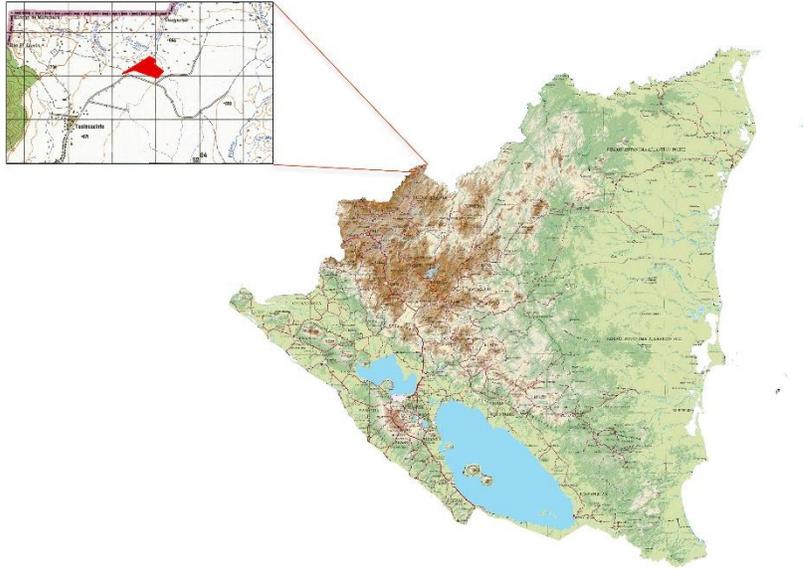
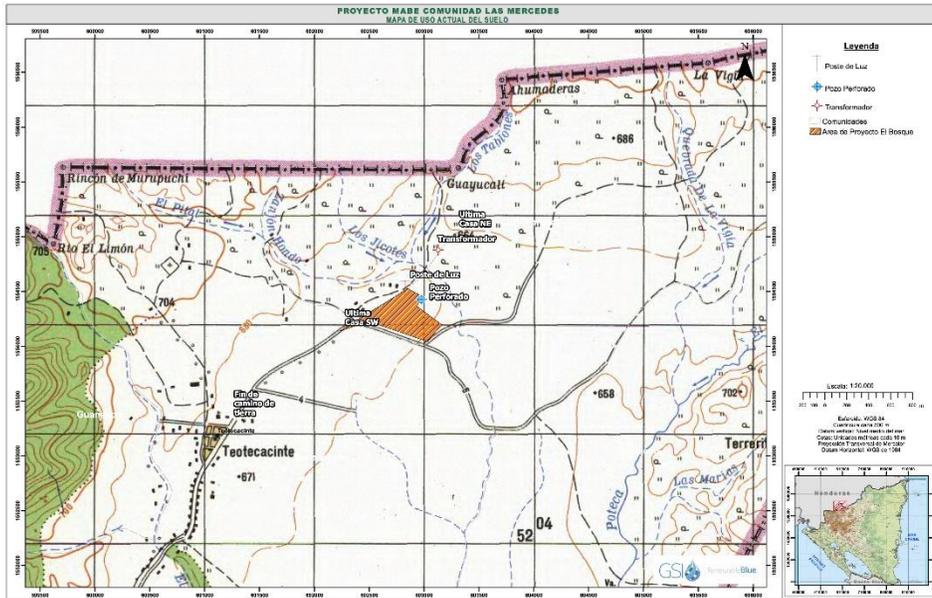


Figura 2. Micro localización del área de estudio



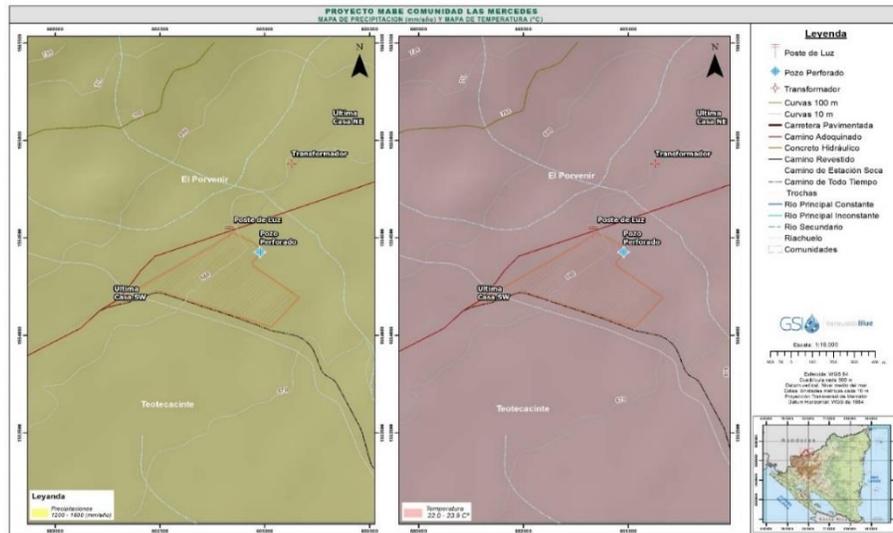
2.2 Clima de la zona de estudio

Según Köppen el proyecto se ubica en un área que está clasificada como A(C) W2 que simboliza una zona de transición hacia otros tipos de climas, presentando temperaturas medias anuales de 20 – 22°C con precipitaciones medias anuales de 1,100 a 1,600 mm, ambas a nivel regional. (Figura 3)

Se caracteriza en tener una marcada estación seca durante seis meses, desde noviembre hasta abril y un período lluvioso de mayo hasta octubre.

A nivel local se presentan datos de precipitación y temperatura anuales de 1200 – 1600 mm y 22°C – 23.9°C respectivamente. (Ref: Estudio Hidrogeológico de la comunidad El Bosque. Alcaldía Municipal de Jalapa)

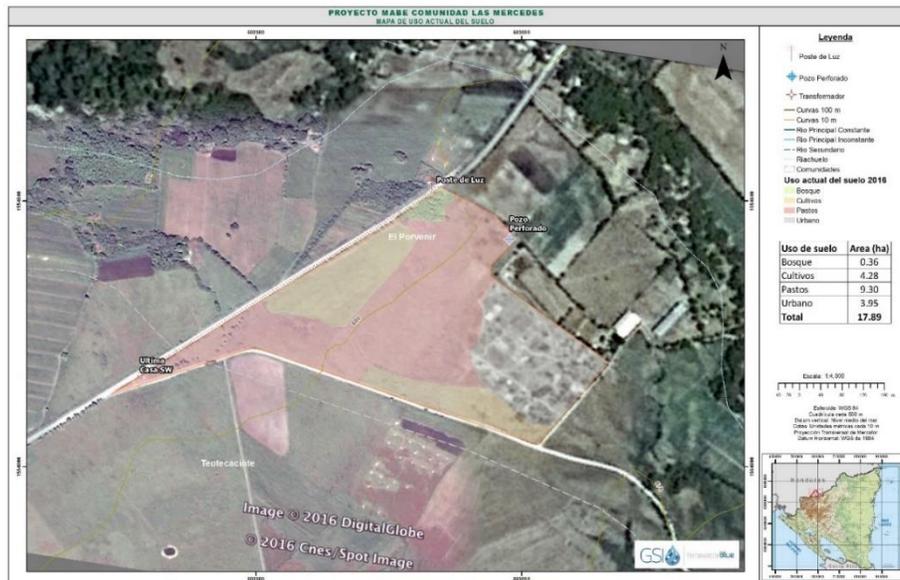
Figura 3. Precipitación y temperatura anual en el área de estudio



2.3 Uso del suelo

El uso de suelo predominante dentro de la parte de la subcuenca en territorio nacional (51%) donde se encuentra localizado el estudio corresponde a usos agropecuarios que ocupan un 87%. Los bosques de coníferas y latifoliados en la sub cuenca se encuentran ralos, ocupando una escasa área del 8.4 %. La

Figura 5. Uso de suelo actual sitio del proyecto



2.4 Geología e hidrogeología²

Se pueden distinguir una serie de provincias Geo-estructurales, a partir de las formaciones geológicas, litológicas y particularidades estructurales: Las estructuras geológicas regionales comprenden dos sistemas de fallas con rumbos NO-SE y NE-SO, las que están desarrolladas en la región central norte y se relacionan con la delimitación de las provincias geo-estructurales.

Las formaciones geológicas del área se subdividen en: Rocas Metamórficas del Paleozoico-Mesozoico, Intrusivos del Paleozoico y Terciario, Sedimentarias del Paleozoico, Mesozoico, Terciario y Cuaternario, Volcánicas del Terciario y Cuaternario.

2.4.1 Geomorfología regional

El área de estudio en su mayoría está cubierta por un relieve montañoso muy variado. Sin embargo, existen muchos valles y planicies intramontañas, que completan las características geomorfológicas de la región central.

² Ref: Estudio Hidrogeológico de la comunidad El Bosque. Alcaldía Municipal de Jalapa 2016

El área donde se ubica el proyecto está dentro de la sub provincia norte abarcando el núcleo paleozoico dentro de la cuenca No. 45 que corresponde a la del Rio coco.

Las características topográficas predominantes son cordilleras, mesas, serranías, lomas alineadas, cuevas, colinas aisladas, terrenos montañosos quebrados, y planas como las planicies del extenso valle de Jalapa con pendientes que oscilan de 0 a 5% o más. En general, el relieve dominante es severamente accidentado, como resultado de un sistema de fracturas complejas y densas³.

2.4.2 Geomorfología local

La comunidad El Bosque se encuentra ubicada en el extremo Noreste del valle de Jalapa en la provincia geomorfológica de las Tierras Altas del Interior en la sub provincia Geológica del Norte de Nicaragua.

La sub provincia comprende los terrenos del norte del departamento de Nueva Segovia, Madriz, ligeramente del departamento de Estelí y gran parte del área central y norte del departamento de Jinotega.

2.5 Hidrogeología

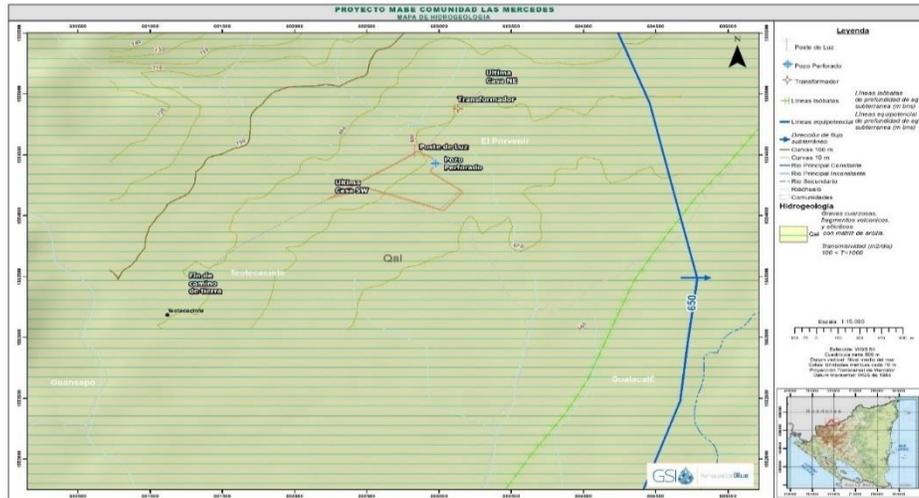
El proyecto se ubica dentro del valle de jalapa en la parte noreste; se ubica en una zona donde se intercalan sedimentos cuaternarios de diferentes estadías. La desintegración de rocas e intemperismo ha propiciado para que los sedimentos sean transportados por las corrientes pluviales hacia las partes bajas del valle y así rellenarlos con sedimentos residuales y aluviales (Qr - Qal).

Los espesores de los sueños varían entre 0 – 100 m, en ellos encontramos acuíferos porosos de permeabilidad y transmisividad variable, entre bajas y altas. Se constituye el principal acuífero de la región. La dirección del flujo subterráneo está

³ Ref: Estudio Hidrogeológico de la comunidad El Bosque. Alcaldía Municipal de Jalapa 2016

orientada hacia el este con alguna inclinación sur correspondiente al drenaje de río coco y sus afluentes.

Figura 6. Hidrogeología del área de estudio



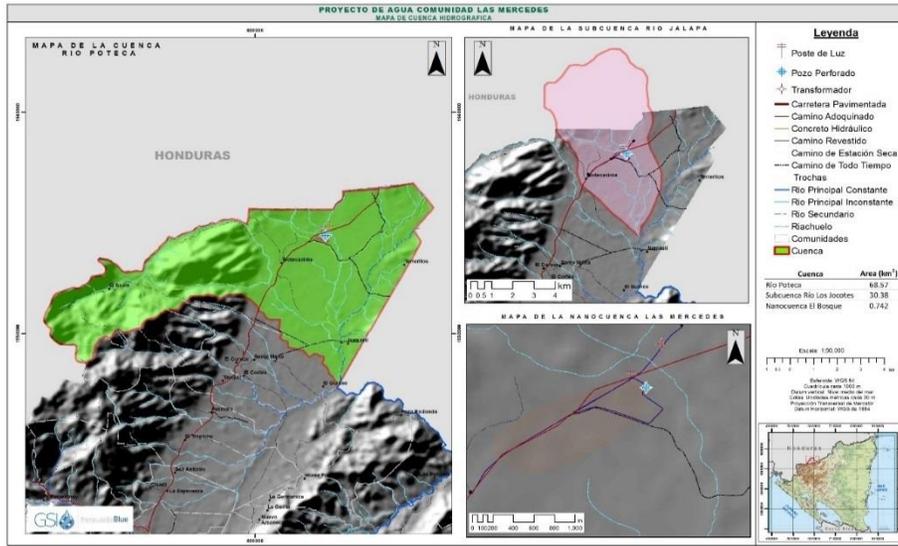
2.6 Hidrología

El área de Estudio se ubica dentro de la cuenca del Rio Poteca con un área de recarga estimada de 68.57 Km², dentro de la sub cuenca Rio Los Jocotes con un área de 30.38 Km².

Toda el área de la sub cuenca corresponde a la zona norte montañosa, frontera norte. La parte alta de la sub cuenca presenta elevaciones que van desde los 750 hasta los 700 msnm; aproximada un 50% de la sub cuenca se encuentra dentro de territorio hondureño.

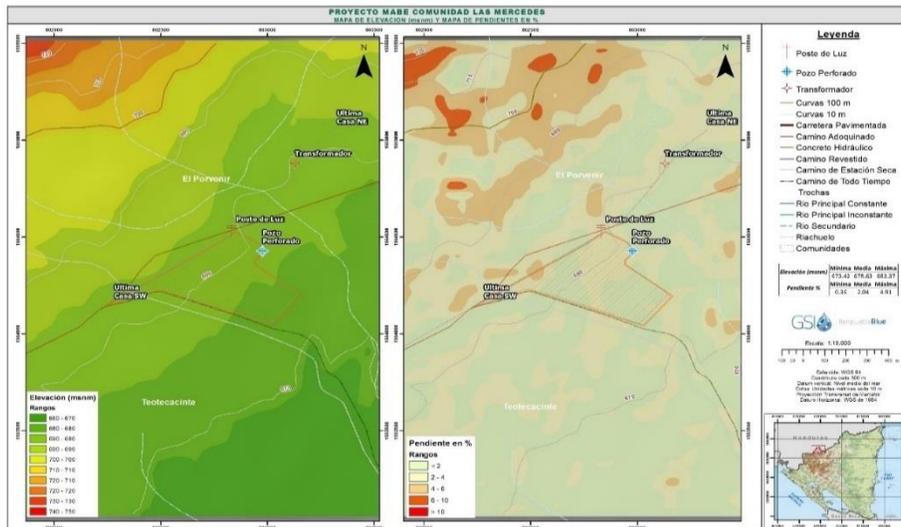
El área de interés se ubica dentro de una nano cuenca de 0.742 Km², específicamente dentro del valle de jalapa con pendientes que van de 0 a 4%, es decir, topografía plana. Esta sub cuenca abastece la parte norte del acuífero del valle jalapa y ayuda a mantener sus niveles de agua subterránea. Esta saturación favorece la infiltración secundaria necesaria para abastecer los pozos que se ubican en el límite del valle dentro de las formaciones metamórficas.

Figura 7. Áreas de recarga hídrica



Fuente. Estudio Hidrogeológico de la comunidad El Bosque. Alcaldía Municipal de Jalapa

Figura 8. Pendientes y elevaciones en el área de estudio



2.7 Servicios básicos

Como en muchas de las comunidades rurales del país, los servicios de infraestructura técnica de La comunidad El Bosque presentan deficiencias debido, principalmente, a la poca fortaleza institucional para promover nuevas inversiones

en tales sectores. El estado de situación de la infraestructura técnica de la comunidad El Bosque se resume así:

2.7.1 Abastecimiento de agua existente

El 30% de la comunidad se abastece de un pozo perforado equipado con una bomba de mecate manual en regular condición, no cuenta con ningún tipo de protección y no se le da ningún tipo de tratamiento.

El pozo no ha sido desinfestado ni ha recibido ningún tipo de mantenimiento. Este pozo esta propuesto para el estudio y diseño del sistema de agua MABE.

La comunidad no da ningún aporte mensual para la operación y mantenimiento del pozo perforado existente.

A continuación, en Tabla 1. Se describe el inventario de obras de agua disponibles en la comunidad.

Tabla 1. Inventario de obras de agua comunidad El Bosque

Descripción de la obra	Coordenadas UTM	Elevación	NEA
		(Referencia NS)	
Pozo Perforado	0602978 E	Msnm	Pies
	1554428 N	687.97	26.2

2.7.1.1 Problema principal

Falta de cobertura y abastecimiento de agua potable con servicio discontinuo y con alto potencial de contaminación por traslado y manipulación.

2.7.1.2 Cobertura de agua potable

- 282 (70%) Personas sin cobertura de agua potable.
- 100 (30%) Personas con servicio y agua de mala calidad.



2.7.2 Educación

La Comunidad cuenta con el servicio de una escuela primaria que se encuentra en buenas condiciones de infraestructura, en ella se imparten clases a 61 niños de la comunidad, las clases son impartidas desde primer grado hasta sexto grado de primaria por maestros. La escuela no cuenta con toma de agua ni cuenta con unidades de almacenamiento de agua.

2.7.3 Salud

La Comunidad no cuenta con unidad de salud (Centro o casa base), para hacer uso de este servicio se desplazan a la comunidad de Teotecacinte ubicada a 2 Km de distancia.

2.7.4 Transporte

El transporte en las vías de la comunidad es fluido, por ahí transitan tanto transporte público como privado. Cerca de la comunidad transitan buses que vienen de Jalapa hacia El Porvenir y viceversa.

2.7.5 Energía Eléctrica

Todas las viviendas de la comunidad cuentan con energía eléctrica; el poste más cercano al pozo perforado está ubicado a 180 m y del pozo al banco de transformador más cercano hay una distancia de 470 m en línea recta.

2.7.6 Telefonía

No existe cableado para telefonía dentro de la comunidad, pero existe antenas de CLARO y MOVISTAR que garantizan una buena cobertura de la telefonía móvil. Por tanto, la comunicación vía celular es muy buena.



2.7.7 Condiciones higiénico sanitarias

2.7.7.1 Saneamiento

Todas las viviendas cuentan con letrinas en sus viviendas, la mayoría de ellas aparentemente se encuentran en mal estado y casi llenas.

2.7.7.2 Aguas grises

La disposición de aguas grises se hace regándose en patios y otras que escurren por pequeños cauces hacia las calles formando charcos.

2.7.7.3 Manejo de la basura

La basura generalmente se quema o entierra en los patios de las casas o se deposita en botaderos improvisados a nivel de hogar. No existe servicio de recolección de basura.

2.7.8 Vías y medios de comunicación terrestres

Las vías de acceso a la comunidad son dos, las cuales describiremos en la tabla:

Tabla 2. Vías de acceso a la comunidad El Bosque

Origen – Destino	Tipo de Vía de Acceso	Kilómetros
Teotecacinte-El Bosque	Macadán	2 km
El Porvenir-El Bosque	Macadán	1.5 km

Todas las vías de acceso son penetrables en todo tiempo. Las vías principales están dotadas de infraestructura de drenaje menor y mayor, tales como puentes, alcantarillas, rampas y cunetas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE)

Como en todos los casos cuando se desea diseñar un sistema de abastecimiento se debe tomar en cuenta la disponibilidad de la fuente de suministro, condiciones para la operación como la disponibilidad de mantenimiento, la capacidad de pago de los usuarios y de acuerdo a las normas de diseño de un sistema de acueductos.

El sistema de bombeo, es un sistema de levantamiento artificial que emplea la energía eléctrica convertida en energía mecánica para levantar una columna de fluido desde un nivel determinado hasta la superficie, descargándolo a una determinada presión por medio de los diferentes elementos del sistema.

3.2 Elementos de un sistema de abastecimiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como finalidad primordial la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, por lo que este líquido es vital para la supervivencia y está compuesto por los elementos siguientes:

3.2.1 Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable, constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto: debe estar lo suficientemente protegida y debe cumplir dos propósitos fundamentales⁴.

- a) Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño considerado.
- b) Mantener las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad de la misma.

⁴ NTON 09001-99, capítulo 5, inciso 5.1

3.2.1.1 Fuentes superficiales

Estas están constituidas por el agua de los lagos, ríos, arroyos, etc. Debido a la agricultura, ganadería, la industria y a la sobrepoblación, en muchas ocasiones el agua superficial está contaminada, por lo que debe pasar por un proceso de purificación para el consumo humano.⁵

3.2.1.2 Aguas sub-superficiales

Es el agua que se infiltra en el subsuelo y que al desplazarse a través de los pozos de los manantiales subterráneos y que por sus elevaciones o pendientes pueden reaparecer en la superficie en forma de manantiales.

3.2.1.3 Fuentes subterráneas

La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos. Lo curioso de las fuentes subterráneas es que, en términos generales, están libres de gérmenes y microorganismos dañinos para la salud. Es decir, las aguas subterráneas pueden considerarse aptas para el consumo humano. Sin embargo, es recomendable hacer estudios clínicos de la misma, y llevar a cabo algún proceso de purificación para considerarla 100% potable.

3.3 Obra de captación

La captación consiste en recolectar y almacenar agua proveniente de diversas fuentes para su benéfico. La obra de captación consiste en una estructura colocada directamente en la fuente a fin de captar el gasto deseado y conducirlo a la línea de aducción.

⁵ Apuntes de Ingeniera Sanitaria I. Ing. María Elena Baldizón Aguilar

3.3.1 Captación de aguas superficiales

Las aguas superficiales utilizadas en la captación pueden proceder de ríos, embalses o lagos. La elección del punto de captación en un río es muy variable, ya que depende de varios factores: caudal, materiales de arrastre, navegabilidad, etc. Requiriéndose un estudio particular para cada caso.

3.3.2 Captación de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas constituyen importantes fuentes de abastecimiento de agua. En general, el agua no requiere un tratamiento complicado y las cantidades de agua disponible son más seguras⁶. A veces, el descenso de los niveles de agua en los pozos ha causado su abandono; pero en la actualidad, los modernos métodos de investigación permitirán una aproximación muy segura de los recursos de agua subterránea para una prolongada producción. Las posibles obras de captación para este tipo de agua son:

3.3.2.1 Pozos

El agua penetra a lo largo de las paredes creando un flujo de tipo radial. Se acostumbra a clasificar a los pozos en poco profundos o someros y profundos. Los pozos someros “excavados” son aquellos que permite la explotación del agua freática.

3.4 Estación de bombeo

En las estaciones de bombeo para pozos perforados deben considerarse los elementos que la forman lo que consiste en; caseta de protección de conexiones eléctricas, o mecánicas, conexión de bomba o sarta, fundación y equipo de bombeo (bomba y motor) y el tipo de energía (NTON 09001-99, capítulo 6, inciso 6.1).

⁶ Apuntes de Ingeniera Sanitaria I. Ing. María Elena Baldizón Aguilar

3.4.1 Equipo de bombeo y motor

3.4.1.1 Bomba vertical

Las bombas se utilizan para la extracción de aguas de pozos, el elemento se sumerge en un nivel de acuerdo a las pruebas de bombeo, puede proporcionar una fuerza de elevación significativa pues no depende de las presiones del aire.

3.4.1.2 Motor

Estos pueden ser motores eléctricos o motores de combustión en dependencia de la bomba a instalar y las condiciones que brinden para la operación, los más empleados en un sistema de abastecimiento de agua son los motores eléctricos, este tipo de motor es menos costoso, no exigen grandes requisitos de mantenimiento evitando interrupciones, pueden llegar hasta más de 200 HP⁷.

3.4.2 Prueba de bombeo

Se enfatiza en un constante suministro de agua en un tiempo mínimo de 24 horas y por una prueba de caudal de bombeo de cuatro etapas como mínimo, escalonadas una hora cada una, de modo que cumpla con el caudal recomendado con el objetivo de determinar el caudal, comportamiento y la eficiencia del pozo.

3.4.3 Tiempo de bombeo

Estará en dependencia de la variación de los caudales en el lapso del tiempo del periodo de diseño del sistema de abastecimiento por el que se podrá determinar los tiempos de trabajo de la bomba para satisfacer la demanda; de acuerdo a las normas de ENACAL vigente en el país.

⁷ Normas Técnicas "Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural" (NTON 09001-99).

3.5 Líneas de conducción

Se denomina línea de conducción a la parte del sistema constituido por un conjunto de ductos y accesorios destinados a transportar el agua desde donde se encuentra en estado natural hasta un punto que puede ser un tanque de almacenamiento o bien una planta potabilizadora; la capacidad de esta línea debe calcularse con el gasto máximo diario.

Las líneas de conducción se pueden dividir en dos tipos: las líneas de conducción por gravedad y líneas de conducción de bombeo⁸.

3.5.1 Línea de conducción por gravedad

Una conducción por gravedad se presenta en este caso para abastecer a la población desde el tanque de almacenamiento que por la propia caída del agua debido a la fuerza de gravedad provea a toda la red.

3.5.2 Línea de conducción por bombeo

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo.

- La conducción por bombeo se realizará desde un mediante conducción a presión impulsado por equipo de bombeo.

Una de las características que debe tener una línea de conducción es que sea de fácil inspección, de preferencia paralela a algún camino existente o el construido para el mantenimiento de la línea de conducción, quedando ésta, de preferencia dentro del derecho de vía del camino.

⁸ NTON 09001-99, capítulo 7, inciso 7.2

3.6 Golpe de ariete

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado causado por el movimiento oscilatorio del líquido; básicamente es una variable de presión que se produce en la tubería de suministro de agua cuando una válvula se cierra rápidamente. El agua circulante golpea de forma la válvula y rebota como una onda. Este rebote, continua hasta que el agua golpea un punto de impacto y la energía proveniente de la onda de agua se distribuye más uniformemente en el sistema de tuberías. En muchos casos se instala un dispositivo denominado cámara de aire para controlar el golpe de ariete hidráulico (López R.A, 1999).

En general, el fenómeno aparecerá cuando por cualquier causa en una tubería se produzcan variaciones de velocidad y por consiguiente en la presión, por ejemplo, cuando el cierre y apertura de válvulas, arranque de bombas, detención de bombas, funcionamiento inestable de bombas, llenado inicial de tuberías y en sistemas de protección contra incendios.

3.7 Red de distribución

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos; se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el sistema puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos. Se deberá proveer la red de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento. (NTON 09001-99, capítulo 7, inciso 7.3).

3.7.1 Tipos de redes

Dependiendo de la topografía, de la vialidad y de la ubicación de las fuentes de abastecimiento y del tanque de almacenamiento puede determinarse el tipo de red de distribución.

➤ **Redes ramificadas**

Son redes de distribución constituidas por ramales, troncal y una serie de ramificaciones o ramales que pueden constituir pequeñas mallas o constituidas por ramales ciegos. Este tipo de red es usado cuando la topografía es tal que dificulta o no permite la interconexión entre ramales.

Los caudales medios de consumo en cada tramo pueden determinarse conociendo la zonificación y asignando la dotación correspondiente de acuerdo con las normas de diseño Normas Técnicas de Diseño para sistemas de Agua Potable en el Medio Rural (NTON 09001-99). En el caso de localidades donde no se disponga del plano regulador de la ciudad, los caudales de consumo por tramo pueden asignarse en base a un caudal unitario para zonas de densidad homogénea.

➤ **Redes tipo malla**

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red de distribución es el más conveniente y se tratará siempre de lograrse mediante la interconexión de las tuberías a fin de crear circuitos cerrados que permiten un servicio más eficiente y permanente.

3.8 Almacenamiento

El almacenamiento tiene como objetivo aportar la cantidad necesaria de agua para suplir las máximas demandas que se presentan durante la vida útil del proyecto, cumplir con las presiones requeridas en el diseño de la red de distribución y disponer del líquido en caso de escases. (NTON 09001-99, capítulo 8, inciso 8.1).

3.8.1 Capacidad

La capacidad del tanque deberá cumplir con las necesidades de consumo y reserva. (NTON 09001-99, capítulo 8, inciso 8.2).

- Volumen compensador: Es el necesario para la compensación de las variaciones horarias de consumo.
- Volumen de reserva: es para proveer eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en la línea de conducción.

3.8.2 Clase y tipos de tanques

➤ Clases de tanques⁹

Las clases de tanque de acuerdo a los materiales de construcción se clasifican en:

- **Mampostería:** Se recomienda construir tanque de este material en aquellas localidades donde se disponga de piedra bolón o piedra cantera. No deberá tener altura mayor de 2.5 metros.
- **Hormigón Armado:** En la construcción de tanque con este material se debe considerar la permeabilidad del terreno y no deberá tener altura mayor de 3.0 metros.
- **Acero:** Se propone construir tanque de acero cuando en la localidad no se disponga de materiales locales como en los casos anteriores y por razones de requerimiento de presiones de servicios.

➤ Tipos de tanques¹⁰

- **Tanques apoyados en el suelo:** Esto se da cuando la topografía del terreno lo permita y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera.
- **Tanques elevados:** Para la ubicación del tanque se debe buscar un sitio adecuado topográficamente lo más cerca posible de la red de distribución y

⁹ (NTON 09001-99, capítulo 8, inciso 8.4.1).

¹⁰ (NTON 09001-99, capítulo 8, inciso 8.4.2).

de acuerdo a su ubicación el tanque de almacenamiento puede ser de alimentación cuando se ubica entre la fuente de abastecimiento y la red de distribución o de excedencia (cola), cuando se ubica dentro o fuera de la red.

➤ **Ubicación de tanque**

El tanque de almacenamiento deberá localizarse cerca del poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicio aceptables. (NTON 09001-99, capítulo 8, inciso 8.3).

➤ **Funciones del tanque de almacenamiento**

Un tanque de almacenamiento cumple tres propósitos fundamentales:

- Compensar las variaciones de consumo diario (durante el día).
- Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.
- Atender situaciones de emergencia, tales como incendios, interrupciones en el servicio por daños en la tubería de conducción o de desabastecimiento de bombeo.

3.9 Calidad del agua

Calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito.

Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra las cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.

Los diferentes parámetros de calidad se resumen normalmente en dos grandes grupos:

- La calidad microbiológica, basada en microorganismos patógenos que en su mayoría se relacionan con una contaminación fecal humana o animal.
- La calidad física-química, tiene que ver mucho en el ciclo del agua y refleja las características de las formaciones geológicas y del suelo con el cual estaba en contacto, influenciada además por las actividades humanas, específicamente por los productos y afluentes de la agricultura y de la industria.

Para determinar la calidad del agua se deben utilizar Normas de Calidad del Agua para el consumo humano, adoptadas por el Ministerio de Salud MINSA, mediante Acuerdo Ministerial No.65-94 que corresponden a las Normas Regionales CAPRE, “Normas de Calidad del Agua para el consumo”; en su versión vigente.

El Agua procedente de cualquier fuente, que presente características no aptas para el consumo humano, requiere de procesos con el objeto de corregir su calidad y convertirla en agua potable acorde con las normas referidas en el párrafo anterior. Estos procesos se clasifican en pre tratamiento, tratamiento y desinfección.

Las tomas de las muestras para determinar la calidad del agua deben cumplir con lo establecido en la ISO 5667 - 3. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Preservación y manipulación de muestras de agua, estas deben ser remitidas a laboratorios acreditados para sus respectivos análisis físico-químico, microbiológico, Sustancias Inorgánicas y orgánicas, Plaguicidas y Pesticidas.

3.9.1 Tratamiento

La necesidad de abastecer agua para uso y consumo humano, que cumpla con las características organolépticas, microbiológicas y químicas establecidas por la normativa, ha obligado a la implementación de mejoras en los tratamientos de potabilización. En este contexto se hace necesario que, en dichos tratamientos, sean utilizados productos químicos específicos, que no presenten efectos potenciales adversos a la salud.

En todo el mundo, el mecanismo de desinfección más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua es el que emplea el cloro y sus compuestos derivados como agentes desinfectantes.

La clave de su éxito es su accesibilidad en casi todos los países del mundo, su razonable costo, su alta capacidad oxidante, que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica, y su efecto residual.

3.9.1.1 Desinfección

El agua que se utiliza para el abastecimiento de una población, para usos básicamente domésticos, debe ser, específicamente un agua exenta de organismos patógenos que evite brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario desinfectar el agua mediante tratamientos físicos o químicos que garanticen su buena calidad.

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado universalmente, dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores; también es la sustancia química que más económicamente y con mejor control y seguridad se puede aplicar al agua para obtener su desinfección. El cloro se presenta puro en forma líquida o compuesta, como hipoclorito de Calcio, el cual se obtiene en forma de polvo blanco y en pastillas, o como hipoclorito de Sodio de configuración líquida (NTON 09001-99, capítulo 9, inciso 9.4).

3.9.1.2 Cloración

Es el procedimiento de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados. Se puede utilizar gas cloro, pero normalmente se aplica hipoclorito de sodio (lejía) por su facilidad de almacenamiento y dosificación.

En algunos casos se emplean otros compuestos clorados, como dióxido de cloro, hipoclorito de calcio. La dosis se determina por ensayos, debe cubrir la demanda de cloro, para evitar posteriores reinfecciones del agua en los círculos.

➤ **Tiempo de contacto**

Se recomienda que el tiempo de contacto entre el cloro y el agua sea de 30 minutos antes de que llegue al primer consumidor. La concentración de cloro residual que debe permanecer en los puntos más alejados de la red de distribución deberá ser 0.2-0.5 mg/l después del periodo de contacto antes señalado. (NTON 09003-99, capítulo 10, inciso 10.8).

3.10 Proyección de la población

Es un cálculo que refiere el crecimiento aproximado previsto en el número de habitantes de un lugar para un año futuro dado la determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el acueducto es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para una comunidad.

Es necesario determinar las demandas futuras de una población para prever en el diseño las exigencias, de las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, redes de distribución, equipo de bombeo, tanque de almacenamiento y futura extensiones del servicio. Por lo tanto, es necesario predecir la población futura para un número de años.

La base de cualquier tipo de proyección de población son los censos. Para el cálculo de la población futura será por medio de la fórmula del Método Geométrico, este método se utiliza para niveles de complejidad bajo, medio, medio alto.

3.11 Dotación y población a servir y nivel de servicio

3.11.1 Dotación

La dotación es la cantidad de agua, que se le asigna en un día a una persona, se expresa en litros por persona por día (lppd). La dotación debe cubrir las necesidades de consumo de la persona. (NTON 09001-99, capítulo 3, inciso 3.1).

Para poder dotar de agua a una comunidad, se debe tener en cuenta algunos factores importantes como son:

- Nivel de servicio adoptado.
- Factores geográficos.
- Factores culturales.
- Uso del agua.

3.11.2 Periodo de diseño

En los diseños de proyectos de abastecimiento de agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema con el propósito de:

- Determinar que periodos de los componentes del sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.
- Que elementos del sistema deben diseñarse por etapas.
- Cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema. (NTON 09001-99, capítulo 4, inciso 4.1).

3.11.3 Variaciones de consumo

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias. Estas variaciones del consumo están influenciadas por diversos factores tales como: tipo de actividad, hábitos de la población, condiciones de clima, etc. Estas pueden expresarse en función del Consumo Medio.

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario, y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de:

obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc. (NTON 09001-99, capítulo 4, inciso 4.2).

3.11.3.1 Consumo Promedio Diario (CPD)

El consumo promedio diario ayuda a identificar la demanda que tiene el agua potable en el día por cantidad de habitantes.

3.11.3.2 Consumo Máximo Día (CMD)

Las estadísticas demuestran que hay días del año con consumos mayores y otros con consumos menores con relación al consumo promedio diario. Así como existen variaciones mensuales en los consumos, también las hay en el día. De estas variaciones importa conocer las máximas normales para considerarlas en un abastecimiento de agua y evitar escasez en los días de gran demanda.

3.11.3.3 Consumo Máximo Hora (CMH)

Existen variaciones horarias con respecto al gasto máximo diario, el cual no es consumido por la población en forma constante durante las 24 horas del día, pero determinados lapsos serán mayor o menor que el gasto máximo diario. Para poder satisfacer las demandas máximas durante el día, se debe incrementar el valor del gasto máximo diario de un coeficiente que cubra esas demandas máximas horarias.

3.11.4 Pérdidas en el sistema

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas y/o desperdicio en el sistema. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio el cual no deberá ser mayor del 20%. (NTON 09001-99, capítulo 4, inciso 4.7).

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Estudios básicos de campo

4.1.1 Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica de la comunidad fue realizada casa a casa por la Alcaldía de la municipalidad en el año 2016, para poder conocer los problemas de salud vinculados con el consumo de agua, también para identificar las condiciones de vida actual, los niveles de pobreza, el grado de educación y el acceso a ella (Ver Formato en Anexo VIII).

Este estudio se hará para poder adoptar las técnicas y tecnologías constructivas, que sean más adecuadas en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable que ayude a favorecer a la comunidad.

4.1.2 Análisis de las fuentes de abastecimiento

Se revisarán los estudios Hidrogeológicos y de Calidad de Aguas realizados por la Alcaldía Municipal de la ciudad de Jalapa, Nueva Segovia, y a partir de estos se diseñó el pozo perforado para atender la demanda futura para todo el período de diseño. (Anexo V)

Se analizó la prueba de bombeo de caudal¹¹ para saber si se suple la demanda diaria u horaria de los consumidores, si se obtiene que no se cumple con esta demanda en la comunidad se estudió otra posible fuente. La fuente seleccionada fue la mayor de capacidad de suministro durante la mayor parte del año o la totalidad de este.

Se llevaron a cabo estudios físicos, químicos y bacteriológicos (Anexo V) para determinar la calidad de agua y desinfección, para que se cumpla con los

¹¹ Estudio de Prefactibilidad de Agua para el Bosque. Alcaldía Municipal de la Ciudad de Jalapa.

requerimientos de las instituciones especializadas en la materia (ENACAL-CEPIS-OMS-ONU).

4.1.3 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se hizo con el fin de estudiar la naturaleza y las condiciones del terreno del proyecto; con este levantamiento topográfico se seleccionó el método de cálculo más conveniente y adecuar el diseño de la red a las restricciones propias del lugar.

Se realizaron estudios geotécnicos con el fin de conocer las estratigrafías y resistencia del subsuelo en la zona en estudio, en el sitio seleccionado para el tanque de almacenamiento, en la red y línea de conducción del proyecto. Se exploraron puntos distribuidos dentro del área de la red, un sondeo manual en la línea de conducción y otro en el sitio en el predio del tanque de almacenamiento de agua potable, ocupando equipos de penetración estándar (SPT).

4.1.4 Estudio de suelo

Con el propósito de conocer las condiciones y características del subsuelo, en el área donde se proyecta la obra, se procedió a realizar los sondeos manuales para la extracción del material en estudio y se recopiló información por medio del método DCP con la denominación ASTM D-6951-03 aplicando golpes de penetración con la correlación del método SPT de sondeos manuales, para la extracción del material, se procedió a la ejecución de sondeos manuales con una profundidad máxima de 2.8 m, donde se extrajo muestras de suelo que fueron estudiadas en laboratorio de igual manera. (Ver Anexo VI)

La metodología de investigación, consistió básicamente en un reconocimiento técnico del sitio y en la ejecución de sondeos en número, localización y profundidades. Las muestras obtenidas en el campo se examinaron y clasificaron In Situ, mediante procedimientos rutinarios de campo, tomándose muestras alteradas, correspondientes a cada estrato.

4.2 Estudios de gabinete

Con la información obtenida mediante las encuestas y los estudios realizados se llevaron a cabo los cálculos necesarios para el diseño.

4.2.1 Demanda y oferta de agua

Se calcularon las variaciones de consumo de agua que requiere la población, según Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003–99) y los cálculos de caudales que producen las fuentes de abastecimiento.

4.2.2 Obra de captación y bombeo

Se redimensionó cada una de las obras hidráulicas que componen el sistema de abastecimiento de agua existente, las se encuentren en mal estado y las que no cumplan con las especificaciones técnicas para mejorar el servicio de abastecimiento de agua potable en la comunidad.

4.2.2.1 Captación

Las obras de captación son todas aquellas que se constituyen para reunir adecuadamente aguas aprovechables, su finalidad básica es agrupar bajo cualquier condición de flujo durante todo el año la captación de agua previstas. El tipo de obra a emplearse esta en función de las características de la fuente, de la calidad, de la localización y su magnitud. Pueden hacerse por gravedad, aprovechando la diferencia de nivel de terreno o por impulsión (Bombas). Las dimensiones y características de la obra de toma deben permitir la captación de los caudales necesarios para un suministro seguro a la población.

4.2.2.2 Estación de bombeo

➤ Elementos de la estación de bombeo

A grandes rasgos se pueden distinguir tres elementos en toda estación de bombeo:

- La tubería de succión y sus accesorios (anterior a la bomba).
- La bomba (se debe disponer siempre de una bomba de reserva).
- La tubería de impulsión y sus respectivos accesorios (posterior a la bomba).

Los equipos de bombeo se seleccionan para un periodo 20 años, mientras que los diámetros de las tuberías de impulsión y succión se determinan con base en el caudal necesario para el periodo de diseño final (López R.A, 1999).

➤ **Caseta de control**

Según las Normas Técnicas para Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural (NTON 09001-99), en el inciso 6.2, la caseta de control se diseña de mampostería reforzada acorde a un modelo típico, incluyendo la iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos.

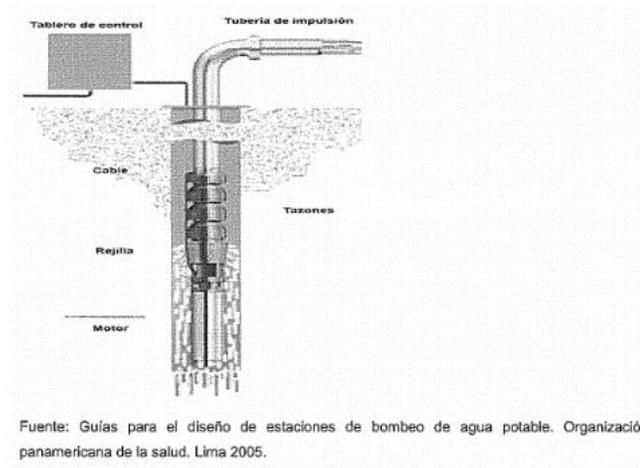
➤ **Equipo de bombeo**

• **Bombas sumergibles**

Son equipos que tienen la bomba y motor acoplados en forma compacta, de modo que ambos funcionan sumergidos en el punto de captación; se emplean casi exclusivamente en pozos muy profundos, donde tienen ventajas frente al uso de bombas de eje vertical.

Estas bombas tienen la desventaja de poseer eficiencia relativamente baja, por lo cual, aun cuando su costo puede ser relativamente bajo, el costo de operación es elevado por su alto consumo de energía.

Figura 9. Modelo de Bomba sumergible



- **Bombas verticales**

De acuerdo con lo establecido por las Normas Técnicas para Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural (NTON 09001-99), en el inciso 6.4.1, los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos perforados son los de turbina de eje vertical y sumergible, para su selección se deben tomar en cuenta los factores siguientes.

Se debe considerar que en la tubería de descarga se deberá efectuar un estudio económico-comparativo de diversos diámetros para seleccionar el más apropiado.

- **Diseño hidráulico del equipo de bombeo**

Se diseñará un solo equipo de bombeo, calculado para el caudal de diseño de 20 años.

4.2.3 Análisis y calculo hidráulico del sistema

El análisis hidráulico del sistema de abastecimiento se realizó tomando en cuenta el estudio topográfico y con la demanda de la población partirá el diseño de las obras hidráulicas. El cálculo hidráulico se realizó por medio del programa EPANET, tomando en cuenta las normas técnicas para el abastecimiento de agua potable emitidas por INAA para el sector rural.

4.2.4 Análisis de costo y presupuesto

Este análisis de costo y presupuesto da como resultado una de las interrogantes más importantes ¿Cuál será el costo de la obra?

A partir del presupuesto se analizó las conclusiones acerca de la rentabilidad, posibilidad y conveniencia de ejecución de la obra. Esto se logra haciendo un análisis minucioso de la información contenida en los planos y levantamientos topográficos, tratando de no omitir ni el más mínimo detalle. En este sentido cobra importancia el cálculo de Take Off, el cual consiste en determinar volúmenes y cantidades de materiales pertenecientes a cada una de las etapas que integran la obra. (Anexo IX)

4.3 Normas y criterios de diseño

Los proyectos de agua deben cumplir con las normas y criterios técnicos para el diseño hidráulico en zonas urbanas y rurales con características de reglamentos de aplicación obligatoria integradas bajo las siglas NTON (Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses) y con las normas de los entes normativos y otros actores nacionales. Los entes normativos son aquellos que por disposición de las leyes o decretos tienen la potestad de normar y regular las acciones públicas en sus ámbitos respectivos: MHCP, MARENA, INIFOM, MINED, MINSA, INAA, INETER, MTI y otros entes públicos.

Los criterios utilizados para los diferentes elementos del proyecto, están de acuerdo a lo establecido en los parámetros de diseños, comprendidos en el documento: Normas Técnicas para Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural (NTON 09 001-99) – INAA.

4.3.1 Periodos de diseños

Los períodos de diseño por cada uno de los elementos que se recomienda en las Normas, se especifican en tabla 3.

Tabla 3. Períodos de diseño

Tipos de componentes	Periodo de diseño
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro lento	20 años
Líneas de conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Ref. Normas Técnicas “Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural (NTON 09 001-99)”

Por norma se adoptó como periodo de diseño de 20 años, tomando como punto de inicio el año 2020 y terminando en el año 2040.

4.3.2 Proyección de la población

Se utilizó el método geométrico y como población base, la obtenida del censo poblacional de la comunidad facilitado por el CAPS y validado por la municipalidad. De acuerdo al censo la población del año 2016 corresponde a 343 habitantes.

➤ Método geométrico

Este será expresado en la siguiente fórmula:

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

Donde:

P_n: Población futura

P_c: Población actual

n: Periodo de diseño

r: Tasa de crecimiento

En vista de que en la comunidad no existe datos de censos nacionales y la tasa de crecimiento promedio calculada con valores Intercensales de datos históricos nacionales, departamentales y municipales resulta de 2.75% y las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09 002-99) establece que para las localidades

rurales la tasa de crecimiento varía entre 2.5% a 4%, se adopta que la población base se proyectara con una tasa de crecimiento del 2.75%.

4.3.3 Consumos

4.3.3.1 Dotación

De acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003–99) que asigna según el nivel de servicio, para sistemas de abastecimiento fuera de Managua, un caudal de 75 lppd.

En tabla 4. Se resume el grado en el que los diferentes niveles de servicio.

Tabla 4. Niveles de servicio y población a servir

Nivel de servicio	Población a servir
Conexiones domiciliarias	Está en dependencia de la capacidad de la fuente
Pozos excavados a mano (36 pers/pozo)	Mínimo 6 familias de 6 miembros
Pozos perforados	Mínimo 100 pers/pozo
Puestos públicos con dos grifos	20 viviendas (120 pers/puesto)

Ref. Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09 002-99)

El nivel de servicio propuesto corresponde en su totalidad a conexiones domiciliarias. La dotación de agua se asume de acuerdo al tipo y característica de la población, en este caso la población a atender corresponde a una población concentrada con características completamente semi-rural, las viviendas se encuentran distribuidas a lo largo de un camino central, y también existe un núcleo poblacional que se considera como la parte céntrica de la población, por lo tanto, para el periodo de 2020-2040 se ha considerado una dotación de 75 lppd según las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003-99). También, se consideró incrementar dicha dotación en un 7%

por consumo institucional, un 7% por consumo comercial y un 2% por consumo industrial.

4.3.3.2 Pérdidas en el sistema

Las pérdidas técnicas en el sistema se estimaron de conformidad con lo que estipula las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99), como equivalentes a un 20% de la demanda para consumo promedio diario (CPD).

4.3.3.3 Consumos y factores de consumo pico

La demanda para consumo promedio y los factores utilizados para determinar las demandas para consumos máximos, para diseñar los elementos del sistema proyectado al horizonte del proyecto, son los siguientes:

- Consumo Doméstico (CD) = $\frac{\text{Dotación} * \text{Población}}{86400}$
- Consumo Promedio Diario (CPD) = CD + CC + CI + CInd
- Pérdidas Técnicas Hf = 20% x CPD
- Consumo de Máximo Día (CMD) = FMD x CPD + Hf

El Factor de Máximo Día (FMD) asignado es equivalente a 1.5 según lo establecido en las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09 002-99). Esto considerando que el tiempo de bombeo será de 16 hrs al día.

- Consumo de Máxima Hora (CMH) = FMH x CPD + Hf

El factor de Máxima hora (FMH) asignado es de 2.5 según lo establecido en las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09 002-99).

- Demanda para Incendio

Las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09 002-99) no considera la incorporación de caudales de incendio y las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003-99) considera que para población menor de 5 mil habitantes no se considera. En este caso la población

actual y futura es mucho menor que 5 mil hab, por lo cual no se considera caudal de incendio.

- Caudal de bombeo

Las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09 002-99) y Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09 003-99) no hacen mención para el cálculo del caudal de bombeo, sin embargo, en la mayor parte de bibliografías se dice que la fuente debe garantizar el consumo máximo del día que demande la población y para las variaciones de caudal lo compensa el almacenamiento, por lo tanto, se usó el CMD que es aproximadamente 1.13 lps (17.85 gpm). Además, también el caudal de bombeo depende del tiempo de bombeo, el cual se considera que el máximo debe ser de 16 horas, por tanto, $Q_b \cdot T_b = CPD \cdot 24$, si el $t_b = 16$ horas entonces el $Q_b = 1.5 \cdot CPD$ y si se le suman las perdidas este es equivalente al CMD. (Tabla 5)

Tabla 5. Proyección de la población futura del área de influencia del Proyecto

Población permanente	Tipos de Consumo y Nivel de Servicio	Factores del Sistema
Población Actual: 382 habitantes	Comercial: Si	Tipo de Sistema: Bombeo
Tasa de Crecimiento: 2.75%	Institucional: Si	Horas de Bombeo: 16
Periodo (t): 20 años	Industrial: Si	FMD según Normativa y Fb según N. hrs de Bombeo
Año de Inicio del Proyecto: 2020	Perdidas del Sistema: 20%	FMD: 1.5
Sistemas de Abastecimiento por medio de conexiones domiciliarias	Nivel de Servicio Domiciliar: 100%	Fb: 1.5
Dotación: 75 (l/hab./día)	Conexión domiciliar	FMH: 2.5

4.3.4 Fuente de abastecimiento

Será un pozo perforado existente, al cual para los fines de este estudio se le realizó limpieza y practicó prueba de bombeo de 24 hrs continuas. Como resultado de esta prueba de bombeo se determinó que la fuente de abastecimiento tiene un caudal de 44 gpm, siendo este mayor que el caudal necesario para abastecer a la comunidad en periodo de diseño de 20 años.

4.3.5 Estación de bombeo

Con respecto al equipo de bombeo a instalarse se tomaron en cuenta las características del pozo existente, ubicación del almacenamiento, el sistema de distribución y la demanda de agua. Los cálculos de la estación se realizaron según las fórmulas siguientes:

4.3.5.1 Diámetros de tubería de succión y descarga

- **Diámetro de la succión**

Según las normas del INAA.

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

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo en m^3/s .

V : velocidad del flujo en m/s

A : área de la sección del tubo en m .

D : diámetro de la tubería en m .

Se consideró la velocidad del flujo entre 0.60 – 0.90 m/s .

- **Diámetro de la tubería de descarga**

De acuerdo con la fórmula de Bresse, que relaciona directamente el diámetro de la tubería con el caudal de diseño:

$$D = 0.9 (Q_{diseño})^{0.45}$$

Además, se tomó en cuenta que la velocidad del flujo en la descarga entre 0.60 – 1.5 m/s , máximo de 2 m/s .

4.3.5.2 Carga Total Dinámica

La carga total dinámica, es aquella contra la cual se debe operar una bomba. La energía por unidad de peso de líquido que debe suministrarle la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que pretende. La fórmula está dada por:

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{desc.}$$

Donde:

CTD: Carga total dinámica

NB: Nivel más bajo del agua durante el bombeo

CED: Carga estática de la descarga

$hf_{columna}$: Pérdidas de la columna dentro del pozo

$hf_{desc.}$: Pérdidas en la descarga

- **Nivel más bajo del agua durante el bombeo (NB)**

NB = NEA + Variaciones estacionales + Variaciones regionales + Abatimiento

- **Carga estática de la descarga (CED)**

CED = Nivel del agua en la descarga – Nivel más bajo en la superficie

- **Pérdidas de la columna dentro del pozo ($hf_{columna}$)**

Las Normas Técnicas para Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural (NTON 09001-99), establece que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideran no mayor al 5% de su longitud.

$$hf_{columna} = 5\% L_c$$

$$L_c = NB + sumergencia$$

- **Pérdidas en la descarga ($hf_{desc.}$)**

Para determinar las pérdidas en la descarga se necesita conocer las perdidas localizadas en los accesorios como longitud equivalente de tubería L_e , que es una longitud que depende de los elementos contenidos en la sarta.

$$L_{real} = L_{tubería} + L_{equiv}$$

Por ende, la carga total dinámica es igual:

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{desc.}$$

Dónde:

CTD: Carga Total Dinámica (m)

NB: Nivel de bombeo. (m)

CED: Carga estática de la descarga (m)

▪ **Potencia requerida**

Conociendo la altura a vencer por la bomba y el caudal que debe suministrar la misma ($Q_{diseño}$), se selecciona de entre los equipos ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados. Del catálogo se obtienen las especificaciones de la bomba seleccionada.

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * eb * em}$$

Dónde:

P_B	:	Potencia Neta de la Bomba (HP).
Q	:	Caudal de Bombeo o Consumo de Máximo Día (gpm).
$CT.D$:	Carga Total Dinámica (Pies).
$eb * em$:	Eficiencia del equipo de bombeo.

$$Pm = 1.20 * P_B$$

4.3.6 Línea de conducción por bombeo

4.3.6.1 Caudal de diseño

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

4.3.6.2 Selección del diámetro

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

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

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

Donde:

D: Diámetro (m).

Q: Caudal (m³/s).

K: 0.9

4.3.6.3 Estudio técnico-económico

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

Las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

- Cálculo del Costo Anual de Tubería (CAT)

$$CAT = Crf * Vpe$$

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

$$Vpe = L * \text{Costo tub}$$

- Cálculo del Costo Anual de Energía (CAE)

$$CAE = \frac{Q_b * CTD * t_b * 365 \text{ dias} * \frac{C\$ Kw.}{h}}{3960 * e_b * e_m} * 0.746$$



- Costo Anual Equivalente Total

$$CAEq = CAE + CAT$$

Dónde:

CAT	:	Costo Anual de Tubería.
Crf	:	Coefficiente de recuperación.
VPe	:	Valor presente.
CAE	:	Costo Anual de Energía.
Q_b	:	Caudal de Bombeo (gpm).
CTD	:	Carga Total Dinámica (m).
t_b	:	Tiempo de Bombeo (horas).
e_b	:	Eficiencia del equipo de bombeo (%).
i	:	Interés anual (%).
e_m	:	Eficiencia del motor (%).
$CAEq$:	Costo Anual Equivalente.

4.3.6.3.1 Pérdidas de carga

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

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

Dónde:

Hf: Pérdidas (m)
Q: Caudal de diseño (m³/s).
C: Coeficiente de rugosidad.
D: Diámetro (m).

4.3.6.3.2 Velocidad

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

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

Dónde:

V: Velocidad (m/s).

A: Área de la sección transversal de la tubería (m²).

Q: Caudal (m³).

4.3.6.3.3 Golpe de ariete

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

➤ **Formula Allievi**

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

Dónde:

ΔH : Sobrepresión o golpe de Ariete (m).

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

C: Celeridad (m/s).

g: Aceleración de la gravedad (m/s²).

➤ **Cálculo de celeridad (C)**

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

Considerando $C \leq 1000$ m/s.

Dónde:

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

D: Diámetro de la tubería (m).

e: Espesor de la tubería (m).

k: 18 (para tubería PVC)

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

➤ **Tiempo de cierre**

El cálculo del tiempo de cierre se realiza suponiendo las peores condiciones de funcionamiento; la cual indicaría un cierre inmediato de la válvula de presión, obteniendo la sobrepresión máxima.

$$T = \frac{2L}{C}$$

Donde:

T: Tiempo de cierre

L: longitud de descarga (m).

➤ **Presión total**

$$PT = \Delta H + CED$$

Donde:

PT: Presión total

CED: Carga estática de la descarga.

4.3.7 Almacenamiento

De acuerdo a lo establecido en las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09 002-99) la capacidad del tanque de almacenamiento deberá de satisfacer las condiciones siguientes:

4.3.7.1 Volumen del tanque (VT)

1. Volumen Compensador: se estimó en 15% del consumo promedio diario.
2. Volumen de reserva: se estableció igual al 20% del Consumo Promedio Diario (CPD).

En base a los ítems 1 y 2, la capacidad del tanque de almacenamiento se calculó igual al 35% del Consumo Promedio Diario.

4.3.7.2 Dimensiones del tanque

Con una constante de $k = 2$, se determina la altura con la siguiente ecuación:

a) Altura de tanque (h)

$$h = \frac{V_T}{3} + k$$

b) Base de tanque (L)

$$L = \sqrt{\frac{V_T}{h}}$$

4.3.7.3 Altura de rebose del tanque

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

Para cumplir con lo anterior, se colocará una torre de 5 m de altura, la cual soportará el tanque de agua.

4.3.8 Red de distribución

De acuerdo con las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09 002-99), el análisis hidráulico de la Red de Distribución se calculó según las condiciones más desfavorable, siendo esta condición Consumo de Máxima Hora (CMH), que corresponde a 1.79 lps, al final del período de diseño.

4.3.8.1 Concentración de caudales en los nodos

Para determinar el caudal de consumo que se distribuye en cada nodo, se utilizó el método de las tuberías equivalentes el cual consiste en asignar a cada nodo la mitad de las longitudes totales de cada tubería que llega al nodo, multiplicando cada longitud equivalente de cada nodo por el Consumo analizado y dividiéndolo entre la longitud total de la red, obteniéndose de esta manera el caudal unitario para cada nodo de la red.

4.3.8.2 Condición de análisis para la simulación hidráulica de la red

Se utilizaron dos condiciones de análisis en particular:

1. Se diseñó para la condición del consumo de hora máxima (CMH) al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario (CHM=2.5CPD, más las pérdidas).
2. Sin Consumo en la red.

4.3.8.3 Presiones de Servicio en la red de distribución

La presión residual mínima en cualquier punto de la red, en general, no debe ser menor de 5 m. Así mismo, la carga estática máxima en general no debe ser mayor de 50 m, aunque se consideraron aceptables presiones de hasta 70 m, bajo condiciones topográficas críticas o especiales durante periodos cortos de tiempo, siempre que no excedan la presión de trabajo de la tubería.

4.3.8.4 Velocidad del flujo

Según las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09 002-99) se recomiendan velocidades del flujo en el rango de valores de 0.4 a 2.0 m/s. Sin embargo, cuando exista conflicto entre la velocidad mínima y el diámetro mínimo, prevalece esta última condición. Similar criterio se utilizó para aquellas tuberías que forman circuitos hidráulicos principales que, por su capacidad de suministro, son necesarias para garantizar flujos con suficiente presión durante la operación parcial de la red de distribución.

4.3.8.5 Tipos de tubería y diámetro mínimo a utilizar

Se usó tubería PVC SDR 26, salvo donde expresamente se determina lo contrario. Para efectos de cálculo, se utilizó el valor del diámetro nominal de la tubería y un coeficiente de Hazen-Williams $C=150$ para tubería PVC considerando que toda es nueva. El diámetro mínimo proyectado es de 50 mm (2"). Todo esto según lo



estipulado en las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99) para diseño de redes de distribución.

4.3.8.6 Coeficiente de flujo

Se usó como coeficiente aplicable a la fórmula de Hazen-Williams, para Cloruro de Polivinilo, PVC un coeficiente $C=150$.

4.3.8.7 Coberturas de las tuberías

En los caminos con poco tráfico vehicular se usará una cobertura mínima de 1.0 m medida desde la superficie del terreno a la corona del tubo y 1.20 m en zonas expuestas a carga vehicular tales como cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico.

4.3.8.8 Flexión longitudinal

Según el fabricante la respuesta de la tubería de PVC a cambios de dirección longitudinales (DL) es considerada una ventaja importante en tuberías enterradas. Los cambios de DL de la tubería de PVC, pueden hacerse deliberadamente para realizar cambios en la alineación y evitar obstáculos. Gracias a la capacidad de flexionarse longitudinalmente, la tubería de PVC puede deformarse o doblarse y alejarse de concentración de presiones externas. El uso de juntas de expansión aumenta dicha capacidad de la tubería, reduciendo los riesgos de una falla.

Algunos cambios de dirección necesarios, pueden hacerse sin usar codos, u otros accesorios similares. Dependiendo del diámetro de la tubería y del diseño de la junta, la deflexión por junta de tubería rápida varía desde un tercio de grado hasta 5 grados.

4.3.8.9 Conexiones domiciliarias

El diámetro mínimo de cada conexión será de $\frac{1}{2}$ " (12 mm). Toda conexión domiciliar debe estar siempre controlada por su medidor correspondiente o por un regulador de flujos.

4.3.9 Estructuras complementarias

Se instalarán válvulas de limpieza en los puntos más bajos de la red o donde se permitan velocidades menores a los 0.4 m/s.

4.3.10 Resumen de criterios adoptados

En la tabla 6. Se presenta un resumen de los criterios técnicos adoptados en el sistema de agua proyectado.

Tabla 6. Resumen de los criterios técnicos adoptados

No.	Descripción	Datos
1	Índice de habitantes por vivienda	4.29 Hab./viv.
2	Número de viviendas a servir	80 viviendas
3	Población año 2016	343 habitantes
4	Periodo de Diseño (2020 -2040)	20 años
5	Dotación per cápita de agua potable	75 lppd
6	Dotación Institucional	7% Dotación domiciliar
7	Dotación Comercial	7% Dotación domiciliar
8	Dotación Industrial	2% Dotación domiciliar
9	Nivel de servicio	Conexiones domiciliars
10	Cobertura	100%
11	Proyección de población	Método geométrico
12	Perdidas en el sistema	20% del CPD
13	Variación Diaria	1.5 al CPD
14	Variación Horaria	2.5 al CPD
15	Número de horas de bombeo	16 horas
16	Coefficiente de flujo "C"	150 para PVC
17	Presión mínima	5.0 m
18	Presión máxima	50.0 m
19	Velocidad mínima redes	0.4 m/s
20	Velocidad máxima redes	2.0 m/s
21	Velocidad mínima impulsión	0.6 m/s
22	Velocidad máxima conducción	1.5 m/s
23	Diámetro mínimo	2''
24	Almacenamiento	35% del CPD

*(Predomina criterio de presión cuando existan conflictos entre ambos)

5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

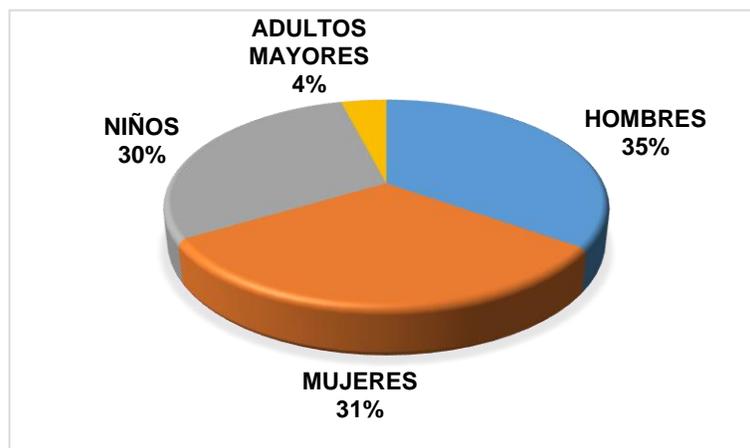
5.1 Estudio Socioeconómico

5.1.1 Población y vivienda

El área total del proyecto en el año 2016 posee un total de 343 habitantes distribuidos en 80 viviendas, con un índice de hacinamiento de 4.29 hab/casa, datos obtenidos por medio del censo habitacional realizado.

La comunidad de El Bosque es rural concentrada con una población total de 301 personas (69 familias) distribuidas en 69 en igual número de viviendas. De estas 301 personas, 110 son hombres (35%), 102 son mujeres (31%), 89 niños (30%) en total. En la comunidad se encuentran 20 personas de la tercera edad (4%) y no hay con capacidades especiales diferentes. (Gráfico 1)

Gráfico 1. Población del sector más importante

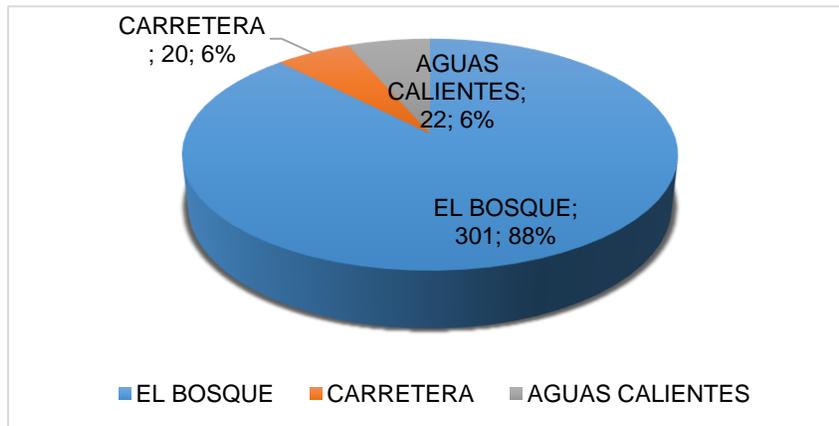


En el gráfico 1. puede observarse que la población con capacidad para trabajar en un proyecto está distribuida uniformemente por género (35% hombres y 31% mujeres) todos habilitados para trabajar.

Además, se consideran 2 sectores cercanos a la comunidad, uno de ellos es el sector La Carretera con una población de 20 habitantes distribuidos en 5 viviendas

y el sector Aguas Calientes con 22 habitantes y 6 viviendas. En general podemos considerar en la comunidad El Bosque una población de 343 habitantes y 80 viviendas con 3 sectores concentrados (Gráfico 2).

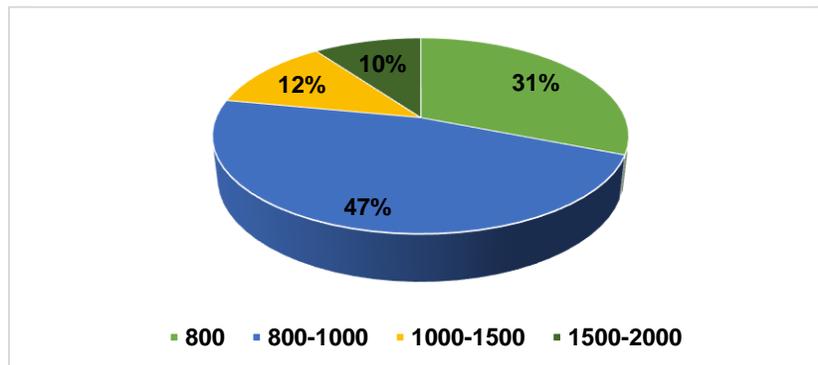
Gráfico 2. Población por sector Comunidad El Bosque



5.1.2 Actividad económica e ingresos mensuales

La comunidad se encuentra en la categoría de pobreza alta y su principal actividad económica es la agricultura. En agricultura se da la siembra de granos básicos (maíz y frijoles) y la siembra de tabaco. El ingreso per cápita mensual es entre C\$1,000.00 a C\$ 2,000 córdobas aproximadamente. (Gráfico 3).

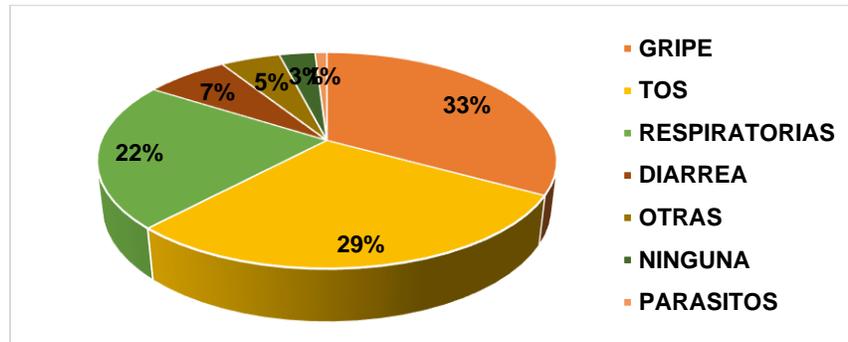
Gráfico 3. Ingresos mensuales



5.1.3 Salud

Los resultados de encuestas demuestran que la mayoría de la población sufre de enfermedades respiratorias comunes (Tos, gripe, etc.), diarrea entre otras (ver gráfico 4).

Gráfico 4. Enfermedades comunes



5.2 Estudio de población y demanda de agua

5.2.1 Proyección de la población

Para calcular la población futura de El Bosque, se tomó como población base los registros de una encuesta realizada por miembros del CAPS en el año 2016. Estos datos fueron suministrados por los directivos de dicho comité y validados por la UMAS de la Alcaldía de Jalapa. Los datos de esta encuesta fueron corroborados y actualizados durante el levantamiento topográfico y labores de campo realizadas.

Para determinar la tasa de crecimiento se analizaron los datos poblacionales históricos para sector rural al nivel de país, departamental y municipal, mostrados en los informes INIDE e INEC de los censos correspondientes a los años 1963, 1971, 1995 y 2005 (ver Tabla No.7). A partir de estos datos se procedió a determinar las tasas de crecimiento intercensales, analizando las tendencias de crecimiento de la población en los últimos 50 años con el objetivo de obtener una tasa de crecimiento poblacional promedio a partir de la cual se proceda al cálculo de la proyección futura.

Tabla 7. Tasas de crecimiento intercensales de zonas rurales

Año censal	Población rural (hab)				Periodo intercensal (n)	Tasa de crecimiento (r)
	Nicaragua	N. Segovia	Jalapa	El Bosque		
1963	908,296	35,682	8,602		1963-1971	3.14%
1971	981,574	49,042	12,121		1971-1995	2.60%
1995	1,986,289	92,601	20,088		1995-2005	2.76%
2005	2,266,548	122,667	30,056		2005-2008	
2009				268	2008-2018	2.50%
2016				343		
2020				382		
Tasa de crecimiento promedio						2.75%

Este análisis brinda un escenario del comportamiento de la población en la comunidad de El Bosque relacionado con lo que ocurre en el resto de las comunidades rurales del país, el departamento de Nueva Segovia y el propio municipio de Jalapa. Tomando en consideración el comportamiento del crecimiento de la población, se procedió al cálculo de la tasa promedio para adoptarla en el cálculo de la proyección poblacional. El resultado obtenido de la tasa de crecimiento poblacional resulta de 2.75%, encontrándose este valor entre 2.5% a 4% que establece la Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09 002-99) para poblaciones rurales. Por lo tanto, frente a este resultado, para los fines de proyectar la población, se decidió fijar la tasa de crecimiento con este valor calculado.

Se utilizó el método geométrico para la proyección de la población debido a que es el más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo como es la comunidad de El Bosque y que se mantiene creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua.

Proyección de población:

Datos:

$P_{2016} = 343$ hab

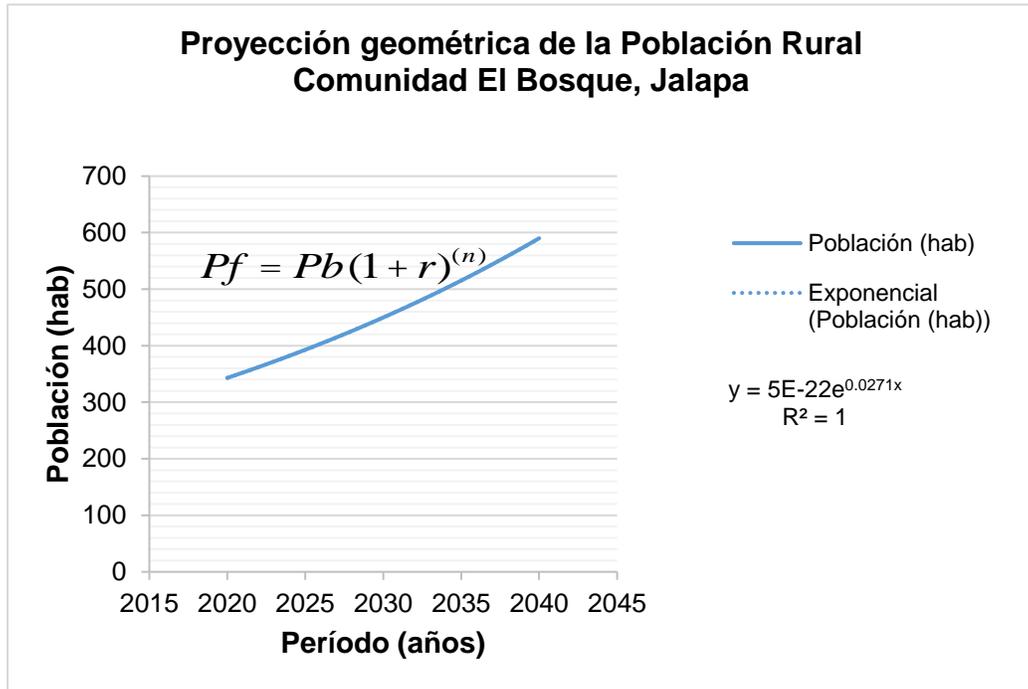
$r = \text{Tasa de crecimiento} = 2.75\%$

$P_{2020} = 343 (1 + 0.0275)^4 = 382$ hab

En la Tabla No. 8 y gráfico No. 5, se puede observar los resultados de la proyección de la población desde el año cero del proyecto (2020) hasta el año 2040 cuando el proyecto cumpla su vida útil.

Tabla 8. Proyección de Población

N	Año	Proyección de la población
0	2020	382
1	2021	393
2	2022	404
3	2023	415
4	2024	426
5	2025	438
6	2026	450
7	2027	462
8	2028	475
9	2029	488
10	2030	501
11	2031	515
12	2032	529
13	2033	544
14	2034	559
15	2035	574
16	2036	590
17	2037	606
18	2038	623
19	2039	640
20	2040	658

Gráfico 5. Curva de crecimiento poblacional comunidad El Bosque

5.2.2 Proyección de la demanda de agua

La estimación de la demanda general en el año horizonte de proyección 2040, se calculó con base en la dotación de 75 lppd. adicionalmente, a la demanda se le incorporaron los factores de consumo pico y pérdidas técnicas del sistema, todo según lo expuesto en criterios de diseño adoptados.

Con el dato de población y dotación determinado anteriormente se calcularon las demandas de consumo de agua potable, las cuales se resumen en tabla No. 9 a continuación:

Tabla 9. Caudales de diseño

Año	Consumo Domestico	Consumo Comercial 7%CD	Consumo Institucional 7%CD	Consumo Industrial 2%CD	Consumo Promedio Diario (CPD)	Pérdidas Hf=20% CPD	CPD+Hf		Consumo Máximo Día CMD=1,5*CPD+Hf		Consumo Máxima Hora CMH=2,5*CPD+Hf	
	lps				Lps	Lps	gpm	Lps	gpm	lps	Gpm	
2020	0.33	0.02	0.02	0.01	0.38	0.077	0.46	7.32	0.65	10.37	1.04	16.48
2021	0.34	0.02	0.02	0.01	0.40	0.079	0.47	7.52	0.67	10.66	1.07	16.93
2022	0.35	0.02	0.02	0.01	0.41	0.081	0.49	7.73	0.69	10.95	1.10	17.39
2023	0.36	0.03	0.03	0.01	0.42	0.084	0.50	7.94	0.71	11.25	1.13	17.87
2024	0.37	0.03	0.03	0.01	0.43	0.086	0.51	8.16	0.73	11.56	1.16	18.36
2025	0.38	0.03	0.03	0.01	0.44	0.088	0.53	8.39	0.75	11.88	1.19	18.87
2026	0.39	0.03	0.03	0.01	0.45	0.091	0.54	8.62	0.77	12.21	1.22	19.39
2027	0.40	0.03	0.03	0.01	0.47	0.093	0.56	8.85	0.79	12.54	1.26	19.92
2028	0.41	0.03	0.03	0.01	0.48	0.096	0.57	9.10	0.81	12.89	1.29	20.47
2029	0.42	0.03	0.03	0.01	0.49	0.098	0.59	9.35	0.84	13.24	1.33	21.03
2030	0.44	0.03	0.03	0.01	0.50	0.101	0.61	9.60	0.86	13.61	1.36	21.61
2031	0.45	0.03	0.03	0.01	0.52	0.104	0.62	9.87	0.88	13.98	1.40	22.20
2032	0.46	0.03	0.03	0.01	0.53	0.107	0.64	10.14	0.91	14.36	1.44	22.81
2033	0.47	0.03	0.03	0.01	0.55	0.110	0.66	10.42	0.93	14.76	1.48	23.44
2034	0.49	0.03	0.03	0.01	0.56	0.113	0.68	10.71	0.96	15.17	1.52	24.09
2035	0.50	0.03	0.03	0.01	0.58	0.116	0.69	11.00	0.98	15.58	1.56	24.75
2036	0.51	0.04	0.04	0.01	0.59	0.119	0.71	11.30	1.01	16.01	1.60	25.43
2037	0.53	0.04	0.04	0.01	0.61	0.122	0.73	11.61	1.04	16.45	1.65	26.13
2038	0.54	0.04	0.04	0.01	0.63	0.125	0.75	11.93	1.07	16.90	1.69	26.85
2039	0.56	0.04	0.04	0.01	0.64	0.129	0.77	12.26	1.10	17.37	1.74	27.59
2040	0.57	0.04	0.04	0.01	0.66	0.132	0.79	12.60	1.13	17.85	1.79	28.34

5.2.3 Demanda de agua por elemento del sistema

Usando los valores de capacidad recomendados por las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09003-99) para cada elemento del sistema, y con base a la proyección de la demanda, se determinó la capacidad para cada componente del sistema, según se describe a continuación:

Fuente de abastecimiento

La demanda aplicada a la fuente de abastecimiento, en este caso el pozo perforado, se determinó usando los valores del CMD mostrados en la Tabla No.10 en el año 2040, que corresponde a 1.13 lps (17.85 gpm) al final de la vida útil de diseño.

Estación de bombeo

La demanda aplicada para selección del equipo de bombeo corresponde al valor del CMD para el año 2040. En este caso en particular, se ha considerado que el equipo de bombeo sumergido en el pozo perforado, operara durante 16 hrs/día para impulsar el agua captada hasta el tanque de Almacenamiento, por lo que también el Q_{bombeo} equivale a 17.85 gpm.

Almacenamiento

El volumen de almacenamiento fue estimado según lo estipulado en las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99), que especifica que se debe considerar una reserva del 15% del CPD para compensación por los consumos picos durante el día, más una previsión del 20% del CPD para emergencias o sea un volumen total equivalente al 35% del CPD.

Red de distribución

La demanda de la red de distribución se estimó de acuerdo a lo considerado en las Normativas Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99) donde el caudal máximo que debe ingresar a la red, debe ser el de la condición menos favorable equivalente al CMH de 1.79 lps.

5.3 Diseño de los elementos de abastecimiento

5.3.1 Diseño del Pozo Perforado (PP)

Según Informe de Prefactibilidad Técnica del Sistema de Agua Potable de la Alcaldía de Jalapa de Nueva Segovia, el pozo perforado existente en la comunidad El Bosque puede ser utilizado dotado con un equipo de bombeo eléctrico nuevo, acorde a las características hidráulicas del pozo y capacidad requerida. Los resultados del estudio realizado en el pozo existente se resumen en tabla No. 10 y figura 10.

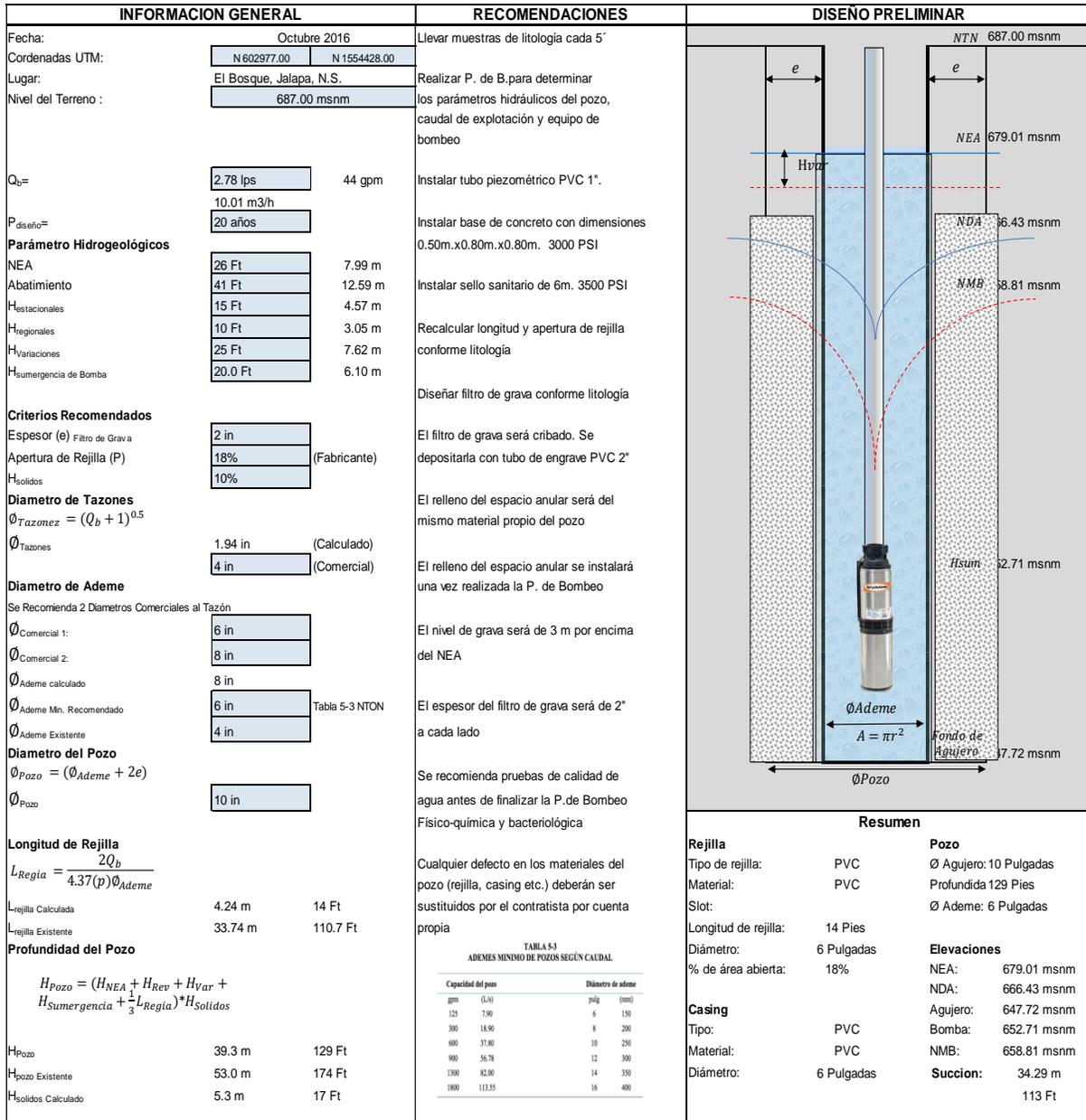
Tabla 10. Características del pozo existente

No	Diseño de Pozo	PP El Bosque
1	Coordenadas UTM	E 0602977, N 1554428
2	Profundidad de perforación:	53.00 m (174 pies)
3	Diámetro del Pozo:	10" (Pulgadas)
4	Material de Rejilla: L	PVC
5	Longitud de Rejilla:	14 pies
6	Longitud de tubería ranurada	107.90 pies (37.3 – 127.3/ 137.6 – 155.5 pies)
7	% Área Abierta en Rejilla:	0.7 mm
8	Material Casing:	PVC
9	Diámetro Casing:	4" (Pulgadas)
10	Succión de bomba	34.29 m (113 pies)
11	Caudal aforado	44 Gpm (2.78 lps)

Fuente: Estudio hidrogeológico de Alcaldía



Figura 10. Características del pozo perforado existente



Fuente: Estudio Hidrogeológico de Alcaldía de Jalapa

5.3.2 Estación de bombeo

La estación de bombeo para en el pozo perforado, impulsará el flujo de agua captada desde el pozo que tiene una elevación mínima de bombeo de 658.81m hasta el ingreso del tanque de almacenamiento a una elevación de 698.13 m.

Diámetro de columna de bombeo

Tabla 11. Diámetro de la columna de bombeo

Descripción	Resultados
Caudal de Bombeo (Qb)	Qb= 1.13 l/s
Vel. succ. asumida (V)	V= 0.70 m/s
Diámetro de desc. calculado	Ødesc. = 0.042 m = 1.67 pulg.
Ø comerc. = 2.00 pulg.	Vel. succ. calc.= 0.57 m/s

Características del equipo de bombeo

Las características calculadas para la selección del equipo de bombeo del proyecto se muestran en la Tabla No.12, además ver memoria de cálculo en Anexos I.

Tabla 12. Características del equipo de bombeo

Características	Capacidad	
Caudal de bombeo (Qb)	1.13 lps	17.85 gpm
Carga Total Dinámica (CTD)	42.53 m	139.51 pies
Eficiencia	70%	70%
Potencia	1.5 HP	1.12 Kw/ 1Ph 230 V

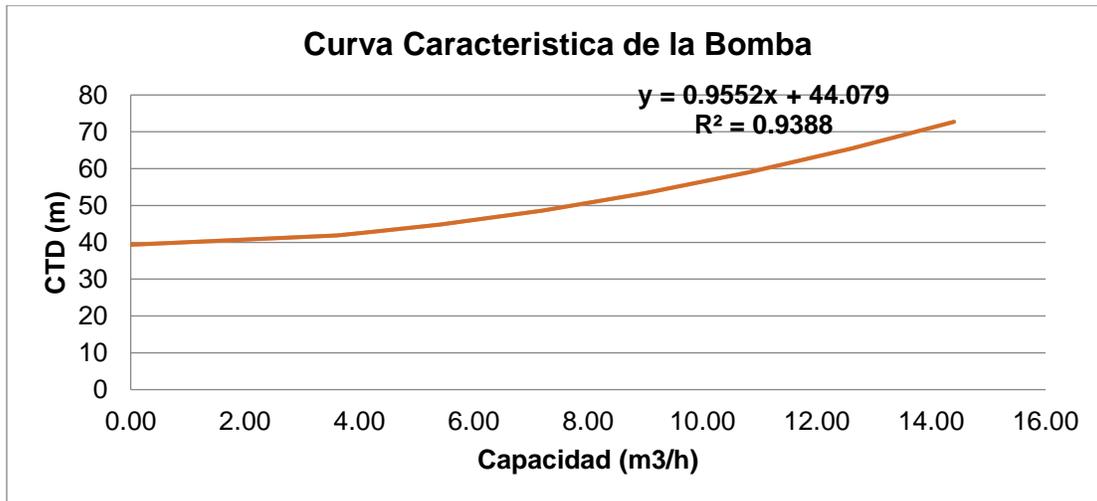
A partir de estos resultados se procedió a realizar una variación del caudal con el diámetro de la descarga de 2", para determinar la CTD y la potencia de la Bomba-Motor (tabla No. 13) bajo diferentes regímenes de bombeo y poder construir una curva característica que permitiera realizar una selección más precisa del equipo de bombeo entre diferentes fabricantes.

Tabla 13. Características del equipo de bombeo con variación de caudal

Q (lps)	Q (m3/hr)	CTD (m)	Q (GPM)	P (HP)
0.00 lps	0	39.33	00.00	0.00 HP
1.00 lps	3.6	41.90	15.85	0.94 HP
1.13 lps	4.05	42.53	17.85	1.08 HP
1.50 lps	5.4	44.77	23.78	1.51 HP
2.00 lps	7.2	48.59	31.70	2.19 HP
2.50 lps	9	53.33	39.63	3.00 HP
3.00 lps	10.8	58.94	47.56	3.98 HP
3.50 lps	12.6	65.41	55.48	5.15 HP
4.00 lps	14.4	72.72	63.41	6.55 HP

A partir de los resultados obtenidos de carga total dinámica (CTD) y las variaciones de caudal mostrados en la Tabla No.13 y Grafico No.6, se obtiene la siguiente curva característica del equipo de bombeo requerido para suplir la demanda del proyecto. Subsecuentemente, se ha procedido a ajustar dicha curva haciendo una regresión polinómica, donde se ha procedido determinar la ecuación de la curva característica del equipo de bombeo.

Gráfico 6. Curva característica de la bomba



Selección del equipo de bombeo

Durante la selección del equipo de bombeo se consideró la marca de fabricante Goulds ITT distribuida localmente en el país. Primeramente, se hizo una preselección de equipos de las marcas antes mencionadas que estuvieran comprendidos dentro de las características calculadas.

Gráfico 7. Curva característica de la bomba seleccionada vs fabricante

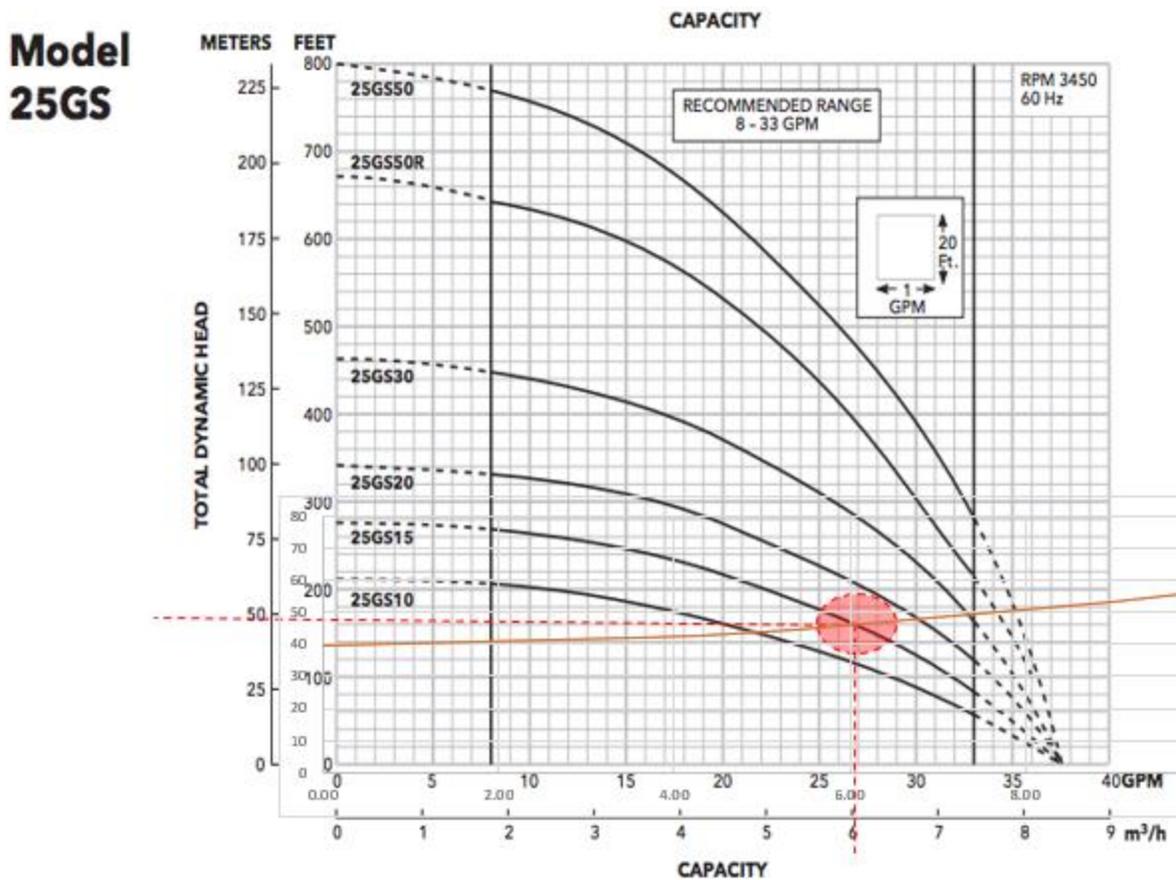


Tabla 14. Características de la estación de bombeo seleccionado

Características del Equipo de Bombeo Seleccionado	
Concepto	Resultado
Marca de Equipo	Goulds ITT
Modelo del Equipo	25GS15
rpm del Equipo	3450
Frecuencia	60 HZ
Fases	1
Voltaje	230 V
Cantidad de Equipos	2
Potencia del Equipo	1.5 HP
Eficiencia	70%
Caudal de Bombeo	27 gpm
CTD	180 pies

En la gráfica No. 7, se puede observar que, al interceptar las curvas del fabricante con la curva característica calculada para el equipo de bombeo seleccionado, el modelo 25GS15 marca Goulds ITT de 1.5 HP resulta un caudal de 27 gpm mayor que el requerido sometido a un CTD de 180 pies aproximadamente. Por consiguiente, por el análisis de las curvas características calculada vs fabricante, se puede concluir que el equipo recomendado es el correcto.

Columna de bombeo

La columna de bombeo para el equipo seleccionado se diseñó de acuerdo al criterio recomendado en las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99) que establece que el diámetro de la columna debe ser tal que garantice que las pérdidas no sobrepasen el 5% de la longitud de columna. En este sentido, se propuso tubería de hierro galvanizado de diámetro de 2", cuyas pérdidas son de 1.18 m, menores que el 5% de la columna de 1.71 m.

Tabla 15. Características Técnicas de Bomba y motor seleccionados

Model	Flow Range GPM	Horsepower Range	Best Efficiency GPM	Discharge Connection	Minimum Well Size	Rotation
5GS	1.2 - 7.5	½ - 2	5	1 ¼	4"	CCWW
7GS	1.5 – 10	½ - 3	7	1 ¼	4"	CCWW
10GS	3 – 16	½ - 5	10	1 ¼	4"	CCWW
13GS	4 – 20	½ - 3	13	1 ¼	4"	CCWW
18GS	6 – 28	¼ - 5	18	1 ¼	4"	CCWW
25GS	8 – 33	1 – 5	25	1 ¼	4"	CCWW

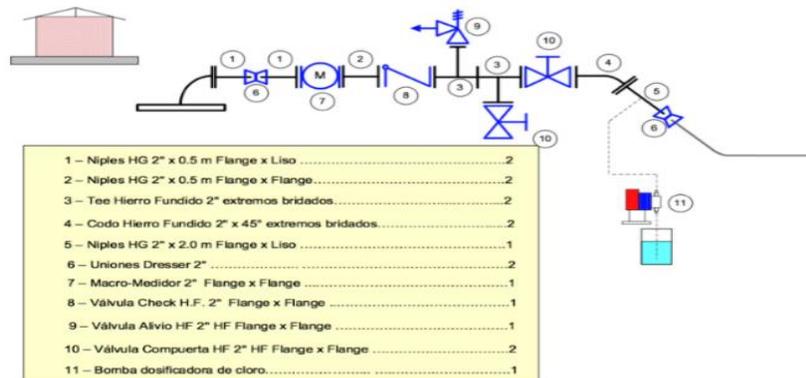
CENTRIPRO 4" SINGLE-PHASE MOTORS

Order No.	Type	HP	Volts	Length in. (mm)	Weight lb. (kg.)
M05421	2-wire PSC	½	230	11.0 (279)	20 (9.1)
M05422		½		11.0 (279)	20 (9.1)
M07422		¾		12.4 (314)	23 (10.4)
M10422		1		13.3 (337)	25 (11.3)
M15422		1.5		14.9 (378)	29 (13.2)
M05411	3-wire	½	115	10.0 (253)	19 (8.6)
M05412		½		9.7 (246)	18 (8.2)
M07412		¾		10.8 (275)	22 (10)
M10412		1		11.7 (297)	23 (10.4)
M15412		1.5		13.6 (345)	28 (12.7)
M20412		2		15.1 (383)	31 (14.1)
M30412		3		18.3 (466)	40 (18.1)
M50412		5		27.7 (703)	70 (31.8)

Sarta de bombeo

La sarta de bombeo y la válvula de Alivio se dimensionaron de acuerdo a lo estipulado en la tabla 6-3 y 6-4 respectivamente de las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09003-99). De acuerdo a este criterio el diámetro de la sarta de bombeo se ha fijado en 2" y tipo de tubería de hierro galvanizado.

Figura 11. Esquema de la sarta de bombeo y sus componentes



Tiempo de Bombeo

El tiempo de bombeo máximo según caudal de bombeo es menor que el máximo recomendado que es de 16 horas. (Tabla 16)

Tabla 16. Horas de Bombeo

Año	CPD (gpm)	CMD (gpm)	CMH (gpm)	Tb (horas) Qb*Tb=CPD*24
2020	7.32	10.37	16.48	6.5
2021	7.52	10.66	16.93	6.7
2022	7.73	10.95	17.39	6.9
2023	7.94	11.25	17.87	7.1
2024	8.16	11.56	18.36	7.3
2025	8.39	11.88	18.87	7.5
2026	8.62	12.21	19.39	7.7
2027	8.85	12.54	19.92	7.9
2028	9.10	12.89	20.47	8.1
2029	9.35	13.24	21.03	8.3
2030	9.60	13.61	21.61	8.5
2031	9.87	13.98	22.20	8.8
2032	10.14	14.36	22.81	9.0
2033	10.42	14.76	23.44	9.3
2034	10.71	15.17	24.09	9.5
2035	11.00	15.58	24.75	9.8
2036	11.30	16.01	25.43	10.0
2037	11.61	16.45	26.13	10.3
2038	11.93	16.90	26.85	10.6
2039	12.26	17.37	27.59	10.9
2040	12.60	17.85	28.34	11.2

Según curva característica el punto de operación de la bomba es cuando el caudal equivale a 27 gpm, por lo tanto, se selecciona $Q_b = 27$ gpm.

Con ese caudal el tiempo de bombeo máximo es de 11.2 horas o aprox. 11 horas.

Para efectos de la línea de conducción por bombeo se utilizó el máximo de 16 horas.

5.3.3 Línea de impulsión

Para el dimensionamiento, el diámetro se ha calculado mediante el criterio de diámetro económico y según la ecuación de F. Bresse, tomando en consideración el caudal de diseño correspondiente al CMD del año horizonte de 2040, (Tabla No.17).

Tabla 17. Criterio de diámetro económico

Φ calculado (m)	Φ comercial (m)	Φ comercial (pulg)	Fórmulas
0.042	0.051	2	$\Phi_{Econom} = 0.9 Q^{0.45}$
	0.075	3	
0.039	0.102	4	$\Phi_{Imp} = 1.3 * X^{1/4} Q_b^{0.5}$

Según ambos criterios, se analizaron los diámetros comerciales correspondientes a 2, 3 y 4 pulgadas. Cuando se realiza una revisión de la velocidad según lo recomendado en las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99), todos los diámetros analizados se encuentran dentro del rango de velocidad permisible recomendado (0.4-1.5 m/s). por lo tanto, la selección del diámetro de la tubería de impulsión se selecciona de acuerdo a criterio económico, analizando el costo de la tubería y consumo energético de la bomba de acuerdo a las diferentes CTD requeridas según el diámetro de tubería analizado.

Tabla 18. Revisión de las velocidades en diámetros de impulsión propuestos

\emptyset Analizados (pulg)	\emptyset Analizados (m)	Velocidad (m/s)	Gradiente (S) < 10m/1000m	Condición $0.4 \leq v \leq 1.5$ Apartado 7.11.4 NTON
2	0.051	0.56	7.08m/1000m	Cumple Criterio de Veloc y S
3	0.075	0.25	0.98m/1000m	No Cumple Criterio de Veloc y S
4	0.102	0.14	0.24m/1000m	No Cumple Criterio de Veloc y S

Análisis económico de la Línea de impulsión

El análisis económico se ha considerado para cada diámetro propuesto el costo anual de la energía requerida para bombear el agua desde el pozo perforado hasta el tanque de almacenamiento. En la tabla No.19, se puede observar que la potencia calculada varía según los diámetros analizados.

Tabla 19. Costo Anual de la Energía según potencia requerida

Análisis Económico del Diámetro de la Tubería de Impulsión			
Costo del KWh =	C\$6.9798	% Interés	11%
L. Línea Imp. =	180 m	T. Recup.	20 años

Ø Imp. (pulg)	Ø Imp. (m)	Hfdesc. (m)	CTD (M)	P(HP) Calculado	P (HP)	P(KW)	Costo Anual Energía (C\$/año)
2	0.051	1.27	42.53	1.08	1.5 HP	1.12 Kw	C\$32,777.85
3	0.075	0.18	41.43	1.05	1.5 HP	1.12 Kw	C\$31,931.65
4	0.102	0.04	41.30	1.05	1.5 HP	1.12 Kw	C\$31,828.85

A diferencia de lo ocurrido en el análisis energético (CAE), el costo inicial de inversión (CAT) para la línea de impulsión con diámetro de 4" es mayor notablemente que los otros diámetros, lo cual se puede observar en la Tabla No.20. El costo inicial de inversión de las tuberías para cada diámetro se ha expresado también en costo anual, considerando un periodo de recuperación de 20 años mediante tarifa de consumo con una tasa de interés social del 11% (De acuerdo a tasa de interés anual obtenida del Banco Central de Nicaragua).

Tabla 20. Costo Inicial de Inversión y Costo Anual de la tubería

Ø Imp. (pulg)	Ø Imp. (m)	Precio del m de tubería	Cantidad de Tubos	Costo Anual Tubería (C\$/año)
2	0.051 m	C\$85	30	C\$1,887.49
3	0.075 m	C\$131	30	C\$2,897.85
4	0.102 m	C\$175	30	C\$3,886.00

Finalmente, al realizar una comparación de los costos anuales de la energía y la compra de tubería; en este caso particular, lo que hace la diferencia es el costo de

la tubería misma. Consecuentemente, el menor diámetro analizado, correspondiente a 2" es el seleccionado debido a que es el diámetro más económico analizado en la tabla No.21.

Tabla 21. Costo Total Anual de la Tubería para cada Diámetro

Ø Imp. (pulg)	Ø Imp. (m)	Costo Anual Equivalente (C\$/año)
2	0.051 m	C\$34,665.33
3	0.075 m	C\$34,829.50
4	0.102 m	C\$35,714.85

En tal sentido, se puede concluir que el diámetro seleccionado de 2" es el correcto dado que cumple con el criterio hidráulico de velocidad recomendado y gradiente de las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99).

5.3.4 Obras de almacenamiento

En el área de estudio, debido a las condiciones topográficas planas del terreno no existe la posibilidad de ubicar una obra de almacenamiento a nivel del terreno natural y que alcance una carga estática positiva que permita la entrega de agua por gravedad desde el tanque a la red y que además se garanticen presiones residuales mínimas permisibles en las casas más alejadas. Por tal razón, el tanque de almacenamiento a construir será sobre torre de acero de 5 metros de altura. El volumen del tanque de almacenamiento ha sido calculado de acuerdo a lo establecido en las normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99) para un periodo de diseño de 20 años. (Tabla No.22)

Tabla 22. Volumen de Tanque de Almacenamiento

Tanque de almacenamiento		
Tasas de Volumen de Almacenamiento	35% del CPD	20.03 m ³
A) Volumen Compensador (Fluctuaciones Diarias y Horarias)	15% del CPD	8.58 m ³
B) Volumen de Reserva (Reparaciones y Mantenimiento del Sistema)	20% del CPD	11.44 m ³

Según cuadro anterior el tanque constará con un cuerpo de acero con capacidad máxima de 20.03 m³, de los cuales 8.58 m³ son para compensar las variaciones horarias del consumo y 11.44 m³ corresponden a un volumen adicional de reserva para garantizar el consumo en caso de eventualidades ocasionadas por averías del sistema.

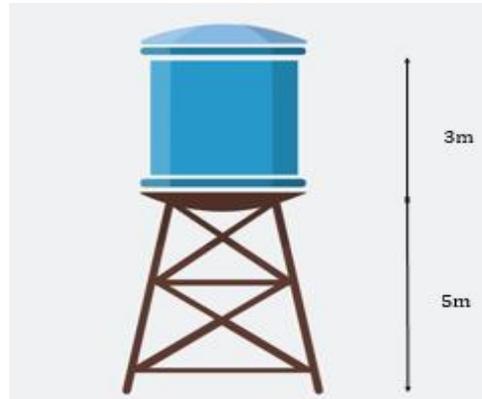
Otras de las funciones del tanque de almacenamiento es mantener las presiones hidráulicas dentro del rango establecido en normas, por lo que el tanque propuesto tendría una altura de torre de 5 metros, alcanzando una elevación de fondo de 695.23 msnm.

Tomando en consideración las anteriores estimaciones se está proponiendo un tanque con las siguientes características que deberán ser cumplidas estrictamente para su construcción:

- Tipo Estructura: Estructura de Acero Sobre Torre
- Altura de Torre: 5 metros de Altura
- Capacidad: 5,291 galones
- Diámetro Interno: 3.00 metros
- Altura entrada de agua: 2.90 metros (698.13 msnm)
- Altura de Rebose: 2.70 metros (697.93 msnm)
- Elevación de Fondo: 695.23 msnm (Cota de solera de tanque)

Para garantizar la buena operación y mantenimiento del tanque se consideraron todas las obras complementarias como: válvulas en las tuberías de entrada y salida, boca de acceso con tapa metálica, peldaños de acceso, respiradero, tubería de rebose y limpieza, marcador de nivel y válvulas. También se considera la instalación de un macro medidor en el tubo de salida.

Figura 12. Esquema de tanque de almacenamiento



5.3.5 Red de distribución

El agua será suministrada por gravedad desde el tanque de almacenamiento sobre torre a través de una línea de aducción corta, conformada por tuberías PVC-SDR26 3" de 18 metros de longitud que se acopla a la red de distribución. El tanque de almacenamiento es alimentado directamente desde la fuente de abastecimiento (Pozo perforado) mediante la línea de impulsión. La red de distribución está constituida por un circuito abierto con varios ramales y para su dimensionamiento se utilizó la aplicación hidráulica computarizada EPANET, donde se analizó el comportamiento del sistema propuesto con todas las conexiones domiciliarias instaladas y una capacidad para abastecer la demanda futura en 20 años.

El modelo hidráulico, bajo la configuración Fuente-Tanque-Red, comprende:

1. La captación por medio de un pozo perforado en donde se incorporará un equipo de bombeo sumergible de 1.5 HP.
2. Una línea de impulsión que proviene del pozo perforado hacia el tanque de almacenamiento de 5,291 galones.

El esquema de estructuración física se introdujo en el programa EPANET, la que se alimentó con los datos relativos a:

- a) Las características de los elementos que constituyen los componentes del sistema, incluyendo las capacidades y demás características del equipo de bombeo en el punto de producción.
- b) El tanque de almacenamiento.
- c) Los nodos de la red de distribución con su elevación y la demanda aplicada en ellos, así como las longitudes, diámetros y coeficiente de rugosidad del material de los tramos de tubería entre nodos.

Los criterios utilizados para la elaboración de esta simulación en EPANET están en el acápite de criterios de diseño (Criterios considerados para el diseño de Red de Distribución del sistema de abastecimiento en EPANET).

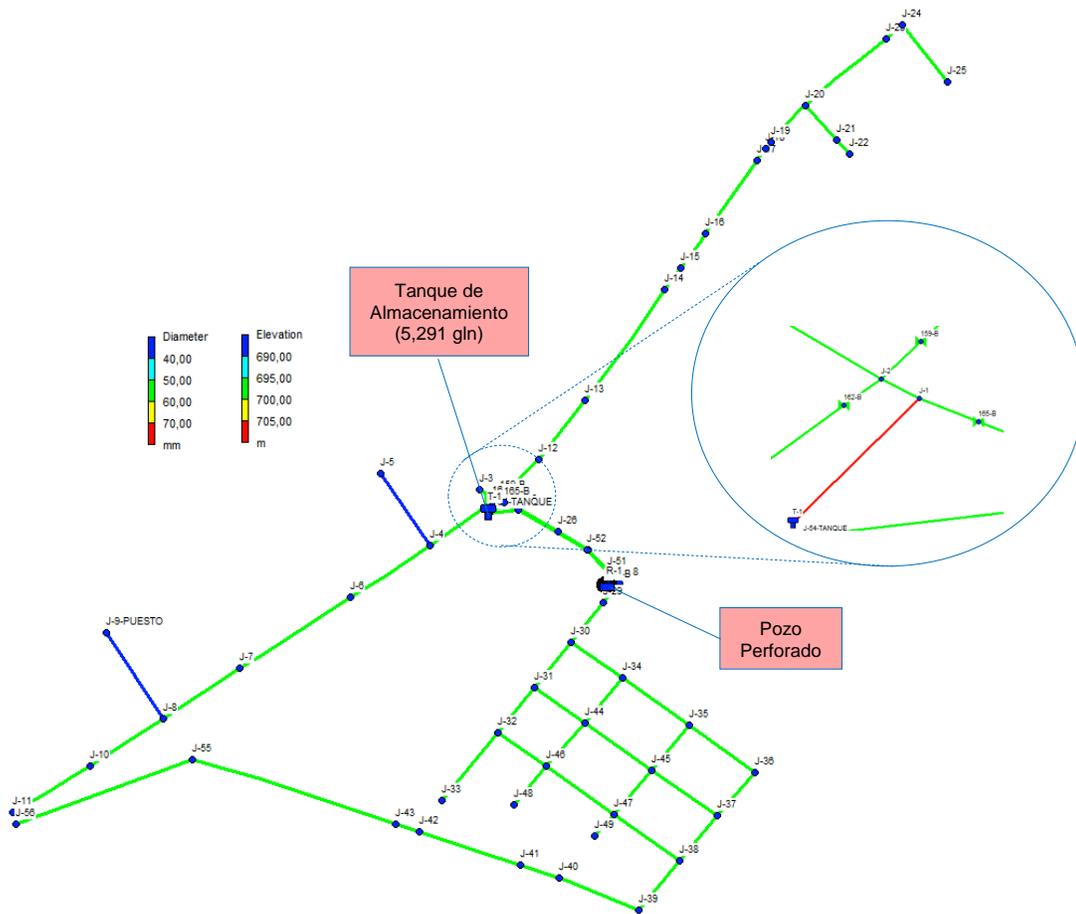
El modelo adoptado para la simulación hidráulica del sistema proyectado para el año 2040, corresponde a un sistema que abarca la totalidad de la localidad, y que funciona bajo un esquema de configuración **Fuente-Tanque-Red**, se efectuaron las simulaciones de los modelos del CMH (por nodo y tubo) y caudal Cero (por nodo y tubo). En todos estos análisis, la red de distribución se comporta de manera satisfactoria, obteniéndose presiones residuales que satisfacen las Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002-99). La premisa fundamental fue que se obtuviera una presión residual mayor de 5 metros de columna de agua en cualquier punto de la red, considerando la elevación del fondo del tanque como la presión de partida.

Para la obtención de la demanda nodal se consideró que la población continuara concentrándose dentro del perímetro sanitario establecido, desarrollando a lo largo de los caminos, callejones y calles, por lo que se determinó un consumo por distancia de tubería en función de las demandas proyectadas a 20 años y de la longitud de tubería que se instalara en esta localidad para cubrir a toda la población.

5.3.5.1 Resultados de la simulación de EPANET

La red de distribución se analizó para las condiciones de caudal de máxima hora (CMH) y consumo cero. Siendo estas condiciones de diseño las más desfavorables o críticas. (Ver figura 13, 14, 15, 16 y 17 y tabla 23).

Figura 13. Esquema de estructuración del modelo hidráulico



Las presiones de servicio en la red de distribución resultan adecuadas para el suministro de agua a la población, ya que se manejan en un rango de 5.31 m.c.a. en la parte más alta de la red a 14.6 m.c.a. en la parte más baja. En ninguno de los nodos se presentan presiones mayores a los 50 m.c.a. o menores a los 5 m.c.a. por lo que se considera utilizar tubería PVC SDR-26 la cual soporta presiones de trabajo de hasta 112 m.c.a.

En algunos tramos se observan velocidades menores que las estipuladas, pero se deben de considerar los siguientes factores:

- Los tramos se diseñaron de acuerdo a la norma, considerando un diámetro mínimo de 50 mm, aun cuando las velocidades sean bajas, esto permite que el sistema funcione satisfactoriamente.

El sistema proyectado opera en 3 sectores (Fig.14):

Sector 1: Este es el sector principal de la comunidad y es prácticamente donde se encuentran establecidas las mayorías de las viviendas dentro de una trama de calles bien definidas.

Sector 2: Corresponde al sector NE de la comunidad.

Sector 3: Corresponde el sector SO de la comunidad.

Para distribuir el agua en la comunidad, se propone la instalación de 4,441 m de tubería PVC SDR-26 de diámetros entre 2" a 3". A continuación, se presenta la tabla de tuberías y longitudes.



Tabla 23. Características de tubería a instalar

ESCENARIO: CMH				ESCENARIO: CMH			
TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO (mm)	RUGOSIDAD	TUBERIA	LONGITUD (m)	DIAMETRO (mm)	RUGOSIDAD
P-1 LC	18	75	150	P-36	93	50	150
P-2	4	50	150	P-37	67	50	150
P-3	22	50	150	P-38	68	50	150
P-5	102	50	150	P-39	75	50	150
P-6	111	50	150	P-40	100	50	150
P-7	153	50	150	P-41	47	50	150
P-8	106	50	150	P-42	124	50	150
P-9	119	50	150	P-43	29	50	150
P-10	102	50	150	P-44	72	50	150
P-11	104	50	150	P-45	96	50	150
P-13	86	50	150	P-46	93	50	150
P-14	159	50	150	P-47	69	50	150
P-15	31	50	150	P-48	97	50	150
P-16	50	50	150	P-49	93	50	150
P-17	104	50	150	P-50	68	50	150
P-18	17	50	150	P-51	68	50	150
P-19	9	50	150	P-52	58	50	150
P-20	59	50	150	P-53	67	50	150
P-21	55	50	150	P-54	68	50	150
P-22	22	50	150	P-55	34	50	150
P-23	122	50	150	P-56-LC	2	75	150
P-24	24	50	150	P-57-LC	3	75	150
P-25	84	50	150	P-58-LC	13	50	150
P-27	41	50	150	P-59-LC	34	50	150
P-28	53	50	150	P-60-LC	93	50	150
P-29	30	50	150	P-61-LC	34	50	150
P-30	59	50	150	P-62 FIT	247	50	150
P-31	68	50	150	P-63 FIT	219	50	150
P-32	67	50	150	P-64-65	69	50	150
P-33	103	50	150	P-66-67	94	50	150
P-34	73	50	150	P-68-69	78	50	150
P-35	96	50	150	P-12	13	50	150



Figura 14. Esquema de sectorización del modelo hidráulico de la red

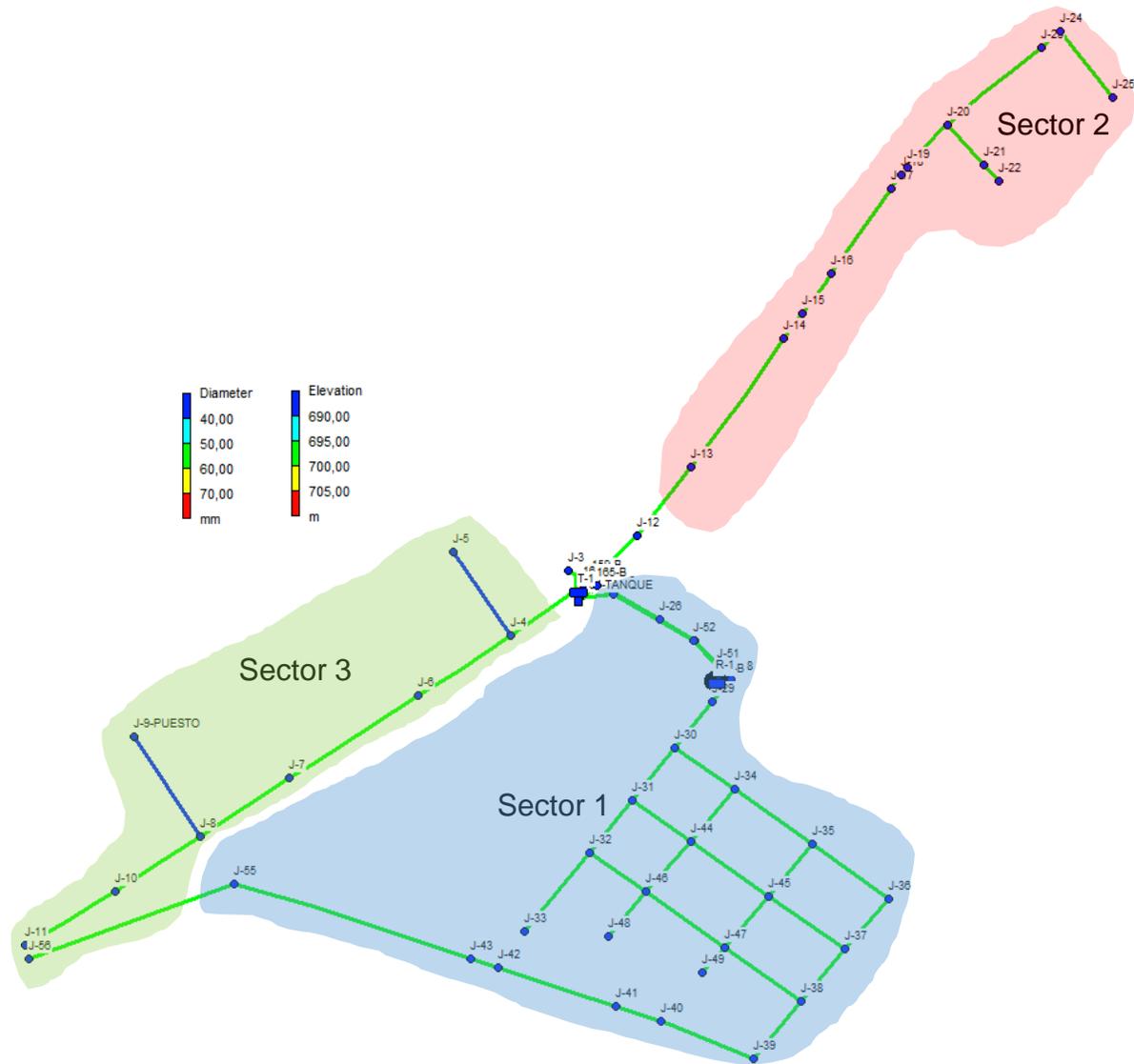
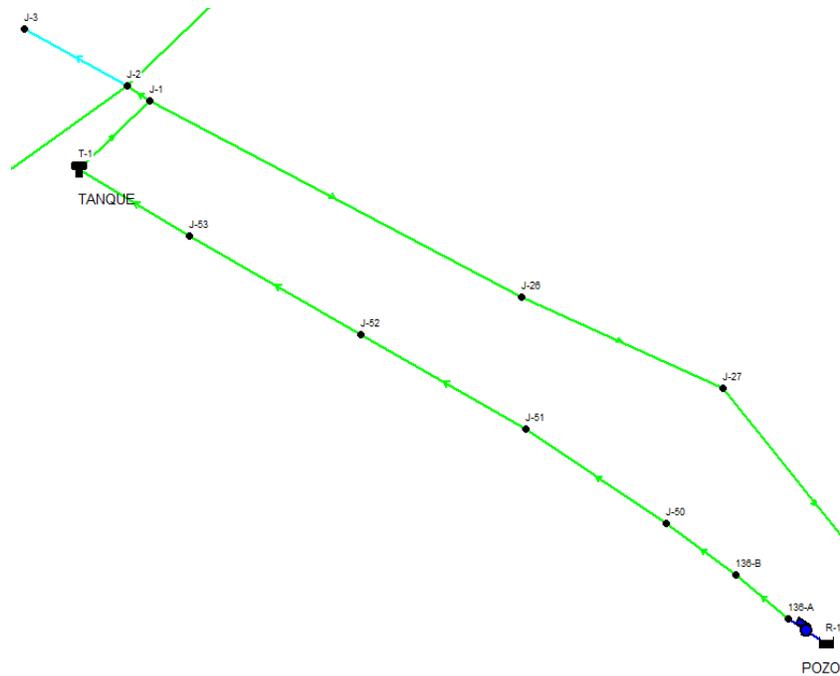


Figura 15. Esquema de Línea de conducción y línea de aducción en la red



A continuación, se presenta un resumen de los resultados de los momentos más desfavorables analizados en la simulación hidráulica, siendo estos el CMH y cuando el consumo es cero.

Caudal Máximo Hora - CMH (1.79 Ips): El caudal de máxima hora corresponde al caudal de diseño de la red de distribución y es donde se presentan las presiones más bajas, lo cual nos permite prever los puntos con menor presión en el sistema. Este caudal se ha utilizado para dimensionar la capacidad hidráulica de la tubería en el periodo de diseño del proyecto. Bajo esta condición de análisis, durante la simulación hidráulica se pudo observar que las presiones se encuentran en un rango de 5.31 m.c.a. en el nodo j-11 la parte más alta de la red y a 14.6 m.c.a. en el nodo j-38 en las partes bajas. Estas presiones son satisfactorias y cumplen con la norma.

Figura 16. Resultado de simulación hidráulica en condición de CMH

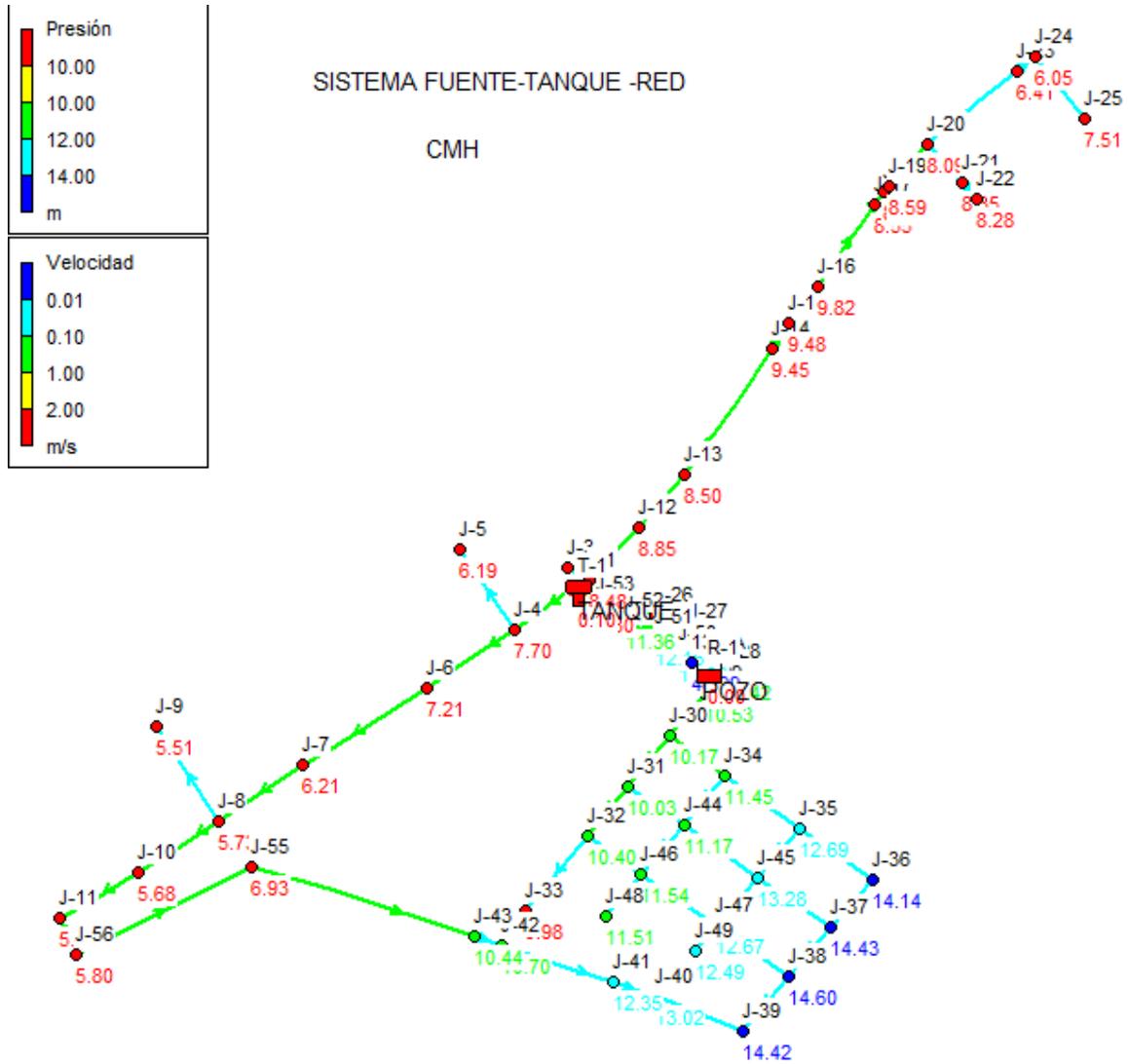


Figura 17. Isoyetas de presión en condición de CMH



Consumo cero: La condición de consumo cero se considera una condición de análisis crítico ya que cuando no hay consumo en la red es cuando se presentan las mayores presiones. Es importante analizar esta condición y revisar si las presiones en algunos nodos no exceden las presiones de ruptura de las tuberías. En nuestro caso en particular, hemos analizado las presiones bajo condición de consumo cero y las presiones están dentro del rango de 6.25 m.c.a. y 15.70 m.c.a. las cuales resultan satisfactorias y el tipo de tubería propuesta sigue siendo correcto. (Figura 18 y 19).

Figura 18. Resultado de simulación hidráulica en condición de consumo cero

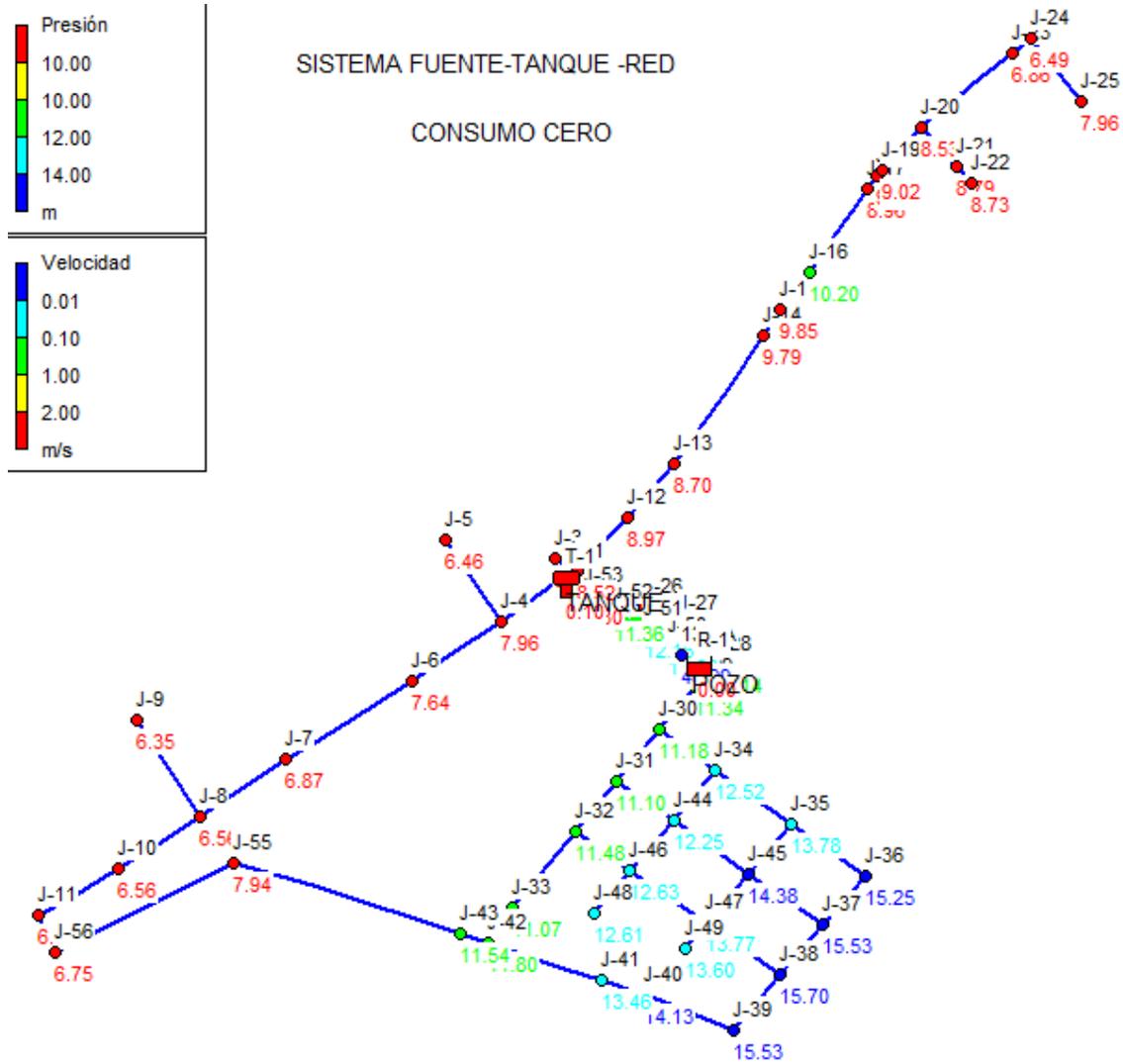
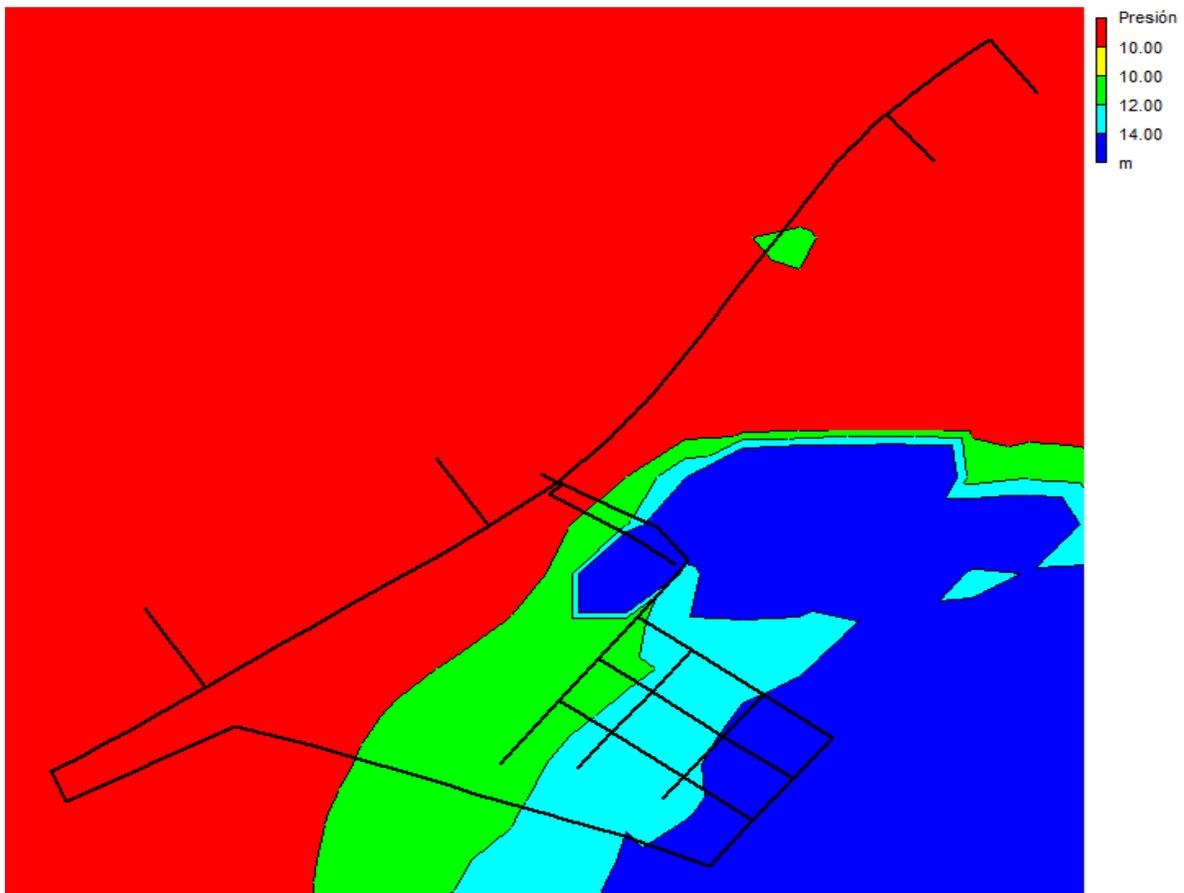


Figura 19. Isoyetas de presión en condición de consumo cero



5.3.5.2 Nivel de servicio

Debido a que el sistema propuesto es un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Bombeo Eléctrico (MABE) y al rápido crecimiento poblacional se propone la utilización de medidores domiciliarios, con lo que se estará evitando el desperdicio con el propósito de distribuir de forma equitativa el agua a la comunidad. Se estima la instalación de 80 medidores domiciliarios para alcanzar el 100% de cobertura.

En vista de la vulnerabilidad que presenta un sistema de abasto de agua a base de bombeo con energía eléctrica, la interrupción imprevista de la energía puede causar desabastecimiento o hacer colapsar el sistema, por lo que se recomienda dotarle de un generador autónomo de combustión interna, para minimizar las interrupciones

en el funcionamiento de los equipos de bombeo y brindar un servicio continuo a los usuarios del sistema.

5.3.6 Sistema de tratamiento

El agua cruda en su estado natural, aunque sea de origen subterráneo, no puede ser utilizada para ingesta sin uso adecuado de tratamiento por no encontrarse suficientemente pura desde el punto de vista sanitario. Al pasar a través del suelo el agua puede arrastrar organismos vivos, nocivos para la salud humana, como son bacterias, virus y parásitos. En este sentido, antes de distribuir el agua a los pobladores de la comunidad de El Bosque se deberá contar con el respectivo proceso de tratamiento.

5.3.6.1 Selección de tecnología

Los resultados de los análisis del agua indican que estamos en presencia de agua de excelente calidad para consumo humano debido a que cumple con los parámetros físico químicos mínimos recomendados por las normas CAPRE e INAA para consumo humano.

En anexo N°4, “Resultados de análisis físico químico, metal pesado y bacteriológico para agua subterránea en El Bosque, Jalapa”, se pueden observar los resultados, métodos utilizados por el laboratorio y los parámetros de la norma CAPRE con los que son comparados los resultados.

En un análisis de las normas ambientales de calidad del agua del país, se consideraron dos como son la norma CAPRE y las Normas para la Clasificación de los Recursos Hídricos (NTON 05007-98), por lo que según la NTON 05007-98, en su acápite dos, establece dos categorías de aguas para consumo humano como son tipo 1 A y B, siendo el caso de los resultados el tipo 1-A, que son aguas destinadas al uso doméstico, que desde el punto de vista sanitario puede ser acondicionada con la sola adición de cloro. En este sentido, debido a la excelente calidad del agua, la tecnología de tratamiento seleccionada para la potabilización

del agua es la desinfección mediante hipoclorito, recomendado por la norma para pequeñas poblaciones.

5.3.6.2 Dosificación del cloro

Figura 20. Dosificador de cloro con bomba eléctrica



Se propone la cloración del agua proveniente del pozo El Bosque, esto empleando un hipoclorador de carga constante, el cual bombeará una dosis de cloro agregado equivalente a 2 mg/l, paralelamente a las 16 horas de bombeo que operará el pozo el bosque, con el objetivo de asegurar la completa desinfección del agua y evitar alteraciones en la potabilización de la misma.

De acuerdo a la bibliografía consultada, con un cloro residual libre de 0.5 mg/l en un tiempo de contacto de 10 minutos a un pH de 7.0 se eliminará bacterias en forma similar a un cloro residual combinado de 0.6 mg/l en un tiempo de reacción de 60 minutos. En otras palabras, el valor de pH en el agua es determinante para proponer una dosis de cloro. Entre mayor es el valor del pH, menor es el poder oxidante del cloro y por tanto menor capacidad para eliminar bacterias. En este caso se ha usado el valor intermedio por encontrarse con pH bajo con valor de 6.09. No obstante, la dosis definitiva, deberá determinarse durante la puesta en marcha del proyecto y hacer calibraciones de ser necesario.

5.3.6.3 Tiempo de contacto

La norma recomienda que el tiempo de contacto entre el cloro y agua sea de 30 minutos antes de que llegue al primer consumidor; en situaciones adversas acepta un mínimo de 10 minutos. Para este caso, debido a que se tiene agua con valor de pH bajo, se deduce que un tiempo de contacto de 10 minutos entre el cloro y agua es suficiente para eliminar bacterias.

5.3.6.4 Capacidad requerida de la estación de cloración

Preparación de la solución madre:

El Hipoclorito de calcio se vende en forma de polvo y viene en concentraciones activas de 65 y 70%. Para la preparación de la solución madre se ha considerado usar hipoclorito de calcio al 70%. Se propone preparar una solución madre en 250 lts de agua en base a 3.5 kg de hipoclorito de calcio al 70%, obteniendo 70 lts de solución de cloro activo de 10 gr/lit para ser utilizada en el hipoclorador.

Ajuste del equipo de inyección:

El ajuste depende:

1. Concentración de cloro residual deseado en el extremo de la red.
2. Caudal de agua a tratar.

Considerando una concentración de cloro a aplicar de 2 mg/lit, según lo recomendado en la norma, un caudal de bombeo de 4.05 m³/h y una concentración de cloro activo en la solución madre de 10 gr/lit, se determina que la bomba de inyección de cloro necesita generar un caudal de 5.14 gpd (0.81 lts/h). Este caudal representa el 20% de la capacidad de la bomba, es decir, que la bomba trabajara programada a 72 pulsaciones por minuto (strokes) para lograr un caudal de 5.14 gpd de solución madre con 10 gr/lit de cloro activo. Con este caudal inyectado por la bomba dosificadora en la sarta para tratar 4.05 m³/hr. Se debe garantizar cloro residual en los puntos más alejados de la red, que según la norma deben estar en el orden de 0.2-0.5 mg/lit en la red. Esta condición debe verificarse durante la puesta



en marcha del proyecto y de ser necesario, hacerse las calibraciones pertinentes, tanto en las pulsaciones de la bomba y la dosis de cloro.

Con el volumen de solución madre (245 lts) y caudal de bombeo inyectado calculado (5.14 gpd) se puede deducir que la solución madre se consumirá en 10 días consecutivos. Es decir, que se deberá preparar solución madre cada 3 veces en el mes y utilizar 10.5 kg de cloro por mes. (Tabla 24).

Tabla 24. Inyección de cloro en la sarta de bombeo

I. Preparación de solución madre			
Hipoclorito de Calcio / Ca(OH) ₂	Peso cloro activo	<input type="text" value="70"/>	%
Vol. H ₂ O de disolución		<input type="text" value="245"/>	Lts
Peso del sólido del cloro utilizado		<input type="text" value="3.5"/>	Kg
Concentración de Cloro activo en la solución		<input type="text" value="1"/>	%

II. Caudal de la bomba dosificadora			
Concentración de solución	<input type="text" value="2"/>	mg/ ltr	
Caudal a tratar	<input type="text" value="4.05"/>	m ³ /hr	Caudal Max. Dia
Concentración de cloro en solución	<input type="text" value="10"/>	gr/ ltr	
Caudal de Bomba Dosificadora	<input type="text" value="0.81"/>	lts/ hr	<input type="text" value="5.14"/> GPD



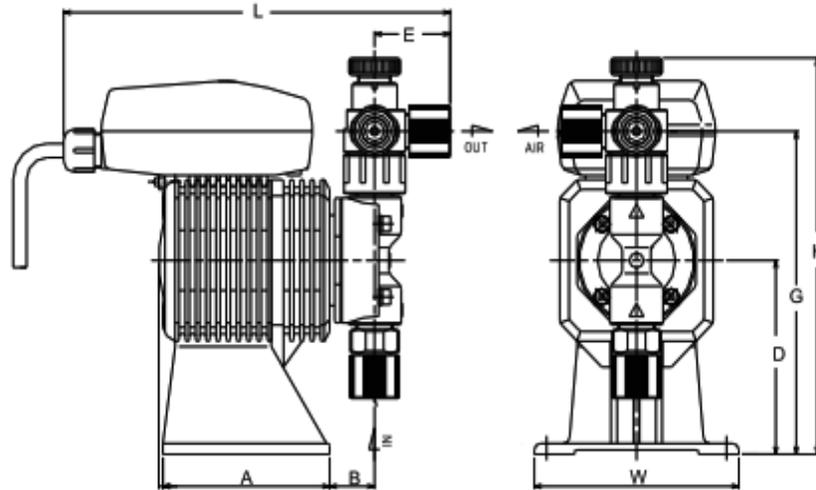
5.3.6.5 Bomba dosificadora de cloro

La bomba dosificadora seleccionada es de la marca WALCHEM serie EZ tamaño C16 que ofrece caudales de hasta 1.3 GPH (5 l/h) y presiones máximas de hasta 150 PSI (10 bar). Es muy simple de operar a través de solo tres botones. El ratio 360:1 provee una buena versatilidad y resulta en una alta resolución en la dosificación de químicos y la eliminación de los efectos de una lenta alimentación.

A continuación, se presenta las especificaciones técnicas del equipo seleccionado recomendado:

Figura 21. Bomba dosificadora de cloro

Dimensiones



Dimensiones para montaje

Modelo	R	S	T	X	V	Z
EZB	3.46"	0.28"	0.63"	0.24"	0.39"	1.26"
EZC	3.94"	0.59"	1.18"	0.28"	0.59"	1.18"

Dimensiones aproximadas para las bombas de gran tamaño.

Modelo	A	B	E	D	G	H	L	W
EZB	3.2	1.0	1.5 ¹	3.5	6.8 ²	8.0	7.5	3.9 ³
EZC	4.1	1.1	1.5 ¹	3.9	7.1 ²	8.4	8.2	4.6 ³

Notas para EZ11, 16, 21:

1. La adición de una válvula Multifunción incrementa la longitud total en 0.37". La adición de una válvula de venteo de aire Automática incrementa la longitud total en 1.59".
2. La adición de una válvula Multifunción incrementa la altura de la descarga en 0.22". No cambie por la válvula de venteo de aire Automática.
3. La adición de una válvula Multifunción incrementa la longitud total del lado líquido en 1.16". No cambie por la válvula de venteo de aire Automática.

Rangos de Capacidades y Presiones

Tamaño	Capacidad Max de descarga		Max. Capacidad por embolada mL	Máxima Presión ¹		Tamaño conexión tubo O.D. (in)
	GPH	mL/min		PSI	MPa	
B11	0.6	38	0.11	150	1.0	3/8
B16	1.0	65	0.18	105	0.7	3/8
B21	1.5	95	0.26	60	0.4	3/8
B31	3.2	200	0.56	30	0.2	1/2
C16	1.3	80	0.22	150	1.0	3/8
C21	2.0	130	0.36	105	0.7	3/8
C31	4.3	270	0.75	50	0.35	1/2
C36	6.3	400	1.17	30	0.2	1/2

5.4 Descripción del sistema de abastecimiento de agua propuesto

5.4.1 Conceptualización del proyecto

El proyecto a desarrollar corresponde a la realización de un sistema de agua potable del tipo MABE que garantizará un 100% de cobertura de agua potable de buena calidad en la comunidad El Bosque de manera continua durante 20 años. Para la implementación de este sistema se ha tomado en consideración los resultados del análisis hidráulico de las condiciones de demanda actual y la demanda futura en los próximos 20 años. El sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de El Bosque se ha conceptualizado con una configuración propuesta (Figura 22) siguiendo un esquema de operación **Fuente-Tanque-Red**.

Figura 22. Mapa base de la comunidad El Bosque, Jalapa





5.4.2 Obras propuestas

A continuación, se presenta breve caracterización de los elementos del sistema propuesto:

5.4.2.1 Obra de toma

La fuente de Abastecimiento y obra del sistema estará constituida por el agua subterránea extraída mediante un pozo perforado existente.

El agua captada será impulsada hasta un tanque de almacenamiento sobre la torre, la cual es de 5m de altura. Mediante el uso de un equipo de bombeo que operará durante 16 horas al día y tendrá una capacidad de 1.5 HP y un caudal de bombeo de 27 gpm para garantizar el caudal de diseño del proyecto con un horizonte de 20 años hasta el 2040.

5.4.2.2 Línea de impulsión

Desde el pozo perforado, el agua será conducida mediante una línea de impulsión de PVC SRR 26 con 50 mm (2") de diámetro hasta el tanque de almacenamiento ubicado a 180 m de distancia.

5.4.2.3 Tanque de almacenamiento

En las coordenadas 602843.573 E y 1554512.214 N, se emplazará el tanque de almacenamiento el cual contará de cuerpo de acero de 3 m de diámetro y una capacidad de almacenamiento de 5,291 galones. Debido a las características topográficas de la zona, el tanque deberá estar soportado sobre una torre de acero de 5 m de altura y así poder satisfacer las condiciones de presión mínimas en los puntos más alejados de la red de distribución.

5.4.2.4 Línea de aducción

Desde el Tanque de Almacenamiento, el agua será acoplada a la red de distribución mediante una línea de aducción de PVC con diámetro de 75 mm y 18.14 m de longitud.

5.4.2.5 Red de distribución

Estará compuesta por 4,441 m de tubería PVC SDR 26 con diámetros de 50 mm (2´) y 75 mm (3´) para garantizar el suministro de agua en condiciones menos favorables correspondiente al CMH que corresponde a 1.79 lps para el año 2040.

5.4.2.6 Tratamiento

De acuerdo a los análisis de calidad del agua en pozos aledaños, se conoce que el agua subterránea de la zona es de excelente calidad y únicamente requiere como tratamiento la desinfección. En este sentido se utilizará la inyección de hipoclorito de calcio para garantizar la potabilización del agua.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones.

El estudio y diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la comunidad de El Bosque, municipio de Jalapa, departamento de Nueva Segovia, se realizó adoptando cada una de las “Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99)”, por lo que con respecto a los objetivos planteados se concluye lo siguiente:

- Para el sistema de agua potable, la alternativa es la de un mini acueducto por bombeo eléctrico (fuente, tanque, red) por ser el más factible en el aspecto técnico en cuanto al beneficio del sistema de agua potable con un nivel de servicio por conexiones domiciliarias, por las condiciones socioeconómica y topográfica de la comunidad.
- Como resultado de análisis de la situación en la que se encuentra la comunidad de El Bosque, se determinó la población para el año 2020 es de 382 habitantes distribuidos en 80 viviendas levantadas e identificadas por la topografía, distribuidas en 3 sectores. De estos 382 según la norma INAA Normas Técnicas de Diseño de Sistemas de Abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99), el 70% no tiene cobertura de agua, y el restante 30% tiene un servicio deficiente y agua de regular calidad.
- El análisis de oferta y demanda indica que el pozo perforado PP El Bosque es suficiente para satisfacer la demanda actual y futura proyectada a 20 años en la comunidad El Bosque. Según los parámetros de diseño para MABE, el “Caudal de diseño para 16 hrs de bombeo” es de (1.13 lps), este aún está por debajo de la oferta del PP El Bosque (2.78 lps).

- Según el análisis físico químico, metal pesado y bacteriológico del agua recolectada del pozo perforado PP-El Bosque, indica que el agua es de buena calidad para el consumo humano porque todos los parámetros están por debajo de los rangos establecidos por la norma CAPRE. Tomando como referencia la Norma para la Clasificación de los Recursos Hídricos (NTON 05007-98) para la clasificación de los recursos hídricos, se establece que el tipo de agua muestreada es categoría 1-A, agua destinada al uso doméstico que desde el punto de vista sanitario puede ser acondicionada con la sola adición de cloro.

- El trazado de la red de distribución, la ubicación del sitio del tanque de almacenamiento etc. se efectuaron según levantamiento topográfico, en dependencia del asiento de las viviendas que están circundantes a lo largo de las vías de transporte del área de estudio determinado así las elevaciones a lo largo de la red. .

- Al realizar el diseño hidráulico de la línea de conducción se obtuvieron los datos para la curva característica necesaria para la selección de la bomba; donde se optó por dos bombas (modelo 25GS15 marca Goulds ITT de 1.5 Hp), una bomba a los 20 años de la obra y la segunda como una bomba de reserva, obteniendo un modelo adecuado para el funcionamiento del sistema; de igual manera se diseñó la red de distribución obteniendo cada uno de los caudales nodales y la presión en cada uno de ellos cumpliendo satisfactoriamente con lo requerido por la norma, para ello se utilizó el programa EPANET y la topografía.

- Con la simulación del sistema en el programa (EPANET), se pudo notar que las presiones cumplen con lo establecido en la normativa, pero presenta problemas en las velocidades en ciertos puntos, para lo cual se ha proyectado el uso de válvulas de limpieza y así evitar materiales que puedan sedimentarse.



- Los diámetros de la línea de conducción (2”), la red de distribución (2”, 3”) fueron propuestos según las normas para las zonas cumplen con las Normas de tipo rural. El material y Clase de tubería son de PVC Clase 160 SDR-26.

- La obra de construcción del sistema de abastecimiento de agua es una necesidad sentida por la población la cual manifiesta la total disposición para participar activamente con su aporte en la ejecución de la obra, el pago de la cuota del servicio y el compromiso de asistir al programa de capacitación de la fomentación del uso adecuado del vital líquido.

- El análisis de costos para la opción seleccionada (MABE) indica que el costo del proyecto es de C\$ 2,759,801.95 equivalentes a U\$ 79,994.26

6.2 Recomendaciones

Para la ejecución del proyecto es muy importante que la Alcaldía de Jalapa y el comité de Agua Potable y Saneamiento CAPS, tomen en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Capacitar a la comunidad para la formación del Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), en la operación y mantenimiento del sistema propuesto con el fin de que sea sostenible.
- Monitorear la calidad del agua de la fuente seleccionada en la comunidad de El Bosque.
- El sistema de abastecimiento de agua potable está diseñado para un periodo de 20 años, pero es necesario revisar la demanda cada cierto periodo de tiempo para comparar si está de acuerdo a lo proyectado.
- Realizar obras de mantenimiento, como limpieza y pintura para garantizar la vida útil y capacidad operativa de la infraestructura del tanque de almacenamiento.
- Promover la reforestación cerca de la fuente para preservar el agua del sistema.
- Velar por el funcionamiento efectivo del comité, a fin de que se garantice la vida útil del proyecto.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Normativa de Culminación de Estudio, Universidad Nacional de Ingeniería.
2. Estudio Hidrogeológico de la comunidad El Bosque. Alcaldía Municipal de Jalapa 2016
3. Diseño de abastecimiento de agua en el medio Rural. Parte II capítulo 6.1
4. Normas Técnicas para Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural (NTON 09001 - 99).
5. Normativas de Saneamiento Básico Rural (NTON 09002 - 99).
6. Normas Técnicas para Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09003 - 99).
7. Normas para la Clasificación de los Recursos Hídricos (NTON 05007-98)
8. S.n. **CAPSA**, Manual Técnico para el Diseño de Conducciones de PVC, Managua, Nicaragua 2008.
9. INAA, Normas Técnicas Para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en Zonas Rurales.
10. Normas de Calidad del Agua para consumo Humano, CAPRE.
11. INIDE. (s.f) VIII Censo Poblacional y Vivienda, 2005, Nicaragua.
12. Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (1995). VII Censo de Población y III Vivienda. Managua: Autor.
13. Instituto Nacional de Información de Desarrollo (2005). VIII Censo de Población y IV de Vivienda. Managua: Autor.



14. López, R.A. (1999). Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición



ANEXOS



Anexo I. Estación de bombeo

Datos					
Características del pozo					
NEA:	26.2	Pies	7.99	679.01	-7.99
Abatimiento:	41.3	pies	12.59		
Variac estacionales	15	pies	4.57		
Variac regionals	10	pies	3.05		
NRT:	698.13	msnm	28.19	703.23	
NTNpozo:	687			687	
Parámetros					
Velocidad:	0.60 - 0.90	(m/s)			
Vel:	0.7	m/s			
C:	150	para tubo plástico (PVC)			
Datos calculados					
CPD:	0.66	L/S			
	10.50	gpm			
Qb: CMD	1.13	L/S			
	17.85	gpm			
	4.05	m ³ /h			

Datos levantados en campo		
Longitud de tubería	180	m
Ef:	70.00%	
Interés anual (i)	11%	
Costo de energía:	6.9798	C\$/Kwh
Tb:	16	horas

Cálculos

Nivel de bombeo					
Formula:	NB: NEA + Abat + Variaciones estacionarias				
NB:	92.50	pies	28.194	m	658.81

Longitud de columna de la bomba					
Formula:	LCB: NB + Sumergencia				
LCB:	112.5	pies	34.29	m	652.71



Pérdidas en la Columna de la Bomba			
Material =	H°F°	C =	100
L. CB =	34.29	Vel. Suc=	0.57 m/seg
∅ CB =	0.05 m	V2/2g =	0.0168
Cantidad	Tipo de Accesorio	L. Eq.	L. Eq. Total
1	Rejilla de bomba	14.00 m	14.00 m
1	Válvula de pie	14.00 m	14.00 m
1	Entrada en tubería	7.00 m	7.00 m
1	Reducción gradual	4.45 m	4.45 m
Σ Longitud Eq. Por Accesorios =			39.45 m
L. CB+ L. Eq. =			73.74 m
hf CB =			1.18 m
Máxima Perdida Recomendada:	(Hf CB<5%L.CB) =	1.71 m	Ok

3.87 pies

Carga Total Dinámica		
fórmula:		
CTD: NB + CED + hfcolumna + hfdesc		
CTD:	135.33	más hfdesc

41.25 m

Carga Estática de la Descarga		
CED:	NRT - NT pozo	
CED:	11.13	m
	36.52	pies
Diámetro de la descarga		
Fórmula:		
D:	0.042	m
	1.670	pulg
	se toma 2"	

Pérdidas en la descarga	
Fórmula:	$hf_{desc} = \frac{10.67 * Q^{1.85} * L}{C^{1.85} * D^{4.87}}$



Material =	H°F°	C =	100
L. Sarta (m) =	6	Vel. Sarta =	0.57
∅ Sarta (m) =	0.05		m/s
∅ Valv. Alivivo (m) =	0.03		
Cantidad	Tipo de Accesorio	L. Eq. (m)	L. Eq. Total (m)
1	Manometro	4.2	4.2
1	Medidor maestro	6.4	6.4
1	Valv. Mariposa	6.4	6.4
1	Valv. de Retencion	6.4	6.4
1	Valv. Comp. Abierta	0.4	0.4
1	Valv. Alivio	6.4	6.4
2	Tee pase directo	1.1	2.2
1	Tee sal. Lateral	3.5	3.5
2	Codo de 45°	0.8	1.6
1	Codo de 90°	1.4	1.4
1	Salida al Tanque	1.5	1.5
Σ Longitud Eq. Por Accesorios =			40.4
L. Sarta + L. Eq. =			46.4
hf sarta (m) =			0.74
			2.44 pies

Anexo II. Dimensionamiento de tanque de almacenamiento

Capacidad del Tanque de Almacenamiento	
Formula:	$V_{tanque} = 35\%CPD + V_{incendio}$
Nota: como la población es menor a 5000 hab, no se toma en cuenta el volumen de incendio	
Vtanque:	20.03 m ³
Vtanque:	
Formula:	$D = \sqrt[3]{\frac{4 * Vol}{\pi}}$
Dimensiones:	D: 3 m si D = H H: 3 m



Anexo III. Línea de conducción

Diámetro Técnico - Económico

Diámetro		Long (m).	Vp (C\$/m)	CAT	hfdesc.	
(m)	(pulg)				m	pies
0.051	2	180	15,300	1,887.49	1.27	4.18
0.076	3	180	23,490	2,897.85	0.18	0.58
0.102	4	180	31,500	3,886.00	0.04	0.14

Diámetro		CTD m	CTD pies	P (hp)	CAE	CAEquiv.
(m)	(pulg)					
0.051	2	42.53	139.51	1.08	32,777.85	34,665.33
0.076	3	41.43	135.91	1.05	31,931.65	34,829.50
0.102	4	41.30	135.47	1.05	31,828.85	35,714.85

Coefficiente de Recuperación Crf

Crf:	0.123
------	-------

Anexo IV. Gradiente, Celeridad y Golpe de ariete

Diámetro	Velocidad	Gradiente	Celeridad	Hest	Golpe de ariete	Presión de trabajo	Clase de tubería
2	0.56	7.08	469.76	11.13	26.63	37.76	SDR-17
3	0.25	0.98	467.64	11.13	11.78	22.91	SDR-26
4	0.14	0.24	459.16	11.13	6.51	17.64	SDR-26



Anexo V. Resultados de análisis físico químico, metal pesado y bacteriológico para agua subterránea en El Bosque, Jalapa

METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACION	Norma CAPRE*
			PUNTO DE MUESTREO 1	
Visual	Aspecto	NE	Claro, PMS	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	6.09	6,5 – 8,5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	μS/cm	181.40	400**
2130-B	Turbiedad	NTU	3.38	5
2120-C	Color Verdadero	UC	<1.00	15
2320-B	Alcalinidad	mg/l	29.80	NE
2320-B	Carbonatos	mg/l	<0.10	NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/l	29.80	NE
4500-B	Nitratos	mg/l	18.23	50
4500-B	Nitritos	mg/l	<0.009	0.1
4500-D	Cloruros	mg/l	5.59	250
3500-B	Hierro Total	mg/l	0.02	0.3
4500-D	Sulfatos	mg/l	<1.00	250
2340-C	Dureza total	mg/l	37.20	400**
2340-C	Dureza Cálcica	mg/l	21.84	NE
3500-B	Calcio	mg/l	8.75	100**
3500-B	Magnesio	mg/l	3.73	50
3500-B	Manganeso	mg/l	<0.02	0.5
3500-X	Sodio	mg/l	5.30	200
3500-C	Potasio	mg/l	1.24	10
4500-C	Flúor	mg/l	0.25	0.7
GH	Arsénico	mg/l	<0.001	0.01
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	7.8	Neg.
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	Neg.	Neg.



Anexo VI. Estudio de Suelo

Según estudios realizados en el área, está constituida en dos tipos de suelo como capa superficial “**SUELO ARENOSO**” suelo arenoso de aspecto de color amarillento y su parte interna es de “**arena con arcilla**”, pocamente plástico, impermeables y con un alto contenido de finos, caracterizado de un color amarillento.

Sobre la base de los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se puede afirmar que en todos los tramos en estudio predominan los tipos de suelo que a continuación se describen:

En el sondeo manual 1 según el sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS, el material se clasifica del tipo Arena arcillosa SC el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, corresponde a la clasificación del tipo A-2-6 suelo limoso (materiales arena arcillosa) con índice de grupo de 0. En base al sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, estas muestras de material se caracterizan como pobre a malo. Su capacidad de soporte acorde a la prueba es de 1.97 Kg/cm² con una humedad optima del 40.1%.

Especificaciones de sondeos realizados

CODIGO	DESCRIPCION	SITIO DE SONDEO
	Muestras	Muestras
SM-1	Estrato 1, 0.0m – 2.80m capa de color amarillento A-2-6, Grava y Arena Arcillosa o Limosa, Arena Arcillosa Sc	El Bosque, Jalapa

➤ Estudio de laboratorio

A las muestras alteradas, obtenidas en la fase de campo, de los sondeos, se reagruparon y fueron sometidas a ensayos de laboratorio.

A continuación, se indican los tipos de ensayos efectuados y la designación AASHTO y ASTM correspondiente:



Tipo de Ensaye	Designación
Análisis granulométrico de los suelos	AASHTO T 27-88
Limites ATTERBERG	AASHTO T 89-90
Índice de plasticidad de los suelos	AASHTO T 90-97
CBR correlacionado con DCP	ASTM N 6951-03 y AASHTO T 180

Sondeo Manual 1 (SM-1)

ESTRATO 1:

Se describe como material arenoso, arcillosos. El material clasifica dentro del grupo A-2-6 con índice del grupo 0 clasificado según la AASHTO como suelo pobre a malo como sub-grado y una clasificación según SUCS de suelo Arena arcillosa SC. Esta muestra posee un 10.30% de limite plástico y 25.10% de limite líquido.

Cuadro de diseño

Código	Descripción	Valor obtenido
1	Coefficiente de Expansión de suelos Excavados	1.54
2	Valor de referencia de cohesión en Kg/cm ²	1.97
3	Angulo de fricción interna y peso Específico del suelo	Grad:25; 1,345.71 Kg/cm ³
4	Factor de seguridad del suelo en contra de deslizamientos	1.3



Estudio de suelos para proyecto de agua potable

Resultados de Ensayes de Laboratorio		
Granulometría (ASTM D-422)		% en peso que pasa
Tamiz	Mm	SM-1
		Muestra No.3
2"	100	100
1 1/2"	100	100
1"	100	100
3/4"	100	100
No.4	4.75	96.57
No.10	2.00	74.07
No.20	0.85	47.10
No.40	0.425	39.03
No.100	0.150	26.07
No.200	0.075	18
Limites		
Limite Liquido (%)		25.10
Limite Plástico (%)		10.30
Clasificación ASTM D-3282		A-2-6
Clasificación ASTM D-2487		SC
Peso Volumétrico Seco Suelto (kg/m ³)		1,345.71
Capacidad de Carga (CBR)		1.97
Humedad Optima (%)		40.1
Factor de Abundamiento (%)		1.20



Anexo VII. Resultados de simulación en Epanet

Análisis por nodo del CMH

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	LPS	m	m
Conexión J-1	689.62	0	0	698.12	8.48
Conexión J-2	689.78	0	0	698.09	8.3
Conexión J-3	689.73	0.05	0.05	698.09	8.34
Conexión J-4	690.19	0	0	697.9	7.7
Conexión J-5	691.69	0.08	0.08	697.9	6.19
Conexión J-6	690.50	0	0	697.73	7.21
Conexión J-7	691.27	0	0	697.5	6.21
Conexión J-8	691.59	0.11	0.11	697.33	5.73
Conexión J-9	691.80	0.09	0.09	697.32	5.51
Conexión J-10	691.59	0	0	697.28	5.68
Conexión J-11	691.90	0.07	0.07	697.22	5.31
Conexión J-12	689.17	0	0	698.03	8.85
Conexión J-13	689.44	0	0	697.96	8.5
Conexión J-14	688.35	0	0	697.82	9.45
Conexión J-15	688.30	0.14	0.14	697.8	9.48
Conexión J-16	687.94	0	0	697.78	9.82
Conexión J-17	689.18	0	0	697.75	8.55
Conexión J-18	689.04	0	0	697.74	8.68
Conexión J-19	689.13	0	0	697.74	8.59
Conexión J-20	689.61	0.07	0.07	697.72	8.09
Conexión J-21	689.35	0	0	697.71	8.35
Conexión J-22	689.41	0.07	0.07	697.71	8.28
Conexión J-23	691.29	0	0	697.71	6.41
Conexión J-24	691.65	0	0	697.71	6.05
Conexión J-25	690.18	0.07	0.07	697.71	7.51
Conexión J-26	688.26	0.07	0.07	697.78	9.51
Conexión J-27	687.77	0	0	697.63	9.84
Conexión J-28	687.00	0.04	0.04	697.44	10.42
Conexión J-29	686.79	0	0	697.34	10.53
Conexión J-30	686.95	0.04	0.04	697.15	10.17
Conexión J-31	687.04	0	0	697.09	10.03
Conexión J-32	686.65	0.09	0.09	697.07	10.4
Conexión J-33	687.07	0.03	0.03	697.07	9.98
Conexión J-34	685.62	0	0	697.09	11.45
Conexión J-35	684.35	0	0	697.07	12.69
Conexión J-36	682.88	0.18	0.18	697.05	14.14
Conexión J-37	682.59	0	0	697.05	14.43
Conexión J-38	682.43	0.05	0.05	697.05	14.6
Conexión J-39	682.60	0.13	0.13	697.05	14.42



Conexión J-40	684.00	0	0	697.05	13.02
Conexión J-41	684.68	0	0	697.05	12.35
Conexión J-42	686.34	0	0	697.06	10.7
Conexión J-43	686.60	0.15	0.15	697.06	10.44
Conexión J-44	685.88	0	0	697.08	11.17
Conexión J-45	683.75	0	0	697.06	13.28
Conexión J-46	685.50	0	0	697.07	11.54
Conexión J-47	684.36	0	0	697.06	12.67
Conexión J-48	685.52	0.13	0.13	697.06	11.51
Conexión J-49	684.54	0.13	0.13	697.05	12.49
Conexión J-50	687.16	0	0	699.48	12.3
Conexión J-51	687.20	0	0	699.38	12.16
Conexión J-52	687.74	0	0	699.13	11.36
Conexión J-53	689.10	0	0	698.42	9.3
Conexión J-55	690.20	0	0	697.14	6.93
Conexión J-56	691.40	0	0	697.21	5.8
Conexión 136-A	650.40	0	0	699.49	48.99
Conexión 136-B	650.40	0	0	699.49	48.99
Embalse R-1	658.81	-	-1.13	658.81	0
Depósito T-1	698.06	-	-0.66	698.16	0.1



Análisis por tubería del CMH

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit
	m	Mm		LPS	m/s	m/km
Tubería P-1 LC	18	75	150	1.79	0.41	2.46
Tubería P-2	4	50	150	0.96	0.49	5.56
Tubería P-3	22	50	150	0.05	0.03	0.02
Tubería P-5	102	50	150	0.08	0.04	0.06
Tubería P-6	111	50	150	0.48	0.24	1.54
Tubería P-7	153	50	150	0.48	0.24	1.54
Tubería P-8	106	50	150	0.48	0.24	1.54
Tubería P-9	119	50	150	0.09	0.05	0.07
Tubería P-10	102	50	150	0.28	0.14	0.56
Tubería P-11	104	50	150	0.28	0.14	0.56
Tubería P-12	13	50	150	0.21	0.11	0.33
Tubería P-13	86	50	150	0.35	0.18	0.86
Tubería P-14	159	50	150	0.35	0.18	0.86
Tubería P-15	31	50	150	0.35	0.18	0.86
Tubería P-16	50	50	150	0.21	0.11	0.33
Tubería P-17	104	50	150	0.21	0.11	0.33
Tubería P-18	17	50	150	0.21	0.11	0.33
Tubería P-19	9	50	150	0.21	0.11	0.33
Tubería P-20	59	50	150	0.21	0.11	0.33
Tubería P-21	55	50	150	0.07	0.04	0.04
Tubería P-22	22	50	150	0.07	0.04	0.04
Tubería P-23	122	50	150	0.07	0.04	0.04
Tubería P-24	24	50	150	0.07	0.04	0.04
Tubería P-25	84	50	150	0.07	0.04	0.04
Tubería P-27	41	50	150	0.76	0.39	3.63
Tubería P-28	53	50	150	0.76	0.39	3.63
Tubería P-29	30	50	150	0.72	0.37	3.29
Tubería P-30	59	50	150	0.72	0.37	3.29
Tubería P-31	68	50	150	0.35	0.18	0.85
Tubería P-32	67	50	150	0.2	0.1	0.31
Tubería P-33	103	50	150	0.03	0.02	0.01
Tubería P-34	73	50	150	0.33	0.17	0.79
Tubería P-35	96	50	150	0.19	0.09	0.27
Tubería P-36	93	50	150	0.13	0.06	0.13
Tubería P-37	67	50	150	0.05	0.03	0.03
Tubería P-38	68	50	150	0.05	0.03	0.02
Tubería P-39	75	50	150	0.07	0.04	0.05



Tubería P-40	100	50	150	0.06	0.03	0.03
Tubería P-41	47	50	150	0.06	0.03	0.03
Tubería P-42	124	50	150	0.06	0.03	0.03
Tubería P-43	29	50	150	0.06	0.03	0.03
Tubería P-44	72	50	150	0.15	0.07	0.17
Tubería P-45	96	50	150	0.14	0.07	0.16
Tubería P-46	93	50	150	0.1	0.05	0.09
Tubería P-47	69	50	150	0.08	0.04	0.06
Tubería P-48	97	50	150	0.1	0.05	0.09
Tubería P-49	93	50	150	0.07	0.04	0.05
Tubería P-50	68	50	150	0.15	0.08	0.18
Tubería P-51	68	50	150	0.15	0.08	0.18
Tubería P-52	58	50	150	0.13	0.07	0.14
Tubería P-53	67	50	150	0.06	0.03	0.03
Tubería P-54	68	50	150	0.1	0.05	0.08
Tubería P-55	34	50	150	0.13	0.07	0.14
Tubería P-56	2	75	150	-1.13	0.26	1.08
Tubería P-57 LC	3	75	150	1.13	0.26	1.04
Tubería P-58 LC	13	50	150	1.13	0.58	7.6
Tubería P-59 LC	34	50	150	1.13	0.58	7.6
Tubería P-60 LC	93	50	150	1.13	0.58	7.6
Tubería P-61 LC	34	50	150	1.13	0.58	7.6
Tubería P-62	247	50	150	0.21	0.11	0.33
Tubería P-63	219	50	150	0.21	0.11	0.33
Tubería P-64-65	69	50	150	0.35	0.18	0.86
Tubería P-66-67	94	50	150	0.56	0.28	2.04
Tubería P-68-69	78	50	150	0.83	0.42	4.27
Total	4,441					



Análisis por nodo consumo cero

ID Nudo	Cota	Demanda Base	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	LPS	m	m
Conexión J-1	689.62	0	0	698.16	8.52
Conexión J-2	689.78	0	0	698.16	8.36
Conexión J-3	689.73	0	0	698.16	8.41
Conexión J-4	690.19	0	0	698.16	7.96
Conexión J-5	691.69	0	0	698.16	6.46
Conexión J-6	690.50	0	0	698.16	7.64
Conexión J-7	691.27	0	0	698.16	6.87
Conexión J-8	691.59	0	0	698.16	6.56
Conexión J-9	691.80	0	0	698.16	6.35
Conexión J-10	691.59	0	0	698.16	6.56
Conexión J-11	691.90	0	0	698.16	6.25
Conexión J-12	689.17	0	0	698.16	8.97
Conexión J-13	689.44	0	0	698.16	8.7
Conexión J-14	688.35	0	0	698.16	9.79
Conexión J-15	688.30	0	0	698.16	9.85
Conexión J-16	687.94	0	0	698.16	10.2
Conexión J-17	689.18	0	0	698.16	8.96
Conexión J-18	689.04	0	0	698.16	9.1
Conexión J-19	689.13	0	0	698.16	9.02
Conexión J-20	689.61	0	0	698.16	8.53
Conexión J-21	689.35	0	0	698.16	8.79
Conexión J-22	689.41	0	0	698.16	8.73
Conexión J-23	691.29	0	0	698.16	6.86
Conexión J-24	691.65	0	0	698.16	6.49
Conexión J-25	690.18	0	0	698.16	7.96
Conexión J-26	688.26	0	0	698.16	9.88
Conexión J-27	687.77	0	0	698.16	10.37
Conexión J-28	687.00	0	0	698.16	11.14
Conexión J-29	686.79	0	0	698.16	11.34
Conexión J-30	686.95	0	0	698.16	11.18
Conexión J-31	687.04	0	0	698.16	11.1
Conexión J-32	686.65	0	0	698.16	11.48
Conexión J-33	687.07	0	0	698.16	11.07
Conexión J-34	685.62	0	0	698.16	12.52
Conexión J-35	684.35	0	0	698.16	13.78
Conexión J-36	682.88	0	0	698.16	15.25
Conexión J-37	682.59	0	0	698.16	15.53



Conexión J-38	682.43	0	0	698.16	15.7
Conexión J-39	682.60	0	0	698.16	15.53
Conexión J-40	684.00	0	0	698.16	14.13
Conexión J-41	684.68	0	0	698.16	13.46
Conexión J-42	686.34	0	0	698.16	11.8
Conexión J-43	686.60	0	0	698.16	11.54
Conexión J-44	685.88	0	0	698.16	12.25
Conexión J-45	683.75	0	0	698.16	14.38
Conexión J-46	685.50	0	0	698.16	12.63
Conexión J-47	684.36	0	0	698.16	13.77
Conexión J-48	685.52	0	0	698.16	12.61
Conexión J-49	684.54	0	0	698.16	13.6
Conexión J-50	687.16	0	0	699.62	12.3
Conexión J-51	687.20	0	0	699.52	12.16
Conexión J-52	687.74	0	0	699.23	11.36
Conexión J-53	689.10	0	0	698.45	9.3
Conexión J-55	690.20	0	0	698.16	7.94
Conexión J-56	691.40	0	0	698.16	6.75
Conexión 136-A	650.40	0	0	699.63	48.99
Conexión 136-B	650.40	0	0	699.63	48.99
Embalse R-1	658.81	-	-1.13	658.81	0
Depósito T-1	698.06	-	-1.13	698.16	0.1



Análisis por tubería consumo cero

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit
	m	mm		LPS	m/s	m/km
Tubería P-1 LC	18	75	150	0	0	0
Tubería P-2	4	50	150	0	0	0
Tubería P-3	22	50	150	0	0	0
Tubería P-5	102	50	150	0	0	0
Tubería P-6	111	50	150	0	0	0
Tubería P-7	153	50	150	0	0	0
Tubería P-8	106	50	150	0	0	0
Tubería P-9	119	50	150	0	0	0
Tubería P-10	102	50	150	0	0	0
Tubería P-11	104	50	150	0	0	0
Tubería P-12	13	50	150	0	0	0
Tubería P-13	86	50	150	0	0	0
Tubería P-14	159	50	150	0	0	0
Tubería P-15	31	50	150	0	0	0
Tubería P-16	50	50	150	0	0	0
Tubería P-17	104	50	150	0	0	0
Tubería P-18	17	50	150	0	0	0
Tubería P-19	9	50	150	0	0	0
Tubería P-20	59	50	150	0	0	0
Tubería P-21	55	50	150	0	0	0
Tubería P-22	22	50	150	0	0	0



Tubería P-23	122	50	150	0	0	0
Tubería P-24	24	50	150	0	0	0
Tubería P-25	84	50	150	0	0	0
Tubería P-27	41	50	150	0	0	0
Tubería P-28	53	50	150	0	0	0
Tubería P-29	30	50	150	0	0	0
Tubería P-30	59	50	150	0	0	0
Tubería P-31	68	50	150	0	0	0
Tubería P-32	67	50	150	0	0	0
Tubería P-33	103	50	150	0	0	0
Tubería P-34	73	50	150	0	0	0
Tubería P-35	96	50	150	0	0	0
Tubería P-36	93	50	150	0	0	0
Tubería P-37	67	50	150	0	0	0
Tubería P-38	68	50	150	0	0	0
Tubería P-39	75	50	150	0	0	0
Tubería P-40	100	50	150	0	0	0
Tubería P-41	47	50	150	0	0	0
Tubería P-42	124	50	150	0	0	0
Tubería P-43	29	50	150	0	0	0
Tubería P-44	72	50	150	0	0	0
Tubería P-45	96	50	150	0	0	0
Tubería P-46	93	50	150	0	0	0
Tubería P-47	69	50	150	0	0	0
Tubería P-48	97	50	150	0	0	0



Tubería P-49	93	50	150	0	0	0
Tubería P-50	68	50	150	0	0	0
Tubería P-51	68	50	150	0	0	0
Tubería P-52	58	50	150	0	0	0
Tubería P-53	67	50	150	0	0	0
Tubería P-54	68	50	150	0	0	0
Tubería P-55	34	50	150	0	0	0
Tubería P-56	2	75	150	-1.13	0.26	1.08
Tubería P-57 LC	3	75	150	1.13	0.26	1.04
Tubería P-58 LC	13	50	150	1.13	0.58	7.6
Tubería P-59 LC	34	50	150	1.13	0.58	7.6
Tubería P-60 LC	93	50	150	1.13	0.58	7.6
Tubería P-61 LC	34	50	150	1.13	0.58	7.6
Tubería P-62	247	50	150	0	0	0
Tubería P-63	219	50	150	0	0	0
Tubería P-64-65	69	50	150	0	0	0
Tubería P-66-67	94	50	150	0	0	0
Tubería P-68-69	78	50	150	0	0	0
Total	4,441					



Anexo VIII. Encuesta Comunidad El Bosque

I. Datos a ser llenados por el (la) encuestador (a)

1.1 Datos del Entrevistado:

Nombre: _____ No. Cedula: _____

Sexo: ()M ()F Edad: _____

Parentesco: ()Padre ()Madre ()Hijo(a) ()Suegro(a) ()Nuera/Yerno ()Nieto(a) ()Servicio Domestico ()Otro _____

1.2 Quien es Responsable del Hogar. ()Padre ()Madre ()Otro _____

1.3 ¿Cuántas personas viven en esta casa? (Pasará matriz de personas)

No.	Parentesco	Sexo		Edad						Nivel Academico	Ocupacion
		M	F	<1	(1) - (5)	(6) - (15)	(16) - (25)	(26) - (60)	60		
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

II. Condiciones de la Vivienda

2.1 Uso de la Propiedad: a) Vivienda _____ b) Vivienda/Negocio _____ c) Otros _____

2.2 La vivienda es: a) Propia _____ b) Prestada _____ c) Alquilada _____ d) Administrada _____

2.3 Tipo de Sistema Constructivo: a) Mampostería Confinada _____ b) Mampostería Reforzada _____ c) Madera _____ d) Minifalda _____ e) Otros _____

2.4 Las paredes son de: a) Bloque _____ b) Ladrillo _____ c) Madera _____ d) Adobe _____ e) Minifalda _____ f) Zinc _____ g) Otros _____

2.5 El piso es de: a) Madera _____ b) Tierra _____ c) Ladrillo _____ d) Otros _____

2.6 El techo es de: a) Zinc _____ b) Teja _____ c) Madera _____ d) Palma _____ e) Otros _____

2.7 Cuántas divisiones tiene la vivienda: ()Tres ()dos ()No tiene

2.8 Resumen del estado de la vivienda: ()Buena ()Regular ()Mala

III. Acceso a Servicios Básicos y Egresos Mensuales

3.1 Servicios Básicos:

3.1.1 Disponen de Energía Eléctrica: ()Si ()No ()Horas/Día _____

3.1.2 Disponen de Alumbrado Público: ()Si ()No

3.1.3 Disponen de Servicio de Telecomunicación: ()Si ()No

3.1.4 Existe Vía de Acceso: ()Si ()No

3.2 Información de egresos de los miembros de la vivienda

3.2.1 Realizan pagos por energía eléctrica: ()Si ()No

3.2.2 Realizan pagos por Alumbrado Público: ()Si ()No

3.2.3 Realizan pagos por Servicio de Telecomunicación: ()Si ()No

3.2.4 Realizan pagos por Servicios de TV: ()Si ()No

3.2.5 Realizan pagos por Servicios de transporte colectivo: ()Si ()No

3.2.6 Realizan pagos por Servicios de Salud (Exámenes, medicamentos, etc.): ()Si ()No

3.2.7 Realizan pagos por Servicios de Educación (útiles, uniformes, colegiatura, etc.): ()Si ()No

IV. Situación económica de la familia

4.1 ¿Cuántas personas aportan a los gastos del hogar? _____

4.2 De las personas que aportan al hogar, cuántas de ellas reciben ingresos en concepto de:

4.2.1 Actividad económica propia o negocio propio: _____

4.2.2 Apoyo económico de un familiar o amigo residente en el país o el extranjero: _____

4.2.3 Pensión de entidad Pública o Privada: _____

4.3 ¿Cuántas personas del hogar trabajan?

4.3.1 Dentro de la comunidad: ()Hombres _____ ()Mujeres _____ ()Total _____

4.3.2 Fuera de la comunidad: ()Hombres _____ ()Mujeres _____ ()Total _____

4.4 ¿Cuál es el ingreso económico del mes, en este hogar? C\$ _____

4.5 ¿De cuánto fue el último pago de energía eléctrica realizado en el hogar? C\$ _____

4.6 ¿En qué trabajan las personas del hogar? ()Ganadería ()Agricultura ()Jornaleros

()Pesca ()Otros, ¿Cuál? _____

4.7 ¿Qué cultivos realizan? ()Arroz ()Frijoles ()Maíz ()Otros _____

4.8 ¿Tiene Ganado? ()Si (pase a 4.9) ()No (pase a 4.10)

4.9 ¿Cuánto?: ()Vacuno _____ ()Equino _____ ()Caprino _____

4.10 ¿Tienen animales domésticos? ()Si (pase a 4.11) ()No (pase a 5.1)

4.11 ¿Cuánto?: ()Cerdos _____ ()Gallina _____

4.12 ¿Los animales domésticos están? ()Encerrados ()Amarrados ()Sueltos

4.13 ¿Los animales domésticos se abastecen de agua en? ()El Río ()Quebrada ()Pozo



V. Saneamiento e Higiene ambiental de la vivienda (observar, verificar)

- 5.1 ¿Con que tipo de servicio sanitario cuenta la vivienda?
() Inodoro Ecológico () Tanque séptico () Sumidero () Letrina () Otro _____
- 5.2 ¿En que estado se encuentra su servicio sanitario?
() Buena () Regular () Mala (Verificar)
- 5.3 ¿Quiénes usan la letrina? () Adultos: ____ () Niños(as): ____ () Otros familiares: ____
- 5.4 ¿Qué hacen con las aguas grises de la casa? () La riegan () Las dejan correr
- 5.5 ¿Tienen zanja de drenaje? () Si (pase a 5.7) () No
- 5.6 ¿Tienen filtro para drenaje? () Si () No
- 5.7 ¿Existen charcas en el patio? () Si (pase a 5.8) () No (pase a 6.1)
- 5.8 ¿Cómo eliminan las charcas? () Drenando () Aterrando () Otros: _____

VI. Recursos y servicios de agua

- 6.1 ¿De donde obtienen habitualmente el agua que utilizan para uso domesticos?
() Cuentan con algun tipo de servicio () La acarrean () Pozo propio
- 6.2 ¿Cuánto pagan de agua al mes? C\$ _____
- 6.3 Si la acarrean:
- 6.3.1 ¿Quién busca o acarrea el agua?
() Mujer () Hombre () Niños () Mujer/Hombre () Mujer/níños () Todos () Otros, ¿Quién? _____
- 6.3.2 ¿Cuántos viajes realizan diario para buscar el agua que utilizan? Cantidad _____
- 6.3.3 ¿Distancia de su casa al puesto de agua? Metros _____
- 6.3.4 ¿En que medio traslada al agua?
() Caminando () Bicicleta () Vehículo motorizado () Otros _____
- 6.4 Si es pozo propio:
- 6.4.1 ¿Cuántos días por semana saca agua del pozo? Cantidad _____
- 6.4.2 ¿Cuántos baldes saca por día? Cantidad _____
- 6.5 ¿Cuántos baldes de agua consume diariamente? Cantidad _____
- 6.6 ¿En que almacena el agua? () Barriles () Bidones () Pilas
- 6.7 ¿Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen? () Tapados () Destapados
() Como _____ (verificar)
- 6.8 ¿La calidad del agua que consumen en el hogar, la considera? () Buena () Regular () Mala _____
- 6.9 ¿Qué condiciones tiene el agua que consumen? (se puede marcar varias situaciones)
() Tiene mal sabor () Tiene mal olor () Tiene mal color _____
- 6.10 ENCUESTADOR: Leer detenidamente y pedir atención del encuestado
se esta haciendo un estudio de proyecto de agua potable para esta comunidad, que le permitira proveer el servicio de agua a cada vivienda mediante una conexión domiciliar. El proyecto suministrara agua de calidad, todo el tiempo y con presiones adecuadas, lo que contribuirá a mejorar la calidad de vida de la población. Sin embargo, al ejecutarse el proyecto se requerirá que las familias conectadas paguen una cuota mensual por el servicio recibido, por eso nos gustaría saber si:
¿Usted estaria dispuesto a pagar (mencionar la cantidad de abajo y marcar con una "X") mensuales por el servicio de agua que se le sera suministrado en su vivienda?
() C\$ 30.00 (Tarifa Alterna 1)
() C\$ 60.00 (Tarifa Alterna 2)
() C\$ 90.00 (Tarifa Alterna 3)
() C\$ 120.00 (Tarifa Alterna 4)
() Si (pase a 7.1) () No (pase a 6.11) () No sabe/rehusa a responder (pase a 6.11)
- 6.11 ¿Caul fue el principal motivo por el cual usted respondió que NO o NO SABE o No responde, estar dispuesto a pagar mensualmente la suma indicada por utilizar el sistema de agua potable?
() No tengo recursos para pagar esa cantidad
() Esa cuota mensual es muy alta
() Por el momento tengo otras prioridades
() Estoy satisfecho con el servicio que recibo ahora
() Otras: _____
- 6.12 Entonces, ¿Cuánto estaria dispuesto a pagar mensualmente? C\$ _____

VII. Tratamiento de Desechos solidos

- 7.1 ¿Cómo se deshacen de los desechos solidos?
() Poseen servicio de recolección () Depositán en botadero público () La entierran () La queman () La tiran en un lugar cercano
() Otra _____



VIII. Organización Comunitaria

- 8.1 ¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización? () Si (pase a 8.2) () No (pase a 8.3)
 8.2 ¿Qué tipo? () Productiva () Social () Religiosa () Otra _____ (pase a 8.4)
 8.3 ¿Por qué? _____ (pase a 8.5)
 8.4 ¿Cuántos miembros del hogar participan en la organización comunitaria? () Hombres ____ () Mujeres ____ () Total ____
 8.5 ¿Las personas de este hogar participarían de forma organizada, en la construcción de un proyecto de agua potable para su comunidad?
 () Si () No, ¿Por qué? _____

IX. Situación de salud en la vivienda

9.1 ¿Cuántas enfermedades son padecidas por los miembros del hogar durante el pasado año?

Enfermedades	Grupos de edad				Observaciones	
	< 5 años	6-15 años	16-25 años	> 25 años		
Diarrea						
Tos						
Resfriados						
Malaria						
Dengue						
Parasitosis						
Infección renal						
Tifoidea						
Hepatitis						
Infecciones dérmicas (piel)						
Otras						

- 9.2 ¿Están vacunados los niños y niñas? () Si () No, ¿Por qué? _____
 9.3 ¿Las personas que habitan en esta vivienda practican hábitos de higiene como lavado de manos? () Si () No, ¿Por qué? _____
 9.4 ¿Las personas que habitan en esta vivienda hacen buen uso del Agua? () Si () No, ¿Por qué? _____
 9.5 ¿Cuántos niños y niñas nacieron en este hogar, durante el año pasado? () Niñas ____ () Niños ____ () Total ____
 9.6 ¿Cuántos niños y niñas fallecieron en este hogar, durante el año pasado? () Niñas ____ () Niños ____ () Total ____
 Clasificar el grado de confiabilidad de las respuestas del encuestado (a criterio del encuestador)
 () Muy confiables () Algo confiables () Poco confiables () Nada confiables



Anexo IX. Costo y Presupuesto

Etapas	Descripción	U/M	Costos unitarios	Costos totales					
			Cant.	Mat.	M.O	Equipo	Subcont.	Total C\$	Total U\$
1	Pozo Perforado	glb	1.00	-	839.85	1,669.05	24,172.50	C\$27,221.40	\$789.03
2	Instalación de Equipo de Bombeo, Columna de Bombeo y Sarta	glb	1.00	144,538.60	50,685.52	10,919.03	28,200.00	C\$176,143.15	\$5,105.60
3	Construcción Eléctrica	glb	-	231,768.05	67,485.28	20,097.43	12,600.00	C\$319,350.76	\$9,256.54
4	Caseta de control	glb	-	63,091.44	14,692.85	12,456.11	12,600.00	C\$102,840.40	\$2,980.88
5	Línea de impulsión		-	13,780.57	10,830.21	2,056.70	3,000.00	C\$29,667.48	\$859.93
6	Tanque de almacenamiento metálico de 5,291 glns. Montado sobre una torre de acero de 5 m	glb	1.00	-	-	-	-	C\$534,277.97	\$15,486.32
7	Red de distribución	ml		-	-	-	-	C\$698,796.52	\$20,254.97
A	Costo Total Directo							C\$1,888,297.68	\$54,733.27
B	Costo Total Indirecto							C\$293,363.94	\$8,503.30
C	Subtotal (A+B)							C\$2,181,661.62	\$63,236.57
D	Utilidades del contratista 10% (C)							C\$218,166.16	\$6,323.66
E	Costo total sin impuesto C+D							C\$2,399,827.78	\$69,560.23
G	Impuesto de valor agregado IVA 15% (E)							C\$359,974.17	\$10,434.03
H	Costo total del proyecto con impuestos (E+G)							C\$2,759,801.95	\$79,994.26



Anexo X. Planos constructivos del sistema de abastecimiento de agua