

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
UNAN-MANAGUA**



Recinto Universitario Rubén Darío
Facultad de Ciencias e Ingenierías
Departamento de Construcción

**MONOGRAFIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

Tema:

Propuesta de diseño de Miniacueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) para la comarca El bajo de cerro de piedra del municipio de Teustepe, Boaco, periodo 2015-2034.

Autores:

Br. Nigel Omar Useda Molina
Br. Osvaldo José Avendaño Sequeira

Tutor:

Dr. Ing. Víctor Rogelio Tirado Picado

Managua, Nicaragua
Junio del 2015

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 mi madre, Zaida Molina Espinoza, por brindarme siempre su confianza y apoyo incondicional, por preocuparse y cuidar de mí, gracias por aguantarme todos estos años y espero que así sea por muchos más.

A la memoria de mis abuelos, Olga Espinoza Herrera y Manuel Molina Zeledón, gracias por haberme cuidado siempre con amor y abnegación durante el tiempo que tuve la dicha de tenerlos a mi lado, y sobre todo gracias por haberme regalado la mejor infancia del mundo, llena solamente de buenos recuerdos.

A la memoria de mi tío, Silverio Molina Espinoza, por ayudarme a ser un mejor ser humano.

A la memoria de mi prima, Silvia Carolina Jiménez Molina, por haber sido un ángel que ilumino nuestras vidas y que las seguirá iluminando desde el cielo.

A mis tíos y demás familiares, por brindarme siempre su apoyo.

A mi sobrino Dastin Josué García, por transmitirme su alegría en todo momento.

En especial dedico esta monografía a la memoria de mi querido tío Stanley Molina Espinoza, por haberme cuidado y apoyado no solamente durante estos cinco años, sino durante toda mi vida, gracias por haberme sido la figura paterna en mi vida y haberme inculcado buenos valores, gracias por haberme regalado solamente buenos momentos que recordare por siempre y por haber sido el mejor amigo que jamás tendré, lo poco bueno que hay en mi lo te lo debo a ti, mis triunfos también son tuyos.

Nigel Omar Useda Molina.

DEDICATORIA

De todo corazón y con mucha gratitud dedico este trabajo:

A Dios, por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre, María Concepción Sequeira, por el apoyo incondicional y su esfuerzo que me brindó en mis estudios para superarme y tener éxitos en la vida.

A mi hermana, Lesvia Avendaño, por ser la persona que siempre ha estado al lado de mi madre, brindándome su apoyo en todos los momentos difíciles.

Oswaldo José Avendaño Sequeira

AGRADECIMIENTO

A Dios Nuestro Señor, por darnos la vida, sabiduría y la voluntad de seguir siempre adelante, tendiéndonos su mano.

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.

A nuestros compañeros, por haber compartido con nosotros toda nuestra formación universitaria en un ambiente de respeto y amistad.

A la Alcaldía Municipal de Teustepe, por brindarnos apoyo y proveernos la información necesaria para la realización de este trabajo.

Un cordial agradecimiento a nuestro tutor, Dr. Ing. Victor Rogelio Tirado Picado, por su amable atención, apoyo y ayuda en todo momento; a todos los docentes que nos impartieron con paciencia y dedicación, sus enseñanzas durante estos cinco años de carrera y en general a todas las personas que colaboran en la Facultad de Ciencias e Ingenierías de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua).

Nigel y Osvaldo.

ABREVIATURAS

Acrónimos

ACI	American Concrete Institute
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Standard for Testing and Materials
CAPRE	Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana
CAPS	Comités de Agua Potable y Saneamiento
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
FISE	Fondo de Inversión Social de Emergencia
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
INEC	Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INIDE	Instituto Nacional de Información de Desarrollo
NTON 09001-99	Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural
NTON 09002-99	Normas técnicas de saneamiento básico rural
MARENA	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
MINSA	Ministerio de Salud
OMS	Organización Mundial de la Salud
RNC	Reglamento Nacional de la Construcción
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

Unidades de medida

cm	Centímetros
gl	Galones
gpm	Galones por minuto
gppd	Galones por persona por día
hf	Perdidas friccionantes
hl	Perdidas localizadas
HP	Horse Power

Kpa	Kilo pascal
KW	Kilo watts
lppd	Litros por persona por día
lps	Litros por segundo
lts	Litros
NPM	Número Más Probable
mm	Milímetros
m/seg	Metros por segundos
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
m.c.a.	Metros columna de agua
mg/lt	Miligramos por litro
m. s. n. m.	Metros sobre el nivel del mar
plg	Pulgadas
UNT	Unidades de Turbidez

Diversas

CMD	Consumo Máximo Día
CMH	Consumo Máximo Hora
CPD	Consumo Promedio Diario
CPDT	Consumo Promedio Diario Total
CTD	Carga Total Dinámica
G.A.	Golpe de Ariete
H°F°	Hierro Fundido
H°G°	Hierro Galvanizado
MABE	Mini Acueductos por Bombeo Eléctrico
MAG	Mini Acueductos por Gravedad
PEA	Población Económicamente Activa
PEI	Población Económicamente Inactiva
PPCBM	Pozo Perforado Con una Bomba de Mecate
PVC	Cloruro de polivinilo
SAAP	Sistema de Abastecimiento de Agua Potable

RESUMEN

El presente trabajo de graduación describe en forma detallada el procedimiento a través del cual se desarrolló la propuesta de diseño de un miniacueducto por bombeo eléctrico para la comarca El bajo de cerro de piedra del municipio de Teustepe, departamento de Boaco, para un periodo de 20 años (2015-2034); con el propósito de ayudar al mejoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias de la comunidad.

El sistema fue diseñado en base a las "Normas técnicas para el diseño del sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural" emitidas por el INAA, en combinación con los estatutos establecidos por el FISE para la formulación y desarrollo de proyectos de agua potable en el sub sector rural, considerando las condiciones particulares que rigen esta propuesta a través de un análisis a fondo de las características socioeconómicas de la comunidad, y características topográficas e hidrológicas del área en cuestión.

Se realizó la valoración del impacto ambiental generado por el proyecto durante las etapas de construcción y funcionamiento, con el objetivo de determinar las medidas de mitigación necesarias.

El documento también contiene la memoria de diseño y los aspectos técnicos considerados durante las etapas de estudio y diseño, además de los datos recolectados durante la investigación de campo e información suministrada por entes competentes; esto estructurado en siete capítulos:

Capítulo 1: Generalidades.

Capítulo 2: Diagnóstico socioeconómico.

Capítulo 3: Estudio hidrológico.

Capítulo 4: Levantamiento topográfico.

Capítulo 5: Diseño de los componentes del sistema.

Capítulo 6: Estudio de impacto ambiental.

Capítulo 7: Especificaciones técnicas.

CONTENIDO

CAPITULO I: GENERALIDADES.....	14
1.1. Introducción.....	14
1.2. Antecedentes.....	15
1.3. Planteamiento del problema.....	16
1.4. Justificación.....	16
1.5. Objetivos.....	17
1.6. Alcances.....	17
1.7. Limitaciones.....	18
1.8. Marco conceptual.....	19
1.8.1. Estudio socioeconómico.....	19
1.8.2. Estudio hidrológico.....	19
1.8.3. Levantamiento Topográfico.....	29
1.8.4. Proyección de población.....	29
1.8.5. Nivel de servicio.....	30
1.8.6. Dotación.....	30
1.8.7. Caudales nodales.....	30
1.8.8. Normas y reglamentos.....	31
1.8.9. Parámetros de diseño.....	32
1.8.10. Diseño de los componentes del sistema.....	36
1.8.11. Tratamiento y desinfección.....	50
1.8.12. Estudio de impacto ambiental.....	51
CAPITULO II: DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO.....	53
2.1. Descripción general de la comunidad.....	53
2.1.1. Localización.....	53
2.1.2. Extensión.....	55
2.1.3. Límites y colindancias.....	55
2.1.4. Clima y precipitación.....	55
2.2. Población.....	55
2.3. Situación habitacional.....	56
2.3.1. Situación de la propiedad.....	57
2.3.2. Materiales de los cerramientos.....	57
2.3.3. Materiales de los techos.....	58
2.4. Servicios públicos existentes.....	59
2.4.1. Educación.....	59
2.4.2. Salud.....	60
2.4.3. Agua potable.....	60
2.4.4. Saneamiento.....	64
2.4.5. Energía eléctrica.....	68

2.4.6.	Transporte y comunicación	68
2.5.	Organización comunitaria.....	68
2.6.	Situación económica.....	69
2.6.1.	Población económicamente activa	69
2.6.2.	Actividades económicas	69
2.6.3.	Niveles de pobreza.....	70
2.6.4.	Ingreso familiar.....	72
2.6.5.	Capacidad económica	72
CAPITULO III: ESTUDIO HIDROLOGICO		74
3.1.	Entorno geológico.....	74
3.2.	Inventario de las fuentes de agua disponibles.....	76
3.3.	Análisis de la calidad del agua	79
3.3.1.	Análisis físico-químico	80
3.3.2.	Análisis de parámetros organolépticos	80
3.3.3.	Análisis bacteriológico	81
3.3.4.	Análisis de sustancias no deseadas.....	82
3.3.5.	Análisis de sustancias tóxicas (arsénico)	82
3.4.	Balance hídrico de suelos	83
3.4.1.	Recolección de datos meteorológicos.....	83
3.4.2.	Procesamiento de datos meteorológicos.....	83
3.4.4.	Estimación de la Evapotranspiración real (EPR).....	85
3.4.5.	Evaluación de la recarga del acuífero	90
CAPITULO IV: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO		92
3.1.	Trabajo de campo.....	92
3.1.1.	Primera etapa: Reconocimiento	92
3.1.2.	Segunda etapa: Planimetría de detalles	93
3.1.3.	Tercera etapa: Altiplanimetría.....	93
3.2.	Procesado de la información	94
CAPITULO V: DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA		96
5.1.	Selección del nivel de servicio.....	96
5.1.1.	Análisis cualitativo del nivel de servicio	97
5.1.2.	Análisis cuantitativo del nivel de servicio	98
5.2.	Selección de la dotación.....	99
5.2.1.	Análisis de la demanda de agua para actividades domésticas.....	99
5.2.2.	Análisis de consumos especiales	100
5.2.3.	Dotación de agua para el sistema propuesto.....	102
5.3.	Estimación de la población de diseño.....	102
5.4.	Estimación del caudal de diseño.....	104

5.5.	Determinación de los caudales nodales	104
5.5.1.	Cálculo del caudal unitario	105
5.5.2.	Repartición de caudales	106
5.6.	Análisis de la fuente de abastecimiento.....	107
5.6.1.	Información general de la fuente.....	107
5.6.2.	Potencial y caudal explotable	107
5.7.	Diseño hidráulico del equipo de bombeo.....	108
5.8.	Diseño hidráulico de la línea de conducción.....	112
5.9.	Dimensionamiento del tanque de almacenamiento	114
5.10.	Análisis hidráulico de la red de distribución	115
5.10.1.	Condición n°1: Tanque lleno y CMH	119
5.10.2.	Condición n°2: Tanque 1/3 y CMH	123
5.10.3.	Condición n°3: Tanque lleno y consumo cero	126
5.10.4.	Análisis en periodo extendido.....	128
5.11.	Desinfección	132
5.11.1.	Tratamiento.....	132
5.11.2.	Dosificación	132
CAPITULO VI: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		135
6.1.	Introducción al estudio de impacto ambiental.....	135
6.2.	Objetivos del estudio de impacto ambiental.....	135
6.3.	Descripción general del proyecto.....	136
6.4.	Instrumentos ambientales del SISGA y su relación en el marco legal nacional. 136	
6.5.	Línea base ambiental.....	137
6.6.	Evaluación cualitativa de los impactos generados en la etapa de construcción 141	
6.7.	Evaluación cualitativa de los impactos generados en la etapa de operación.....	147
6.8.	Resultados de los impactos negativos y positivos	151
6.9.	Medidas de mitigación	153
6.10.	Conclusiones y recomendaciones del EIA	156
CAPITULO VII: ESPECIFICACIONES TECNICAS		158
RESULTADOS		179
CONCLUSIONES.....		185
RECOMENDACIONES.....		186
BIBLIOGRAFIA.....		188
ANEXOS		190

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de macrolocalización.	54
Figura 2: Mapa de microlocalización.	54
Figura 3: Tipología de las viviendas.	58
Figura 4: Tipología de cubiertas de techo.	59
Figura 5: Abastecimiento de agua en la comunidad mediante el sistema de PPCMB.	60
Figura 6: Pila utilizada por los comunitarios exclusivamente para el lavado de ropa.	65
Figura 7: Panorama general del estado de letrinas.	67
Figura 8: Mapa de pobreza del municipio de Teustepe.	71
Figura 9: Litología subyacente del área del proyecto.	74
Figura 10: Ejemplares de los grupos geológicos presente dentro de la comunidad.	75
Figura 11: Panorama del relieve a las afueras de la comunidad.	76
Figura 12: Medición del caudal de extracción por bombeo manual.	77
Figura 13: Vista del pozo N°1.	78
Figura 14: Vista del pozo N°2.	78
Figura 15: Vista del pozo N°3.	78
Figura 16: Mapa de localización de los pozos perforados.	78
Figura 17: Vista del pozo N°4.	78
Figura 18: Esquema de la red de distribución, etiquetado de nodos.	116
Figura 19: Esquema de la red de distribución, etiquetado de líneas.	117
Figura 20: Esquema de la red de la distribución por sectores para interpretación de datos.	118
Figura 21: Esquema de presiones para la condición Tanque lleno y CMH.	119
Figura 22: Esquema de velocidades para la condición Tanque lleno y CMH.	121
Figura 23: Esquema de presiones para la condición Tanque 1/3 y CMH.	123
Figura 24: Esquema de presiones para la condición Tanque lleno y consumo cero.	126
Figura 25: Patrón de demanda.	128

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Componentes del coeficiente de infiltración.	23
Tabla 2: Valores de la constante ka.	25
Tabla 3: Propiedades del suelo debido a su textura.	28
Tabla 4: Profundidad de raíces de diferentes cultivos.	28
Tabla 5: Periodo de diseño económico de los componentes de un SAAP.	32
Tabla 6: Parámetros bacteriológicos.	34
Tabla 7: Parámetros organolépticos.	35
Tabla 8: Parámetros físico-químicos.	35
Tabla 9: Parámetros para sustancias no deseadas.	36
Tabla 10: Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud.	36
Tabla 11: Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta).	40
Tabla 12: Valores de K para diferentes materiales de tubería.	45
Tabla 13: Constante de la capacidad de almacenamiento en función del volumen.	49
Tabla 14: Distribución de la población por escolaridad.	56
Tabla 15: Situación laboral en la comunidad.	69

Tabla 16: Datos de campo (caudal de extracción por bombeo manual).	77
Tabla 17: Resultados del análisis físico-químico.	80
Tabla 18: Resultados del análisis de parámetros organolépticos.....	81
Tabla 19: Resultados del análisis bacteriológico.	81
Tabla 20: Resultados del análisis de hierro.	82
Tabla 21: Resultados del análisis de arsénico.	82
Tabla 22: Resumen de cálculo de retención de lluvia mensual interceptada por el follaje.	84
Tabla 23: Resumen de cálculo de infiltración pluvial mensual.	85
Tabla 24: Resumen de cálculo de la constante ka.	85
Tabla 25: Resumen de cálculo de la constante I.	86
Tabla 26: Resumen de cálculo de la evapotranspiración potencial.....	87
Tabla 27: Propiedades de los suelos franco arcilloso.....	87
Tabla 28: Resumen de cálculo coeficientes de humedad al final del mes (C1).	88
Tabla 29: Resumen de cálculo de la evapotranspiración real ETR1.	88
Tabla 30: Resumen de cálculo coeficientes de humedad al final del mes (C2).	89
Tabla 31: Resumen de cálculo de la evapotranspiración real.	89
Tabla 32: Resumen de cálculo de la recarga del acuífero.....	90
Tabla 33: Condiciones sociales y técnicas para la adopción de tomas domiciliarias.....	96
Tabla 34: Análisis cualitativo del nivel de servicio.	97
Tabla 35: Valores de referencia para el análisis cualitativo de la capacidad de la fuente.....	97
Tabla 36: Análisis cuantitativo del nivel de servicio.	98
Tabla 37: Estadísticas censales.....	102
Tabla 38: Resumen de cálculo de la proyección de población.	103
Tabla 39: Resumen de cálculo del caudal de diseño.	104
Tabla 40: Caudal por tramo de tubería.	105
Tabla 41: Caudales nodales.....	106
Tabla 42: Características estructurales del pozo n°1.	107
Tabla 43: Pérdidas localizadas como longitudes equivalentes de tubería.	110
Tabla 44: Resultados de presiones para la condición Tanque lleno y CMH.	120
Tabla 45: Resultados de velocidades para la condición Tanque lleno y CMH.....	122
Tabla 46: Resultados de presiones para la condición Tanque 1/3 y CMH.....	124
Tabla 47: Resultados de presiones para la condición Tanque lleno y consumo cero.....	127
Tabla 48: Coeficientes del patrón de demanda.	129
Tabla 49: Dosificación de hipoclorito de Calcio.	133
Tabla 50: Línea base ambiental.	137
Tabla 51: Identificación de impactos negativos en la etapa de construcción.	138
Tabla 52: Identificación de impactos negativos en la etapa de funcionamiento.....	139
Tabla 53: Identificación de impactos positivos en la etapa de funcionamiento.	140
Tabla 54: Matriz causa-efecto de impactos negativos en la etapa de construcción.....	141
Tabla 55: Evaluación de impactos negativos en la etapa de construcción.	142
Tabla 56: Valoración de impactos negativos en la etapa de construcción.	143
Tabla 57: Matriz causa-efecto de impactos positivos en la etapa de construcción.	144
Tabla 58: Evaluación de impactos positivos en la etapa de construcción.	145
Tabla 59: Valoración de impactos positivos en la etapa de construcción.....	146
Tabla 60: Matriz causa-efecto de impactos negativos en la etapa de funcionamiento.	147
Tabla 61: Evaluación de impactos negativos en la etapa de funcionamiento.	148
Tabla 62: Valoración de impactos negativos en la etapa de funcionamiento.	149

Tabla 63: Matriz causa-efecto de impactos positivos en la etapa de funcionamiento.....	149
Tabla 64: Evaluación de impactos negativos en la etapa de funcionamiento.	150
Tabla 65: Valoración de impactos positivos en la etapa de funcionamiento.	151
Tabla 66: Total de impactos ambientales negativos generados por el proyecto.....	151
Tabla 67: Medidas de mitigación.....	155
Tabla 68: Resumen de resultados para la estación de bombeo.....	182
Tabla 69: Resumen de resultados para la línea de conducción.....	182
Tabla 70: Dimensiones finales del tanque de almacenamiento.....	183

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1: Distribución de la población por edad.	56
Gráfica 2: Materiales de los cerramientos.....	57
Gráfica 3: Materiales de los techos.	58
Gráfica 4: Distribución del consumo de agua de pozo para usos domésticos.	61
Gráfica 5: Fuentes de abastecimiento secundarias.....	62
Gráfica 6: Distribución del consumo de agua de pozo a lo largo del día.....	62
Gráfica 7: Expectativas de la población ante una nueva condición de servicio.	64
Gráfica 8: Disposición de las aguas servidas.	65
Gráfica 9: Mecanismos para la eliminación de charcas.....	66
Gráfica 10: Disposición de desechos sólidos.....	66
Gráfica 11: Disposición de excretas y valoración de las estructuras sanitarias.	67
Gráfica 12: Actividades económicas.	70
Gráfica 13: Principales rubros agrícolas.	70
Gráfica 14: Ingreso familiar mensual.....	72
Gráfica 15: Recarga vs precipitaciones.	90
Gráfica 16: Gasto de agua por familiar para actividades domésticas.....	99
Gráfica 17: Animales predominantes en las viviendas.	101
Gráfica 18: Crecimiento poblacional dentro del periodo de diseño.	103
Gráfica 19: Curva de evolución temporal de la bomba.	129
Gráfica 20: Evolución temporal en los niveles del depósito.....	130

CAPITULO I

GENERALIDADES



CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. Introducción

En Centroamérica las poblaciones que forman el sector rural, generalmente se encuentran en condiciones económicas desfavorables, muchas de las cuales ni siquiera pueden satisfacer las necesidades básicas de vivienda, salud, educación, etc. Con frecuencia no cuentan con un sistema de aprovisionamiento de agua de calidad, lo que afecta el nivel de vida de sus pobladores. Según estadísticas de la OPS, para el 2002 cerca de 15 millones de centroamericanos carecían de abastecimiento de agua segura.¹

Nicaragua no se escapa de esta situación, para el año 2004, de acuerdo con estadísticas del UNICEF, la cobertura del suministro de agua (por acueductos y otros medios) se mantuvo en 90% en las áreas urbanas y en el 63% en las áreas rurales. En el área rural, sólo el 26% de la población recibía agua de cañería (no siempre de buena calidad), del resto, el 36% hacía uso de pozos privados o públicos y el 24% tomaban agua de ríos, manantiales o quebradas.²

En el presente trabajo de graduación se plantea una propuesta de solución al problema que presenta la comarca El bajo de cerro de piedra, en lo referente al abastecimiento de agua de calidad, a través del diseño de un miniacueducto por bombeo eléctrico (MABE). Dicha comarca localizada en el municipio de Teustepe, Boaco, ha sido históricamente afectada con el suministro de agua, donde el manejo del agua para consumo humano resulta ineficiente, no se cuenta con una red pública de suministro de agua y dependen de pozos perforados (PPCBM) como única fuente de abastecimiento.

Para garantizar una propuesta social, económica, técnica y ambientalmente factible, se realizó un estudio exhaustivo de las condiciones de vida de la población, aspectos socioeconómicos, situación actual del suministro de agua y características topográficas e hidrológicas de la zona, además de la valoración del posible impacto generado por el proyecto al medio ambiente local.

¹ OPS. (2002). *Diagnóstico sobre los sistemas de vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano en Nicaragua*. Managua, Nicaragua.

² UNICEF. (2006). *Agua y saneamiento en emergencias, Manual para la atención*. Managua, Nicaragua.

1.2. Antecedentes

El municipio de Teustepe, si bien es rico en recursos hídricos al abastecerse de la subcuenca Malacatoya, irónicamente es pobre en cuanto abastecimiento de agua potable se refiere. En la cabecera municipal el abastecimiento se realiza mayoritariamente mediante acometidas domiciliarias y puestos públicos, con racionamientos frecuentes y un notable déficit en el servicio. Sin embargo, el verdadero problema lo perciben los poblados rurales, donde las fuentes de abastecimiento más comunes son pozos, ríos o manantiales.

En el área rural se cuenta con 5 MAG, 3 MABE y 1 miniacueducto por bombeo solar, los que dan cobertura a un total de 9 comunidades (1,206 viviendas), otras 31 comunidades son abastecidas con 56 pozos perforados (1,361 viviendas), para un total de 3,260 viviendas, lo que representa un 65 % de la población. Otro buen porcentaje de la población rural se abastece de 208 pozos excavados a mano y pequeños manantiales. Aproximadamente unas 3700 viviendas rurales del municipio de Teustepe no tienen acceso a servicio de agua potable, por lo que deben recurrir al agua de pozos privados o públicos, ríos o manantiales para poder abastecerse.³

La sequía y la reducción del nivel freático de los pozos y otras fuentes hídricas en el período de verano dificultan el acceso al vital líquido. La falta de agua incide en la proliferación de enfermedades al no contar con el volumen necesario para higiene personal, habitacional y preparación de alimentos. Se presentan comúnmente enfermedades diarreicas asociadas al consumo de agua de poca calidad.

Dentro de estas estadísticas negativas encontramos a la comarca El bajo de cerro de piedra, en donde el abastecimiento de agua se realiza por medio de pozos perforados equipados con bomba de mecate (PPCBM), si bien este sistema ha permitido el suministro de agua a toda la población, el vital líquido no recibe tratamiento alguno por parte de ENACAL o el MINSA para garantizar su calidad para consumo humano.

Ante el descontento de los pobladores, la alcaldía del municipio de Teustepe ha formulado posibles alternativas para mejorar el servicio de agua, pero ninguna de ellas a largo plazo, como resultado el desarrollo de un sistema de abastecimiento de agua es la opción más razonable.

³ Alcaldía municipal de Teustepe. (2012). *Diagnóstico de la infraestructura vial de la red de caminos vecinales del municipio de Teustepe*. Teustepe, Nicaragua.

1.3. Planteamiento del problema

El problema más sentido por la población de la comunidad El bajo de cerro de piedra y objeto de esta propuesta de solución es la falta de un sistema apropiado que permita el abastecimiento de agua potable.

Las condiciones en que actualmente se suministra el agua para consumo humano dentro de la comunidad son obsoletas e inadecuadas, la alternativa de extracción por bombas de mecate no es efectiva, dado el grado de contaminación en que se incurre con este sistema y la falta de un proceso de desinfección efectivo que garantice la potabilización del agua extraída.

La necesidad de un sistema de abastecimiento de agua que satisfaga de una manera eficaz en cantidad, disponibilidad y principalmente con la calidad suficiente las necesidades de los comunitarios es el principal problema en la larga lista de situaciones que impiden que la condición de vida de la población sea de calidad.

1.4. Justificación

Es indispensable para la vida humana acceder a un servicio de agua potable que permita a los consumidores ser protagonistas de su bienestar. La calidad, disponibilidad y abundancia del agua juegan un papel preventivo en la salud y en el desarrollo humano y económico de una población.

Aunque la comunidad El bajo de cerro de piedra no se encuentra en una situación tan precaria en contraste con otras comunidades rurales del municipio Teustepe, es evidente que existe un manejo inadecuado del agua para consumo humano, lo que combinado con la mala disposición de excretas y basura, resultan en un potencial riesgo para la salud pública; además del descontento social que esta situación ocasiona.

Ante esta situación la alternativa más razonable para mejorar a corto plazo la calidad de vida de la población es el desarrollo de un sistema de abastecimiento de agua potable, la implementación del proyecto constituiría un invaluable logro en el campo de la higiene y salud pública, además de representar un salto cuantitativo en el desarrollo social y productivo, al favorecer el aumento de pequeños negocios y la posibilidad de ampliar los servicios públicos, lo que propiciaría la incorporación de la comunidad en el desarrollo social del municipio.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un miniacueducto por bombeo eléctrico (MABE) para la comarca El bajo de cerro de piedra del municipio de Teustepe, Boaco, para el periodo 2015-2034.

1.5.2. Objetivos específicos

- ❖ Diagnosticar las condiciones socioeconómicas en que habitan las familias de la comunidad.
- ❖ Diagnosticar la capacidad y calidad de la fuente mediante un estudio hidrológico.
- ❖ Realizar el levantamiento topográfico.
- ❖ Realizar el diseño hidráulico de los componentes del sistema.
- ❖ Realizar un estudio de evaluación de impacto ambiental.
- ❖ Elaborar los planos y especificaciones técnicas.
- ❖ Elaborar el presupuesto del proyecto.

1.6. Alcances

En esta propuesta de diseño de un MABE para la comarca El bajo de cerro de piedra, se pretendió incluir todos los componentes que vendrían a integrar el proyecto, incluyendo la memoria de diseño, planos constructivos, especificaciones técnicas y un estimado del costo del mismo; además de la valoración del impacto ambiental ocasionado durante la fase de construcción y entrada en funcionamiento. Esto con la finalidad de que la información que se presenta en este documento represente en su conjunto una alternativa integral y factible para mejorar las condiciones en que se suministra el agua para consumo humano dentro de la comunidad.

1.7. Limitaciones

- ❖ La poca participación de la población durante la etapa de encuestado repercutió en una cantidad significativa de datos faltantes, hecho que invalidó algunos resultados obtenidos y por ende su utilización. Ante esta situación se hizo necesario el solicitar información a la alcaldía del municipio de Teustepe, especialmente en lo referente al censo poblacional, habitacional, aspectos socioeconómicos, estadísticas de salud y educación.
- ❖ A falta de un equipo óptico-digital o electrónico de precisión (teodolito o estación total), la principal herramienta utilizada para la realización del levantamiento topográfico fue un GPS de mano
- ❖ No se encontró antecedente de una prueba de rendimiento realizada al pozo de interés, la información relacionada al caudal explotable proviene de los datos facilitados por la alcaldía municipal de Teustepe, verificado a través de fuentes locales.

1.8. Marco conceptual

1.8.1. Estudio socioeconómico

Este tiene como objetivo conocer la capacidad y potencial económico de la población, debe considerarse que la construcción de un sistema de agua potable, implica inversiones de cuantiosos recursos tanto humanos, técnicos y económicos. En todo sistema de abastecimiento de agua, los costes de operación y mantenimiento son inevitables y deben ser cubiertos por la población servida; sumado a estos, están los costos de instalación de tuberías y accesorios dentro de la vivienda.

Dentro del estudio socioeconómico también se incluye un estudio de población, con el objetivo de determinar las características generales de la población beneficiaria: densidad poblacional, estructuras por edades y nivel de ingreso, entre otros; información complementaria al diagnóstico socioeconómico, que a la vez facilita la estimación de la tasa de crecimiento poblacional.

1.8.2. Estudio hidrológico

El estudio hidrológico conlleva un diagnóstico complejo de los acuíferos explotables para el proyecto, para fuentes subterráneas el estudio se realiza conjuntamente con la caracterización geología de la zona, para establecer un estudio denominado hidrogeológico, con el que se puede definir la extensión y capacidad de recuperación de los acuíferos. Esta propuesta prevé la utilización de pozos ya existentes en lugar de optar por la perforación de uno nuevo, por tal razón se habla de estudio hidrológico y no hidrogeológico, por consiguiente no se requiere de una caracterización geológica a detallada.

El estudio hidrológico comprende los siguientes aspectos: calidad del agua de la fuente, rendimiento y la evaluación cuantitativa de los recursos hídricos a través del balance hídrico.

a) Calidad del agua

La calidad del agua es dependiente de factores naturales, tales como los estratos geológicos, el ciclo hidrológico, así como de factores externos como la contaminación de que es objeto con los desechos provenientes de las actividades humanas que alteran sus características físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas, con impactos negativos para la economía y la salud humana.

La OMS estima que el 80% de todas las enfermedades en el mundo están asociadas con el agua de mala calidad.⁴ Para determinar la calidad y contaminación del agua de la fuente de abastecimiento se debe realizar un análisis exhaustivo de la misma, cuyo objetivo principal es proteger al consumidor de la ingestión de sustancias tóxicas y microorganismos patógenos, preservando la salud pública.

La fuente de agua seleccionada debe ser objeto de un análisis de calidad de agua físico-químico, bacteriológico, arsénico y metales pesados, parámetros que deben encontrarse dentro de los límites permisibles para el agua de consumo humano establecidos por el INAA.

b) Rendimiento de la fuente

La aceptación de un pozo se realiza en base a su rendimiento, el que se mide a través de una prueba de bombeo, dicha prueba tiene como objetivo determinar el caudal máximo de explotación, de manera que sea posible comparar el rendimiento de la fuente con la demanda de agua de la población. Los pozos previstos a ser explotado por un proyecto de agua potable deben ser obligatoriamente objeto de una prueba de rendimiento, al igual que los pozos recientemente construidos para el suministro de agua ya sea por medio de bombeo manual o a través de sistemas de abastecimiento.

En el anexo 1 de las Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural se establece el procedimiento para la realización e interpretación de resultados de la prueba de bombeo, la que deberá comprender dos etapas la primera corresponde a bombeo y recuperación a caudal constante y la segunda bombeo y recuperación a caudal variable.

La prueba consiste en hacer mediciones de los niveles estáticos del agua dentro del pozo a intervalos iguales durante el tiempo de bombeo establecido. Justo al suspender el bombeo se debe iniciar las lecturas de recuperación, las cuales también deberán hacerse a intervalos iguales, considerando que el tiempo de recuperación durante el cual se tomará las lecturas deberá ser mayor o igual al tiempo de bombeo. Para poder obtener una curva de bombeo y de recuperación lo suficientemente precisas se recomienda un intervalo entre mediciones de 10 minutos.

⁴ OMS. (2006). *Iniciativa PHAST: Transformación participativa para la higiene y el saneamiento. Un nuevo enfoque para el trabajo comunitario*. Ginebra: PNUD-BM, Programa de Agua y Saneamiento.

El tiempo de bombeo mínimo establecido por el INAA para la realización de la prueba es de 6 horas, pero al tratarse de un MABE recomienda extender la prueba hasta 24 horas. El caudal mínimo de bombeo es de 5 gal/min.

La segunda etapa de la prueba de bombeo corresponderá a la prueba a caudal variable, la que se realiza con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. El primer caudal de bombeo deberá ser el mismo utilizado para la prueba estática, aumentando cada hora hasta llegar al caudal final, que será seleccionado en dependencia del comportamiento que muestre el pozo.

La recomendación del caudal máximo de explotación se realiza de acuerdo al análisis de la prueba, el que se lleva a cabo mediante el método Porchet, que permite resolver gráficamente un ensayo de bombeo utilizando simultáneamente la curva de bombeo y recuperación. El caudal máximo explotable resultante de la prueba deberá ser contrastado con el caudal máximo explotable recomendado en la norma (igual o superior a 1.5 del consumo día promedio para el periodo de diseño).

El INAA establece realizar la prueba en período seco, si se desconoce el caudal de una fuente en este periodo, no se puede considerar como alternativa para el proyecto y esperar hasta el período seco para su aforo.

c) Balance hídrico de suelos

El estudio del balance hídrico se basa en la aplicación del principio de conservación de masas. Este establece que para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada.⁵

El potencial de las aguas subterráneas de un acuífero, representa la máxima cantidad de agua a sustraer del acuífero, para que no sea sobreexplotado. Dicho potencial se estima mediante la recarga al acuífero, que se determina conociendo en primer lugar, la fracción de lluvia que es interceptada por el follaje. En segundo lugar, se requiere conocer la infiltración del agua de lluvia hacia el suelo, generada por la precipitación que llega a su superficie. En tercer lugar, se debe realizar un balance de suelos, que nos permita estimar el agua que drena del suelo hacia el acuífero, que se encuentra ubicado debajo del suelo.

⁵ UNESCO. (1982). *Guía metodológica para la elaboración del balance hídrico de américa del sur*. Montevideo, Uruguay: ROSTLAC, Oficina Regional Ciencia y Tecnología.

La recarga al acuífero se lleva a cabo, si la cantidad de agua que infiltra es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo y además satisfacer la evapotranspiración de las plantas. El agua sobrante, una vez satisfecha la capacidad de campo y la evapotranspiración, es la que recarga al acuífero, la que se calcula con la siguiente ecuación.

$$R_p = P_i + H_{Si} - H_{Sf} - ETR \quad (1)$$

Donde:

R_p = Recarga potencial mensual en mm/mes.

P_i = Precipitación que infiltra en mm/mes.

H_{Si} = Humedad al inicio del mes, humedad de suelo inicial en mm.

H_{Sf} = Humedad del suelo al final del mes en mm.

ETR = Evapotranspiración real en mm/mes.

1) Cálculo de infiltración pluvial mensual

El cálculo de la precipitación que infiltra mensualmente (P_i) al suelo, está dado por la siguiente ecuación:

$$P_i = (C_i)(P - Ret) \quad (2)$$

Donde:

P_i = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mm/mes.

C_i = Coeficiente de infiltración (adimensional).

P = Precipitación mensual en mm/mes (dato meteorológico).

Ret = Retención de lluvia mensual por follaje en mm/mes.

❖ Coeficiente de infiltración del suelo

Además del coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo, influye la pendiente del terreno y la vegetación. Estos coeficientes, vienen a conformar el coeficiente de infiltración del suelo (C_i), basado en la siguiente ecuación:

$$C_i = K_p + K_v + K_{fc} \quad (3)$$

Donde:

C_i = Coeficiente de infiltración (adimensional).

K_p = Fracción que infiltra por efecto de pendiente (adimensional), ver tabla 1.

K_v = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal (adimensional), ver tabla 1.

K_{fc} = Fracción que infiltra por textura del suelo (adimensional).

Uno de los factores que más influyen en la infiltración de la lluvia en el suelo, es el coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo (K_{fc}), que está dado tentativamente por la siguiente ecuación:

$$K_{fc} = 0,267 \ln(fc) - 0,000154fc - 0,723 \quad (4)$$

Donde:

K_{fc} = Coeficiente de infiltración

fc = Infiltración básica del suelo en mm/día.

Si $K_p + K_v + K_{fc}$ es mayor de 1, $C_i = 1$.

Si $K_p + K_v + K_{fc}$ es menor o igual a 1, entonces $C_i = K_p + K_v + K_{fc}$.

Por pendiente	Pendiente	K_p
Muy plana	0,02%-0,06%	0.30
Plana	0,3%-0,4%	0.20
Algo plana	1%-2%	0.15
Promedio Bosques	2%-7%	0.10
Fuerte	mayor de 7%	0.06
Por cobertura vegetal:		K_v
Cobertura con zacate menos del 50%		0.09
Terrenos cultivados		0.10
Cobertura con pastizal		0.18
Bosques		0.20
Cobertura con zacate más del 75%		0.21

Tabla 1: Componentes del coeficiente de infiltración.
Fuente: Schosinsky & Losilla. (2000).

❖ Fracción de lluvia interceptada por el follaje

Para calcular la retención de lluvia mensual interceptada por el follaje (Ret), se aplica la siguiente ecuación:

$$Ret = (P)(C_{fo}) \quad (5)$$

Si P es menor o igual a 5 mm/mes, $Ret = P$.

Si el producto $(P)(C_{fo})$ es mayor o igual de 5 mm/mes, $Ret = (P)(C_{fo})$

Si P es mayor de 5mm/mes y el producto $(P)(Cfo)$ menor de 5, $Ret = 5$.

Donde:

P = Precipitación mensual del mes en mm/mes.

Ret = Retención de lluvia en el follaje en mm/mes.

Cfo = Coeficiente de retención del follaje, para bosques muy densos $Cfo = ,20$, otros $Cfo = 0,12$ (adimensional).

2) Humedad del suelo a inicios del mes (HSi)

Al iniciar un mes cualquiera, el suelo tendrá una humedad inicial (HSi). Si no existiese evapotranspiración, la precipitación que infiltra (P_i) vendría a aumentar la humedad en el suelo, permitiendo una mayor evapotranspiración.

3) Calculo de la evapotranspiración real

La evapotranspiración es la cantidad de agua que retorna a la atmósfera, tanto por transpiración de la vegetación como por evaporación del suelo. Su magnitud depende del agua realmente disponible, es decir la que el suelo ha logrado retener para el consumo de la vegetación.

Si la humedad disponible es menor que la ETP, la planta no podrá evapotranspirar dicha cantidad, sino que evapotranspirará únicamente la humedad disponible, debido a que no hay suficiente humedad para evapotranspirar, Sin embargo, si la humedad disponible (HD) es mayor que la ETP, la planta evapotranspirará la cantidad expresada en la ecuación para ETP. Por lo tanto la evapotranspiración real será:

$$ETR (mm/mes) = ((C1 + C2)/2)ETP \quad (6)$$

Si $((C1+C2)/2) ETP$ es menor o igual a HD, $ETR = ((C1 + C2)/2)ETP$

Si $((C1+C2)/2) ETP$ es mayor que HD, $ETR (mm/mes) = HD$

Donde:

ETR= Evapotranspiración real promedio de la zona, ocurrida durante el mes en mm/mes.

$C1$ = Coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración

$C2$ = Coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con $C1$.

ETP= Evapotranspiración potencial en mm/mes.

HD= Humedad disponible en mm/mes.

❖ Estimación de la evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial es evaluada a partir de la ecuación de Thornthwaite:

$$ETP_j = 1.6ka \left(\frac{10T_i}{I} \right)^a \quad (7)$$

Dónde:

ETP_j: Evapotranspiración potencial en el mes j en cm.

T_i: Temperatura media en el mes j en °C.

a, I: Constantes.

Ka: Constante que depende de la latitud y mes del año, ver tabla 2.

$$I = \sum_{j=1}^{12} I_j \quad (8) \quad I_j = \left(\frac{T_j}{5} \right)^{1.514} \quad (9)$$

Dónde:

j: Número del mes.

$$a: 0.49239 + 1792 \times 10^{-5}(I) - 771 \times 10^{-7}(I^2) + 675 \times 10^{-9}(I^3) \quad (10)$$

Latitud	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0°	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10°	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20°	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.91
30°	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
35°	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
40°	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45°	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50°	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

Tabla 2: Valores de la constante ka.

Fuente: Tirado, V. R. (2009). Apuntes de hidrología. Managua, Nicaragua: Facultad de ciencias e ingeniería, UNAN-MANAGUA.

❖ Coeficientes De humedad al inicio y al final del mes (C1 y C2)

Al iniciar un mes cualquiera, el suelo tendrá una humedad inicial (HS_i). Si no existiese evapotranspiración, la precipitación que infiltra (P_i) vendría a aumentar la

humedad en el suelo, permitiendo una mayor evapotranspiración. Si no consideramos la evapotranspiración, el coeficiente de humedad, al final del mes, sería (C1):

$$C1 = (HSi - PM + Pi) / (CC - PM) \quad (11)$$

Donde:

C1 = Coeficiente de humedad al final del mes antes de que ocurra la evapotranspiración.

Hsi = Humedad al inicio del mes, humedad de suelo inicial en mm.

PM = Punto de marchitez en mm.

Pi = Precipitación que infiltra en mm/mes.

CC = Capacidad de campo en mm.

Si consideramos que ocurre la evapotranspiración, una vez ocurrida la infiltración, el coeficiente de humedad, al final del mes sería:

$$C2 = (HSi - PM + Pi - ETR1) / (CC - PM) \quad (12)$$

$$ETR1 = (C1)(ETP) \quad (13)$$

Donde:

C2 = Coeficiente de humedad al final del mes, después de que ocurra la evapotranspiración.

ETR1 = Evapotranspiración potencial real en mm/mes, considera la humedad correspondiente al coeficiente C1.

ETP = Evapotranspiración potencial en mm/mes.

Ninguno de los coeficientes de humedad, C1 y C2, pueden ser superiores a 1, ni menores a 0. En caso que C1 o C2, sea mayor de 1, se tomará igual a 1. Si C1 o C2 son negativos se tomarán con valor de 0.

4) Humedad del suelo final del mes (HSf)

Para poder realizar el cálculo de la recarga del acuífero, se requiere conocer la humedad del suelo al final del mes, humedad de suelo final (HSf), la cual no puede ser mayor que la capacidad de campo y se obtiene con la siguiente ecuación:

$$HSf = HD + PM - ETR \quad (14)$$

Si $(HD + PM - ETR)$ es menor que la capacidad de campo

$$HSf = HD + PM - ETR.$$

Si $(HD + PM - ETR)$ es mayor o igual que la capacidad de campo

$$HSf = CC$$

Donde:

HSf = Humedad del suelo final (final de mes) en mm.

HD = Humedad disponible en mm/mes.

PM = Punto de marchitez en mm.

ETR= Evapotranspiración real en mm/mes.

CC = Capacidad de campo en mm.

Además del cálculo de la ecuación para la humedad del suelo al final del mes, es necesario la humedad de suelo al inicio del mes, o sea, humedad inicial (HSi). La humedad inicial de un mes dado es la siguiente:

HSi = Es igual a la humedad de suelo final del mes anterior (HSf)

HSi = Humedad del suelo inicial (inicio de mes) en mm.

HSf = Humedad del suelo final (final de mes) en mm.

❖ **Humedad disponible (HD)**

Definiremos como humedad disponible (HD), aquella humedad que pueden tomar las raíces de las plantas, para poder evapotranspirar. La humedad disponible está dada por la siguiente ecuación:

$$HD \text{ (mm/mes)} = HSi + Pi - PM \quad (15)$$

Donde:

HD = Humedad disponible en mm/mes.

Hsi = Humedad de suelo inicial (al inicio del mes) en mm.

Pi = Precipitación que infiltra en mm/mes.

PM = Punto de marchitez en mm, ver tabla 3.

TEXTURA SUELO	Permeabilidad y/o Cap. Infiltración (cm/hora)	Capacidad de Campo (%)	Punto de Marchitez (%)	Densidad del Suelo (gr/cm ³)
ARENOSO	(2.5-25.5)	(6-12)	(2-6)	(1.55-1.8)
FRANCO	(1.3-7.36)	(10-18)	(4-8)	(1.4-1.6)
ARENOSO	(0.8-2.0)	(18-26)	(8-12)	(1.35-1.50)
FRANCO	(0.25-1.5)	(23-31)	(12-16)	(1.30-1.40)
ARCILLOSO	(0.03-0.5)	(27-35)	(14-18)	(1.25-1.35)
ARENOSO	(0.01-0.1)	(31-39)	(16-20)	(1.2-1.3)

Tabla 3: Propiedades del suelo debido a su textura.
Fuente: (Grassi, 1976).

PROFUNDIDAD DE RAÍCES	
Cultivo	Metros
Alfalfa (pastos)	1-2
Algodón	1-1.7
Banano	0.5-0.8
Caña de azúcar	1.20-2
Frijol	0.5-0.7
Cebolla	0.3-0.5
Cítricos	1.20-2
Zacate 0,3-0,5	0.3-0.5
Bosques	2-3

Tabla 4: Profundidad de raíces de diferentes cultivos.
Fuente: (Grassi, 1976).

1.8.3. Levantamiento Topográfico

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En el diseño de un SAAP, la topografía sirve de guía para determinar las diferencias de alturas en el terreno, la carga por elevación y los niveles de descarga del agua.

1.8.4. Proyección de población

Para realizar el dimensionamiento de los elementos del sistema se debe establecer la población futura a servir en el periodo de diseño. La proyección, según lo establecido en la norma, se debe realizar aplicando el método geométrico, por ser el que mejor representa el ritmo de crecimiento de países en subdesarrollo, donde hay un mayor porcentaje de población joven menor de 30 años.

La expresión que rige el método es la siguiente:

$$P_n = P_0(1 + r)^n \quad (16)$$

Dónde:

P_n : Población del año "n".

P_0 : Población al inicio del período de diseño.

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

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

La tasa de crecimiento por el método geométrico, se determina a través de la siguiente ecuación:

$$kg = \left(\frac{Pf}{Pb}\right)^{1/n} - 1 \quad (17)$$

Dónde:

kg: Tasa de crecimiento geométrico.

Pb: Población base o población 1.

Pf: Población futura o población 2.

n: Número de años que comprende el período entre los datos poblacionales.

La tasa de crecimiento considerada para calcular la población de diseño, debe ser comparada con la tasa nacional, que varía de 2.5 a 4%.

1.8.5. Nivel de servicio

Con el objetivo de establecer un parámetro que garantice la integridad, vida útil y buen funcionamiento de todos los componentes del sistema (en especial la fuente), se determina el nivel de servicio óptimo, contrastando las características y condiciones particulares de la población a servir, con las criterios y requisitos particulares establecidos por norma para la adopción de cada nivel de servicio.

a) Puestos públicos

Son tomas de agua que se implantan particularmente en el sector rural para abastecer dos a un máximo de 20 casas. La distancia máxima entre puesto y casa más alejada será de 100 metros, dando prioridad a las escuelas, centros de salud y centros Infantiles.

b) Conexiones domiciliarias

Son tomas de agua que se aplican en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones, capacidad de pago de la población y el número de usuarios del servicio.

1.8.6. Dotación

Según lo establecido en las "Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural", las dotaciones deberán ser asignadas de la siguiente manera, de acuerdo al sistema a implementarse.

- Para sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 lppd.
- Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd.
- Para sistemas por bombeo manual a través de pozos excavados a mano y pozos perforados se asignará una dotación de 20 a 30 lppd.

1.8.7. Caudales nodales

Son muchos los métodos que pueden emplearse para la determinación de los caudales nodales, de entre estos sobresale el método de la longitud unitaria, por su fiabilidad, sencillez y fácil aplicación. El método consiste en calcular un caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total de la red. Para

obtener el caudal en cada tramo, se multiplica el caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente.

La expresión característica del método es la siguiente:

$$Q_i = q * L_i \quad (18)$$

Dónde:

$$q = Q_{mh} / L_t \quad (19)$$

q: Caudal unitario por metro lineal de tubería (l/s/m).

Qi: Caudal en el tramo "i" (l/s).

Qmh: Caudal máximo horario (l/s).

Lt: Longitud total de tubería del proyecto (m).

Li: Longitud del tramo "i" (m).

Los caudales nodales resultan de la repartición en partes iguales de los caudales por tramo, a los nudos de sus extremos (el caudal en un nudo, será la suma de los caudales de los tramos medios adyacentes).

1.8.8. Normas y reglamentos

Para el diseño de un sistema de agua potable en la zona rural se requiere de una serie de normas y criterios que no necesariamente deberán ser los mismos del sector urbano, debido a que entre ambos existen diferencias de índole cultural, económica y social.

A nivel nacional los proyectos de agua potable y saneamiento rural, deben desarrollarse de conformidad con los estatutos establecidos por el INAA, en sus respectivas normativas.

- Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99).
- Normas técnicas de saneamiento básico rural (NTON 09002-99).

Sumado a estos deben considerarse los criterios particulares establecidos por el FISE, por ser la entidad del poder ejecutivo responsable de gestionar recursos, promover y ejecutar los programas, proyectos y acciones en el sub sector de agua y saneamiento rural.

1.8.9. Parámetros de diseño

a) Periodo de diseño

En los proyectos de abastecimiento de agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema con los siguientes propósitos:

- Determinar los periodos en que satisfacen las demandas de la población.
- Que elementos del sistema deberán diseñarse por etapas.
- Cuáles serán las previsiones que deben considerarse para incorporar los nuevos componentes del sistema.

A continuación se indican los periodos de diseños económicos de los elementos componentes de un SAAP.

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

Tabla 5: Periodo de diseño económico de los componentes de un SAAP.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

b) Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo están 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.⁶

Estos valores son los siguientes:

Consumo máximo día (CMD)= 1.5 CPDT (Consumo promedio diario total) (20)

Consumo máximo hora (CMH)= 2.5 CPDT (Consumo promedio diario total) (21)

⁶ INNA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural. Managua, Nicaragua.

c) Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas para el funcionamiento se recomienda que éstas se encuentren dentro de un rango permisible.⁷

Presión Mínima: 5.0 metros.

Presión Máxima: 50.0 metros.

d) Velocidades permisibles en tuberías

Se recomienda fijar valores de velocidades del flujo en los conductos en un rango tal que eviten erosión interna o sedimentación en las tuberías.⁸ Los valores permisibles son los siguientes:

Velocidad mínima = 0.4 m/s.

Velocidad máxima = 2.0 m/s.

e) Cobertura de tuberías

Para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo.⁹

f) Pérdidas de agua en el sistema

Dentro de la norma rural se establece que al proyectar un sistema de abastecimiento de agua potable, deben considerarse las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes. La cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

g) Parámetros de calidad del agua

El objetivo de controlar la calidad del agua es proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o

⁷ INNA. (2001). *Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural*. Managua, Nicaragua.

⁸ Ídem 7.

⁹ Ídem 7.

características del agua, que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación del sistema, para lo cual se deberán seguir las siguientes instrucciones.

- i. La fuente de agua a considerada para el proyecto, deberá ser objeto de por lo menos un análisis físico-químico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal.
- ii. Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad.
- iii. Análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano deberán cumplir con las normas de calidad de las aguas vigentes aprobadas por el INAA y MINSA.

En las tablas siguientes se muestran las concentraciones máximas permisibles de los parámetros establecidos por el INNA para evaluar la calidad del agua, dichos parámetros han sido adoptadas de las "Normas regionales de calidad del agua para el consumo humano", editadas por CAPRE.

Origen	Parámetros (ii)	Valor recomendado	Valor max. Admisible	Observaciones
A.- Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
B.- Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	
	Coliforme total	Negativo	≤4	En muestras no consecutivas
C.- Agua en el sist. de distribución detectado	Coliforme total	Negativo	≤4	En muestras puntuales
	Coliforme fecal	Negativo	Negativo	No debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales (iii)

Tabla 6: Parámetros bacteriológicos.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

- i. NMP/100 ml en caso de análisis por tubos múltiples o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la E. Coli. La bacteria coliforme total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.

- ii. En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al muestreo y se investiga la presencia de coliforme fecal. Si el remuestreo da resultados negativos, no se toma en consideración las muestras adicionales recolectadas, cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.
- iii. En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año, el porcentaje de muestras negativas debe ser $\geq 90\%$.

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Color verdadero	Mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 10 °C 3 a 25 °C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25 °C

Tabla 7: Parámetros organolépticos.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Iones de hidrogeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (i)	
Cloro residual	mg/l	0.5 a 1.0 (ii)	(iii)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	us/cm	400	
Dureza	mg/l CaCO ₃	400	
Sulfatos	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l		0.2
Calcio	mg/l CaCO ₃	100	
Cobre	mg/l	1.0	2.0
Magnesio	mg/l CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l		10
Sol. Tot. Disueltos.	mg/l		1000
Zinc	mg/l		3.0

Tabla 8: Parámetros físico-químicos.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

- i. Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en las tuberías.

- ii. Cloro residual libre.
- iii. 5 mg/l en casos especiales para proteger a la población de brotes epidémicos.

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

Tabla 9: Parámetros para sustancias no deseadas.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

Parámetros	Unidad	Valor máximo admisible
Arsénico	mg/l	0.01
Cadmio	mg/l	0.05
Cianuro	mg/l	0.05
Cromo	mg/l	0.05
Mercurio	mg/l	0.001
Níquel	mg/l	0.05
Plomo	mg/l	0.01
Antimonio	mg/l	0.05
Selenio	mg/l	0.01

Tabla 10: Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

1.8.10. Diseño de los componentes del sistema

Un Miniacueducto por Bombeo Eléctrico es un sistema de abastecimiento de agua potable en donde el agua es bombeada hacia un tanque de almacenamiento ubicado a una altura tal que permite distribuirla por gravedad a los usuarios.

Las principales ventajas de estos sistemas es que permiten impulsar el agua hasta cualquier nivel necesario para brindar el servicio a la localidad, además de que el agua proveniente de fuentes subterráneas suele tener bajo contenido de coliformes, por lo que la desinfección es menos exigente; su principal desventaja es que requiere de energía eléctrica para hacer funcionar el equipo de bombeo.

Un MABE, se compone de los siguientes elementos: Fuente de abastecimiento (generalmente un pozo perforado), estación de bombeo, línea de conducción, depósito y red de distribución.

a) Fuente

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 para cumplir dos propósitos fundamentales.

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

Los pozos perforados se construyen cuando no es posible excavar un pozo a mano y está en dependencia de la formación geológica, particularmente cuando el terreno es rocoso o donde el acuífero se encuentre muy profundo, mayor de 40mts.

Para que un pozo perforado sea considerado como una fuente potencial a ser explotada en un MABE, las NTON 09001-99 (sección 5.3.3.) establecen los siguientes criterios de aceptación:

- El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.
- El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio.

b) Estación de bombeo

i. Elementos de la estación de bombeo

A grandes rasgos se pueden distinguir tres elementos en toda la 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 inicial de 5 a 10 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.

ii. Ubicación de la estación

En el caso de la captación de agua por bombeo, la estación debe colocarse aguas arriba de cualquier descarga de aguas residuales. Se debe estudiar la disponibilidad de energía eléctrica o combustible y el acceso a las instalaciones.

iii. Caseta de Control

La caseta de control se diseña de mampostería reforzada acorde a un modelo típico, incluyéndose la iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos.

iv. Fundaciones de equipos de bombeo

La fundación del equipo de bombeo se diseña de acuerdo a las dimensiones y característica del equipo, generalmente es de concreto reforzado con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 a los 28 días.

v. Equipo de bombeo

En la práctica nacional, los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos menores de 10 metros de profundidad son bombas de eje horizontal, y para pozos mayores de 10 m son las de turbinas de eje vertical y sumergible.

vi. Hidráulica de la estación de bombeo (bombas sumergibles)

❖ Diámetros y velocidades en las tuberías:

El diámetro de la tubería de descarga será calculado a partir de la siguiente ecuación, similar a la de Bresse, pero que utiliza el caudal de diseño en lugar del caudal de bombeo:

$$D = 0.9(Q)^{0.45} \quad (22)$$

D: Diámetro en m.

Q: Caudal de diseño en m³/s.

Las velocidades en la descarga deberán estar entre el siguiente rango:

$$0.6 \text{ m/s} < V_{des} < 1.5 \text{ m/s}$$

❖ Carga total dinámica (CTD):

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{desc} \quad (23)$$

NB: Nivel más bajo del agua durante el bombeo.

CED: Carga estática de la descarga.

hf_{columna}: Perdidas de la columna dentro del pozo.

hf_{desc}: Perdidas en la descarga.

NB= NEA + Variación + Abatimiento.

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

Carga Total Dinámica (CTD): Es la carga total contra la cual 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.

Nivel estático del agua: Es la profundidad del agua subterránea referida al nivel del terreno. Este componente puede obtenerse mediante mediciones hechas en los pozos cercanos al sitio donde se propone construir el pozo.

Variación estacional del agua subterránea: Puede establecerse restando la profundidad del agua medida al final del mes de abril o a principios de mayo, la profundidad del agua registrada al final de octubre o a principios de noviembre.

• Pérdidas en la columna

Según lo establecido en la sección (6.4.) NTON 09001-99, las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideran igual al 5% de su longitud.

$$hf_{columna} = 5\%Lc \quad (24)$$

$$Lc = NB + Sumergencia \quad (25)$$

Lc= Longitud de la columna.

En la práctica la sumergencia de la bomba generalmente se estima en unos 10 a 20 pies.

• **Pérdidas en la descarga**

Para determinar las pérdidas en la descarga se necesita conocer las pérdidas localizadas en los accesorios como longitud equivalente de tubería (ver tabla 11).

$$L_{real} = L_{tuberia} + Le \quad (26)$$

Le= Longitud equivalente que depende de los elementos contenido en la sarta.

$$h_{desc} = 10.674 \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} \frac{L_{real}}{\phi^{4.87}} \quad (27)$$

Elemento	mm.	13	19	25	32	38	50	63	76	100	125	150	200	250	300	350
	pg.	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14
Codo 90°																
Radio largo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Radio medio		0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.8	3.7	4.3	5.5	6.7	7.9	9.5
Radio corto		0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	2.0	2.5	3.4	4.5	4.9	6.4	7.9	9.5	10.5
Codo 45°		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	3.0	3.8	4.6	5.3
Curva 90°																
R/D: 1 1/2		0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.4	3.0	3.6	4.4
R/D: 1		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.3	1.6	2.1	2.5	3.3	4.1	4.8	5.4
Curva 45°		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5
Entrada Normal		0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6	2.0	2.5	3.5	4.5	5.5	6.2
De borda		0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.5	1.9	2.2	3.2	4.0	5.0	6.0	7.5	9.0	11.0
Válvula Compuerta		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.4
Globo		4.9	6.7	8.2	11.3	13.4	17.4	21.0	26.0	34.0	45.3	51.0	67.0	85.0	102	120
Angulo de pie		2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	8.5	10.0	13.0	17.0	21.0	26.0	34.0	43.0	51.0	60.0
Retención		3.6	5.6	7.3	10.0	11.6	14.0	17.0	20.0	23.0	31.0	39.0	52.0	65.0	78.0	90.0
T. liviano		1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	6.4	10.4	12.5	16.0	20.0	24.0	38.0
T. pesado		1.6	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4	8.1	9.7	12.9	16.1	19.3	25.0	32.0	38.0	45.0
Te de paso Directo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Lateral		1.0	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0
Te salida Bilateral		1.0	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0
Salida de tubería		0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.5	1.9	2.2	3.2	4.0	5.0	6.0	7.5	9.0	11.0

Tabla 11: Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta).

Fuente: López, R. A. (1999). Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Editorial Alfa y Omega.

❖ **Selección del equipo de bombeo**

Conociendo la altura a vencer por la bomba (Hb) y el caudal que debe suministrar la misma (Q), se selecciona de entre los equipos de bombeo 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, que incluye: velocidad de giro (n), diámetro del orificio de la bomba (d), potencia (P) y eficiencia (N).

❖ Potencia hidráulica de la bomba

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * e} \quad (28)$$

Dónde:

P_B : Potencia de la bomba (HP).

Q: CMD (gpm).

CTD: Carga total dinámica (pie).

e: Eficiencia de la bomba (para efectos del cálculo teórico se estima en un 60%).

❖ Potencia del motor

Se tiene que considerar por norma emplear un factor de 1.15 para calcular la potencia necesaria del motor en base a la potencia neta demandada por la bomba. Este factor cubre ampliamente las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba.

$$P_M = 1.15 * P_B \quad (29)$$

P_B : Potencia hidráulica de la bomba (HP).

P_M : Potencia del bombeo (HP).

c) Líneas de Conducción

La línea de conducción es el conjunto de ductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución.

Para su dimensionamiento deberá considerarse los siguientes aspectos:

- Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (CMD=1.5 CPD, más las pérdidas).
- La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

i. Diámetro

Línea de conducción y tubería de descarga hacen referencia a la misma estructura, por tanto el diámetro calculado en la sección 1.8.10.b), es el mismo diámetro del que aquí se hace mención.

ii. Velocidad

La velocidad en la línea de conducción es calculada a partir de la ecuación de continuidad, que se expresa como sigue:

$$V = \frac{4Q}{\pi\phi^2} \quad (30)$$

$$0.6 \text{ m/s} < V < 1.5 \text{ m/s}$$

Este límite es una medida para limitar los efectos del golpe de ariete que se pueda presentar en el sistema de bombeo.

iii. Pérdidas

Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen - Williams, donde se despeja la gradiente hidráulica.

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.549Q^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} \quad (31)$$

Dónde:

H: Pérdida de carga en metros.

L: Longitud en metros.

S: Pérdida de carga en m/m.

Q: CMD en m³/seg.

D: Diámetro en metros.

C: Coeficiente de Hazen-Williams, en dependencia del tipo de tubería.

La línea gradiente hidráulica debe estar siempre por encima del terreno. En los puntos críticos se puede optar por cambiar el diámetro para mejorar la pendiente.

iv. Golpe de ariete

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente.

El mecanismo del golpe de ariete es el siguiente:

Inicialmente la tubería conduce el agua en condiciones normales a una velocidad V. Idealizando el flujo como una serie de láminas, en el momento del cierre de la válvula:

La lámina contigua a la válvula se comprime y convierte su energía de velocidad en energía de presión, causando la dilatación de la tubería en un punto, y una dilatación elástica de la lámina. Lo mismo sucede con las láminas aguas arriba (2,3,...n), y se produce una onda de sobrepresión en la dirección de aguas arriba.

Al llegar la onda de sobrepresión a la última lamina (lamina n contigua al tanque), esta tiende a salir de la tubería con una velocidad igual en magnitud pero de sentido contrario a la que tenía el agua antes de interrumpirse el flujo (V). Como la extremidad inferior está cerrada, se produce una depresión interna de las láminas y se genera una onda de depresión de magnitud igual a la onda de sobrepresión, la cual se propaga en la dirección de aguas abajo.

El tiempo que la lámina 1, contigua a la válvula, ha permanecido en estado de sobrepresión es:

$$T = \frac{2L}{C} \quad (32)$$

Dónde:

L: Longitud hasta el depósito (m).

C: Velocidad de propagación de la onda o celeridad (m/s).

T: Fase o periodo de cierre (s).

Si la maniobra es rápida, la válvula quedará completamente cerrada antes de comenzar a actuar la onda de depresión.

$$T < \frac{2L}{C} \text{ sobrepresion maxima}$$

Si el tiempo de cierre es lento, la onda de depresión llegara a la válvula antes de que se halle está completamente cerrada.

$$T > \frac{2L}{C} \text{ maniobra lenta}$$

En el caso de una maniobra rápida ($T < 2L/C$), la sobrepresión máxima será:

$$G.A = \frac{CV}{g} \quad (33)$$

Dónde:

G.A: sobrepresión (m).

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

C: Celeridad (m/s).

g: aceleración de la gravedad (m/s^2).

El valor de la celeridad se calcula mediante fórmula de Allievi:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}} \quad (34)$$

Dónde:

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

D: Diámetro de la tubería (m).

e: Espesor de los tubos (m).

K: Coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad (adimensional).

Material de la tubería	K
Acero	0.5
Hierro fundido	1.0
Concreto	5.0
Asbesto-cemento	4.4
Plástico	18.0

Tabla 12: Valores de K para diferentes materiales de tubería.

Fuente: López, R. A. (1999). Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Editorial Alfa y Omega.

La presión total en la tubería será la suma de la carga estática sumada a la sobrepresión por ariete hidráulico.

v. Válvulas y estructuras complementarias de la línea de conducción

Válvula de compuerta: Diseñada para permitir el flujo de gas o líquido en línea recta con una caída de presión. Se usan donde el disco de la válvula se mantiene totalmente abierta o totalmente cerrada. No son adecuadas para estrangulación dejando las válvulas parcialmente abiertas, causa erosión y daña el disco. Al inicio y al final de la línea de conducción, deberán instalarse válvulas de compuerta para regular o cortar el flujo cuando sea necesario.

Válvula de globo: El uso principal de las válvulas de globo consiste en regular o estrangular un fluido, desde el goteo hasta el sello completo y opera eficientemente en cualquier posición intermedia del vástago.

Válvulas de admisión y expulsión de aire: Se utiliza para expulsar el aire que pueda haber entrado en la tubería de impulsión mezclado con el agua o que esté presente en esta antes de comenzar su funcionamiento. Igualmente para admitir aire en la tubería y romper así el vacío que pueda producirse dentro de esta e impedir la falla por aplastamiento al producirse el cierre de las válvulas de compuerta.

Válvulas de retención o de check: Su disposición tiene como objetivo en la línea de impulsión impedir que la inversión de la corriente de agua ocasione la rotación inversa del conjunto para preservar el motor de la bomba e impedir el vaciado de la línea de impulsión y posibles inundaciones de la casa de bombas. En la sarta de bombeo se debe de colocar después del equipo de bombeo y antes de la válvula de cierre y en posición horizontal.

Válvulas de alivio contra el golpe de ariete: En las sarts de bombeo, estas se colocan después de la válvula de retención para disipar la sobrepresión que se

pueda producir y así proteger el equipo de bombeo y accesorios del golpe de ariete.

Cámara de válvula de aire: El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área del flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire automáticas (ventosas) o manuales.

Cámara de válvula de purga: Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.

Cámara rompe-presión: Usada mayormente en miniacueductos por gravedad, la pila rompe presión sirve para aliviar las presiones que pueden ocasionar daños a las tuberías. Al existir fuerte desnivel entre la captación y algunos puntos a lo largo de la línea de conducción, pueden generarse presiones superiores a la máxima que puede soportar la tubería. En este caso se sugiere la instalación de cámaras rompe-presión cada 50 m de desnivel.

d) Red de distribución

Es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, para su diseño deberá considerarse los aspectos siguientes:

- Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño ($CMH=2.5CPD$, más las pérdidas).
- La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

i. Tipos de redes

Según la forma de los circuitos, existen dos tipos de sistemas de distribución:

- **Redes abiertas:** Son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. La principal desventaja de este sistema son los puntos muertos, donde se requiere instalar válvulas de limpieza.

- **Red cerrada:** Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red elimina los puntos muertos, además de ser más económico, los tramos son alimentados por ambos extremos consiguiéndose menores pérdidas de carga y por lo tanto menores diámetros.

ii. Análisis hidráulico

Para el caso de red cerrada las NTON 09001-99 recomiendan la aplicación del método de pruebas y errores controlados de Hardy Cross:

$$H = KQ^n \quad (35)$$

Donde, para un tubo dado, "K" es una constante numérica dependiente de C, D y L; y Q es el flujo, siendo "n" una constante e igual a 1.85 en la fórmula de Hazen – Williams.

La red se dimensiona balanceando las cargas por corrección de los flujos supuestos, aplicando la ecuación:

$$q = -\frac{\sum H}{n \sum H/Q} \quad (36)$$

q: Factor de corrección del flujo en litros/seg.

H: Pérdida de carga en metros.

Q: Caudal en litros/seg.

Para el análisis de redes complejas, como es el caso de los sistemas mixtos, la norma nacional recomienda la implementación de programas de computadoras, basados en la fórmula de Hazen-Williams, o cualquier otra ampliamente conocida.

iii. Accesorios y obras complementarias de la red de distribución

Válvulas de pase: Deben espaciarse de tal manera que permitan aislar tramos máximos de 400 metros de tuberías, cerrando no más de cuatro válvulas. Son instaladas siempre en las tuberías de menor diámetro y deben ser protegidas mediante cajas metálicas subterráneas u otras estructuras accesibles especiales.

Válvulas de limpieza: Estos dispositivos permiten las descargas de los sedimentos acumulados en las redes, deben instalarse en los puntos extremos y más bajos de ellas.

Válvula reductora de presión y cajas rompe presión: Deben diseñarse siempre y cuando las condiciones topográficas de la localidad así lo exijan.

e) Depósito

Los depósitos tienen como objetivos: suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de agua. Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno.

❖ Capacidad

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

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

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual al 35% del consumo promedio diario.

$$Vol.Total = Vol.Reserva + Vol.Compensador$$

$$Vol.Total = 35\%CPDT \quad (37)$$

❖ Altura del depósito

La altura del tanque depende de consideraciones de tipo económico:

- A mayor profundidad, mayor será el costo de los muros perimetrales y menor será el costo de las placas de fondo y de cubierta.
- A menor profundidad, mayor será el costo de las placas de cubierta y fondo y menor será el costo de los muros perimetrales.

Teniendo en cuenta esas consideraciones la altura del tanque será calculada con la siguiente relación empírica:

$$h = \frac{Vol}{3} + k \quad (38)$$

h: Altura en m.

Vol: Volumen del tanque/100.

A: Área transversal en m².

k: Coeficiente en ciento de metros cúbicos (ver tabla 13).

Vol. en cientos de m ³	K
<3	2.0
3-6	1.8
7-9	1.5
10-13	1.3
14-16	1.0
>17	0.7

Tabla 13: Constante de la capacidad de almacenamiento en función del volumen.

Fuente: Baltodano, J. (2003). Folleto de abastecimiento de agua potable, del curso de explotación y administración de recursos hídricos. Managua, Nicaragua: Facultad de Tecnología de Construcción, UNI-RUPAP.

La base del tanque puede ser calculada considerando una sección cuadrada, a través de la ecuación:

$$L = \sqrt{\frac{Vol}{h}} \quad (39)$$

L: Lado de la base en m.

❖ Accesorios para tanques de mampostería o concreto ciclópeo

Tubería de entrada: El diámetro está definido por la tubería de conducción, debiendo estar provista de una válvula compuerta de igual diámetro antes de la entrada.

Tubería de salida: El diámetro de la tubería de salida será el correspondiente al diámetro de la línea de aducción, y debe estar provista de una válvula compuerta que permita regular el abastecimiento de agua a la población.

Tubería de limpieza: La tubería de limpia debe tener un diámetro tal que facilite la limpieza del reservorio de almacenamiento en un periodo no mayor de 2 horas. Esta tubería será provista de una válvula compuerta.

Tubería de rebose: La tubería de rebose se conecta con descarga libre a la tubería de limpia y sin ser provista de válvula de compuerta, permitiendo la descarga de agua en cualquier momento.

1.8.11. Tratamiento y desinfección

La desinfección se aplica con el propósito de establecer una barrera de seguridad para evitar la difusión de enfermedades relacionadas con el agua. Con los resultados obtenidos de los análisis físicos-químicos, bacteriológicos y demás; se determina si la desinfección será un tratamiento suficiente para garantizar la pureza del agua y eliminar los gérmenes totales y coliformes totales. En sistemas donde la calidad física-química del agua es satisfactoria la desinfección muchas veces es el único tratamiento previsto.

Se ha reconocido ampliamente la cloración del agua potable como uno de los avances más significativos en la protección de la salud pública. La filtración y la cloración prácticamente han eliminado las enfermedades transmitidas por el agua como el cólera, la tifoidea, la disentería y la hepatitis A, en los países desarrollados. Los desinfectantes basados en cloro son los únicos con las propiedades residuales duraderas que previenen un nuevo crecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante todo el proceso de distribución.

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. Cuando se usa hipoclorito de Calcio, la concentración de la solución debe estar entre 1% y 3% de cloro disponible para impedir la formación excesiva de depósitos y sedimentos de Calcio. Las soluciones de hipoclorito de sodio pueden ser hasta de 10%. Las concentraciones mayores no son aconsejables porque pierden potencia rápidamente y si son muy altas se pueden cristalizar. Aunque ambas presentaciones son igualmente efectivas, generalmente en sistemas rurales se aconseja la utilización del hipoclorito de Calcio por las facilidades que ofrece en cuanto a su manipulación y aplicación.

La efectividad de una desinfección se expresa como cloro residual después de cierto tiempo de contacto, concentración que a recomendación del INAA debería estar entre 0.2 y 0.5 mg/lit después de 30 minutos, mientras que la OMS

recomienda una concentración de 0.5 mg/l de cloro libre residual. Concentraciones de cloro residual superiores causan mal sabor del agua y pueden provocar el rechazo por parte de los consumidores.

❖ Dosificación

La dosis necesaria de hipoclorito de Calcio a suministrar en el tanque de almacenamiento, se determina a través de la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$Vol. \text{ cloro } (lb/dia) = 0.012 * CMD * d \quad (40)$$

CMD: Caudal Máximo Día en gpm.

d: Dosis promedio de hipoclorito de Calcio en mg/lit.

0.12: Factor de conversión de unidades.

$$Vol. \text{ hipoclorito de Calcio } \left(\frac{lb}{dia} \right) = \frac{Vol. \text{ cloro}}{Concentración \text{ comercial}} \quad (41)$$

$$Vol. \text{ hipoclorito de Calcio } (gr/dia) = \frac{V. h. \text{ Calcio}(lb/dia) * 1000}{2.2} \quad (42)$$

$$Vol. \text{ solución } (lt/dia) = \frac{V. h. \text{ Calcio}(gr/dia)}{Concentración \text{ de la solución} * 100} \quad (43)$$

$$Vol. \text{ solución } (gl/dia) = \frac{Vol. \text{ solución}(lt/dia)}{3.785} \quad (44)$$

$$Dosificación (got/min) = Vol. \text{ solución}(lt/dia) * 1000 * 13/24/60 \quad (45)$$

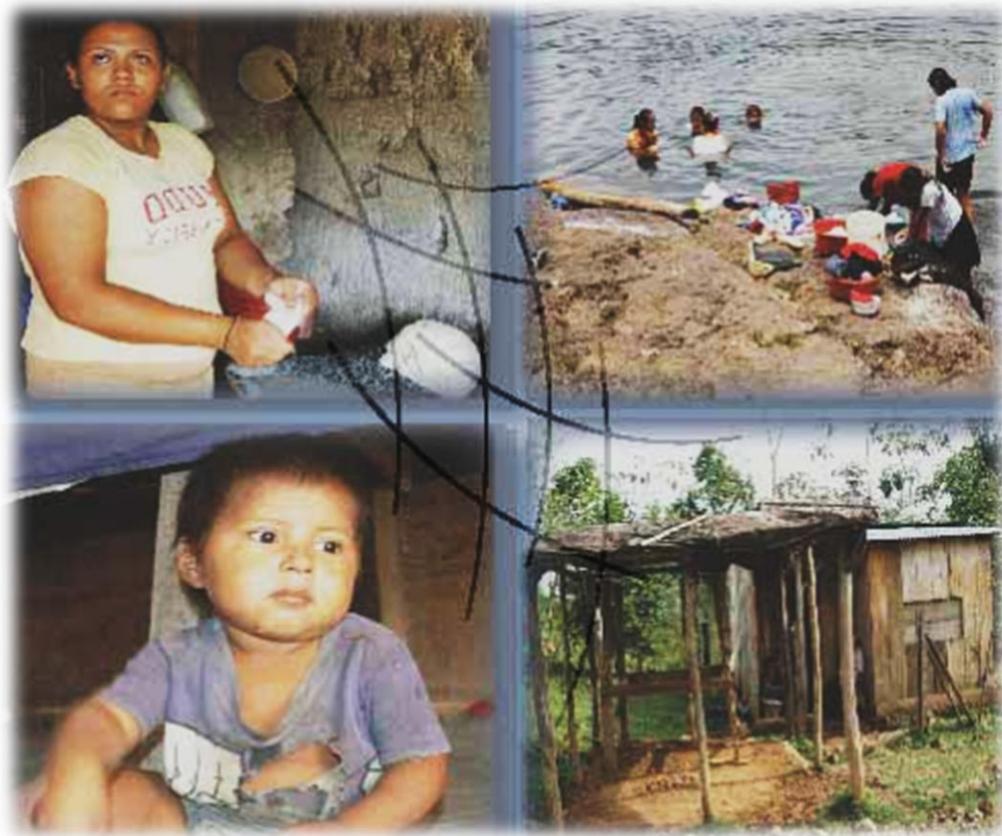
1.8.12. Estudio de impacto ambiental

El estudio de evaluación de impacto ambiental es un proceso de advertencia temprana y de análisis continuo que protege los recursos naturales contra daños injustificados o fuera de lo previsto, también se puede definir como un estudio técnico de los efectos de una acción propuesta en el medio ambiente y los recursos naturales, para buscar medidas preventivas que permitan el desarrollo del proyecto con el menor daño o deterioro ambiental.

El estudio de impacto ambiental debe incluir una comparación entre las diversas alternativas posibles para alcanzar el objetivo deseado e identificar cuál de ellas presenta la mejor combinación de costos, beneficios económicos y ecológicos.

CAPITULO II

DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO



CAPITULO II: DIAGNOSTICO SOCIOECONOMICO

Los datos que se presenta en esta sección proceden de información facilitada por la alcaldía municipal de Teustepe e investigaciones de campo realizadas por el equipo de trabajo a fin de determinar las condiciones socioeconómicas que prevalecen dentro de la comunidad.

La investigación de campo comprendió la aplicación de dos encuesta: una encuesta socioeconómica y una encuesta para el diagnóstico de la condición del servicio de agua, la primera corresponde a un típico formato elaborado por el FISE, de reiterada aplicación en nuestro país, principalmente en los proyectos que desarrolla esta entidad, y la segunda corresponde a un formato de elaboración propia, con énfasis en diagnosticar la situación actual en que se suministra el agua para consumo humano dentro de la comunidad (ver modelos de encuestas en anexos).

El proceso de encuestado se desarrolló en el mes de Noviembre del año 2014, los días 13 y 14, con la ayuda voluntaria de estudiantes de la comunidad que cursan la secundaria en el municipio de Teustepe y que forman parte activa de la Juventud Sandinista 19 de Julio. Atendiendo a las recomendaciones del FISE, las encuestas fueron aplicadas indistintamente a todas las familias de la comunidad, una por familia y cuando lo ocasión lo permitió el entrevistado fue el cabeza de familia.

El proceso de encuestado incluyó a 91 de las 93 familias de la comunidad, para una muestra del 98%, esto debido a que durante el período de encuestado dos familias se encontraban fuera del país, a como es costumbre en épocas de malas cosechas cuando familias enteras emigran a países vecinos en busca de mejores condiciones de trabajo, sin embargo fueron incluidos en el cálculo de la población de diseño por tener domicilio casi permanente en la comunidad.

El procesamiento del material encuestado se realizó con ayuda del programa MICROSOFT EXCEL, de manera que se pudiera presentar de forma práctica, por medios gráficos, los resultados obtenidos de las encuestas.

2.1. Descripción general de la comunidad

2.1.1. Localización

La comarca El bajo de cerro de piedra se ubica en el municipio de Teustepe a 15.7 kilómetros al Oeste de la cabecera municipal, la ciudad de Teustepe.

2.1.2. Extensión

El núcleo poblacional de la comunidad tiene una extensión aproximada de 1.20km², tomando como referencia el centro de la comunidad o plaza.

2.1.3. Límites y colindancias

Los límites de la comunidad están definidos por las siguientes comunidades circunvecinas:

Norte: Comunidad Los Negritos.

Sur: Comunidad El Quebrachal.

Este: Comunidad El Palmar.

Oeste: Comunidad de San Joaquín.

2.1.4. Clima y precipitación

Según la clasificación del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), el municipio de Teustepe cuenta con un clima seco de sabana tropical. La temperatura oscila entre los 26° y 27° Celsius y una precipitación que varía entre los 1,000 y 1,200 mm al año, caracterizándose por una buena distribución de lluvias durante todo el año. Estas mismas características climáticas predominan en la zona Noroeste del municipio, donde se localiza la comarca Los bajos de cerro de piedra.

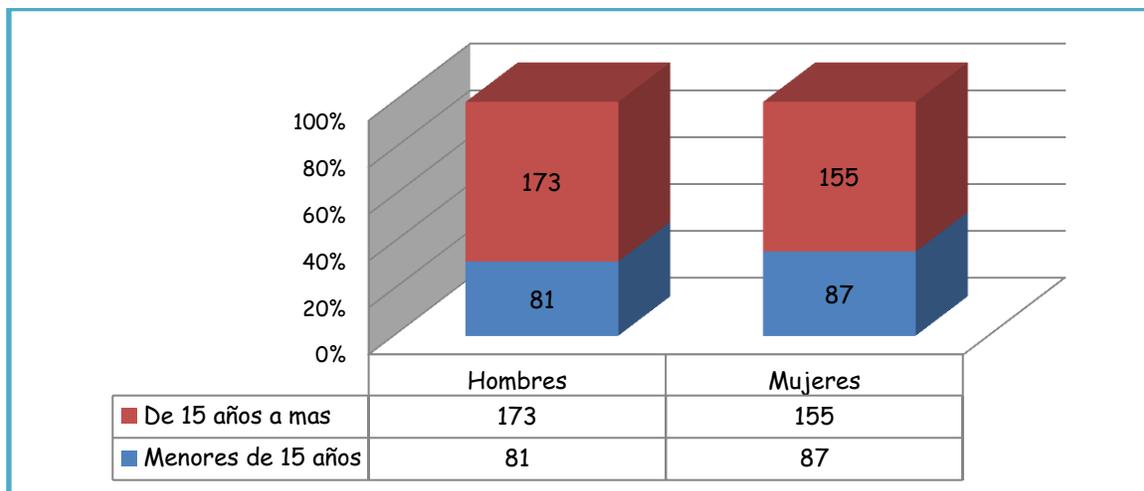
2.2. Población

Según el último censo poblacional y habitacional realizado por la alcaldía municipal de Teustepe en Julio del año 2014, la comunidad cuenta con una población de 495 habitantes, distribuidos en 93 viviendas, para un índice poblacional de 5.3 habitantes por vivienda.

2.2.1. Distribución de la población por edad y sexo

La distribución de géneros es bastante equitativa, correspondiendo a un 52% de habitantes del sexo masculino y 48% del sexo femenino. Durante las visitas de campo se pudo constatar que la población se compone principalmente por adultos y jóvenes.

La distribución de la población por grupo de personas menores a 15 años, o mayores o iguales a 15 años se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica 1: Distribución de la población por edad.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

2.2.2. Distribución de la población por escolaridad

La distribución de la población por nivel académico se indica en la siguiente tabla.

Pre-escolar	Primaria		Secundaria		Universidad		Total
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	
15	37	23	8	8	0	2	93

Tabla 14: Distribución de la población por escolaridad.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

Con relación a los niveles de analfabetismo, el 25.8% de los hombres es analfabeta o solo saben leer y el 28.1% de las mujeres se encuentran en esta misma situación.¹⁰

2.3. Situación habitacional

La comunidad cuenta con un total de 93 viviendas, con un índice poblacional de 5.3 habitantes por vivienda, por lo que no hay déficit habitacional. Con relación a su configuración, las viviendas están diseminadas en forma desordenada, sin ningún patrón definido, aunque se suele identificar como núcleo poblacional al sector comprendido por la intersección de la calle de acceso y la calle principal (comúnmente denominada plaza).

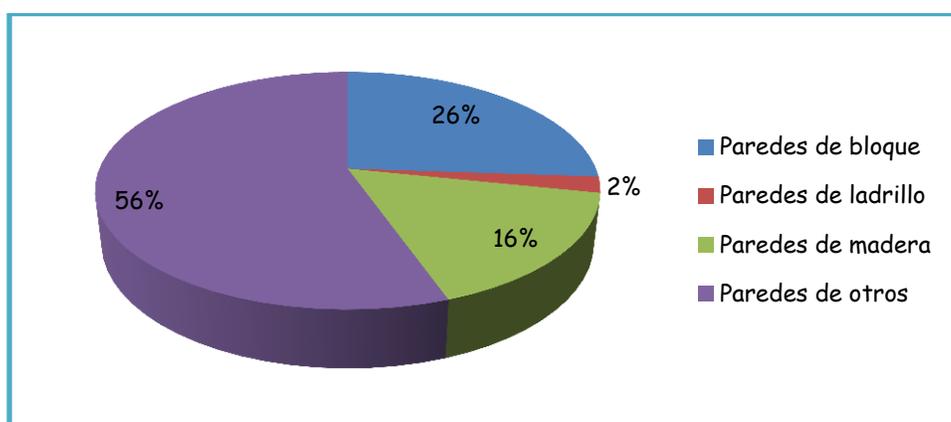
¹⁰ Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

2.3.1. Situación de la propiedad

El proceso de encuestado evidenció que el 100% de las viviendas son propias, sin embargo no todos los propietarios no poseen documentos de propiedad.

2.3.2. Materiales de los cerramientos

El tipo de construcción es tradicional, con materiales de la zona como madera y barro, en combinación con otros materiales más industrializados como bloques de mortero, piedra cantera, hierro y cemento.



Gráfica 2: Materiales de los cerramientos.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta socioeconómica.

Gran parte de las viviendas han sido edificadas con materiales poco aptos para la construcción. El 56% corresponden a la designación otros, que se refiere a viviendas construidas con una combinación de barro, vegetación y madera (ver figura 3). Existe un 26% de viviendas construidas con bloque de mortero y una minoría del 16% son de madera.

Durante las visitas de campo se pudo constatar que el crecimiento habitacional se desplaza hacia la calle de acceso, lugar en donde se concentran gran parte de las viviendas construidas en años recientes.



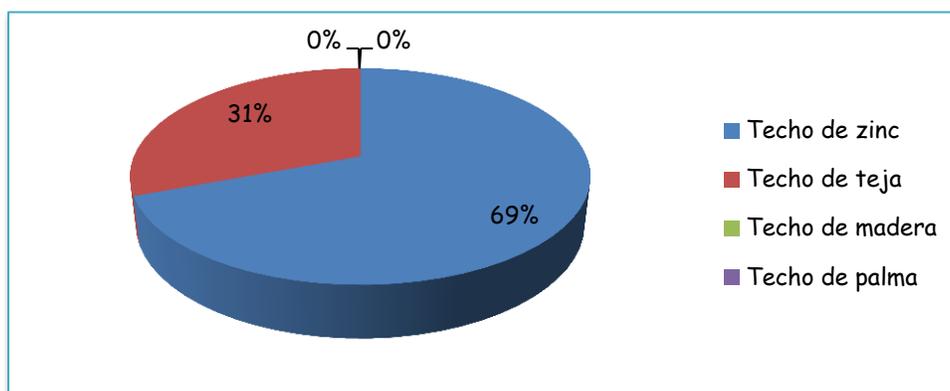
- a: Vivienda típica de barro.
- b: Fachada de vivienda de barro.
- c: Vivienda de mampostería.
- d: Grietas en vivienda de barro.

Figura 3: Tipología de las viviendas.

Fuente: Elaboración propia. (2014).

2.3.3. Materiales de los techos

La distribución de los diferentes tipos de cubierta de techo se ilustra en la siguiente gráfica.



Gráfica 3: Materiales de los techos.

Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta socioeconómica.

En la comunidad predominan los techos de lámina combinados con una estructura de soporte de madera (69%), aunque también hay abundante presencia de estructuras tradicionales de tejas de barro (ver figura 4).



a: Cubierta mixta.

b: Cubierta de teja de barro.

c: Cubierta de lámina.

Figura 4: Tipología de cubiertas de techo.

Fuente: Elaboración propia. (2014).

En los últimos años las familias han optado por realizar las mejoras en sus techos incorporando láminas de zinc, resultando en un gran número de viviendas con cubiertas de techo combinadas.

2.4. Servicios públicos existentes

2.4.1. Educación

Existe un centro escolar llamado Pablo Antonio Cuadra, que cuenta con las modalidades de preescolar, primaria y cuarto ciclo, atendiendo a una población estudiantil de: 15 alumnos en preescolar, 20 en multigrado, 23 de 3^{ro} a 6^{to} y 14 en cuarto ciclo.¹¹

¹¹ MINED. (2014). *Matrícula escolar 2014, Escuela Pablo Antonio Cuadra*. Teustepe, Nicaragua.

2.4.2. Salud

La comunidad no cuenta con un centro de atención médica. Los pobladores son atendidos bajo la modalidad del ESAFC (Equipo de Salud Familiar y Comunitario), debiendo asistir a la cabecera municipal, en el centro de salud Santa Rita.

Las enfermedades más recurrentes en la edad infantil y vejez son las del tipo respiratorio y gastrointestinales.¹²

2.4.3. Agua potable

a) Nivel de servicio

No se cuenta con una red pública de suministro de agua potable, el servicio de agua es suministrado a través de cuatro pozos perforados equipados con una bomba de mecate, distribuidos en los cuatro puntos cardinales, permitiendo el acceso a todas las viviendas. El agua de los pozos, no recibe de parte de ENACAL o MINSA, ningún tipo de tratamiento para garantizar su calidad para consumo humano, aunque esto, al parecer (según fuentes locales), no ha derivado en problemas a su salud.



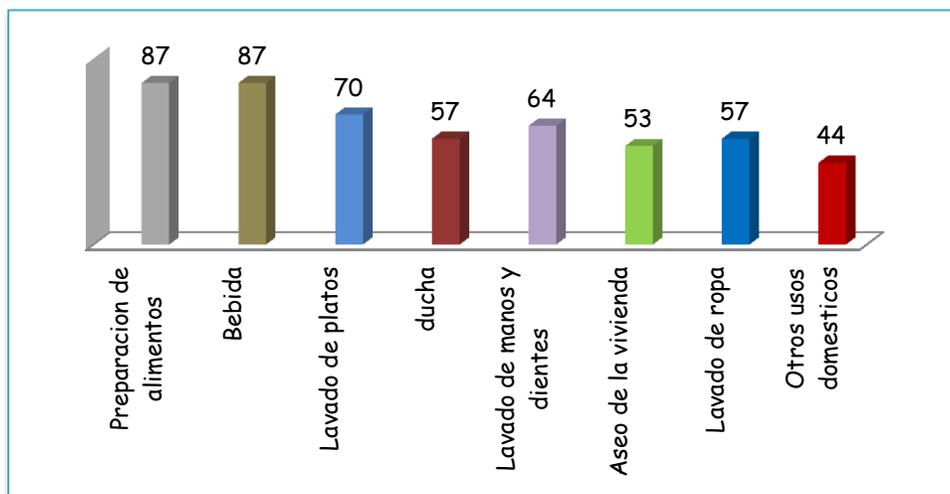
Figura 5: Abastecimiento de agua en la comunidad mediante el sistema de PPCMB.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

Las mujeres y los niños suelen ser los encargados del traslado del agua.

¹² Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

b) Usos domésticos del agua de los pozos

Los resultados de la encuesta aplicada con relación a los usos domésticos que las familias de la comunidad dan al agua de los pozos, se muestran a continuación:



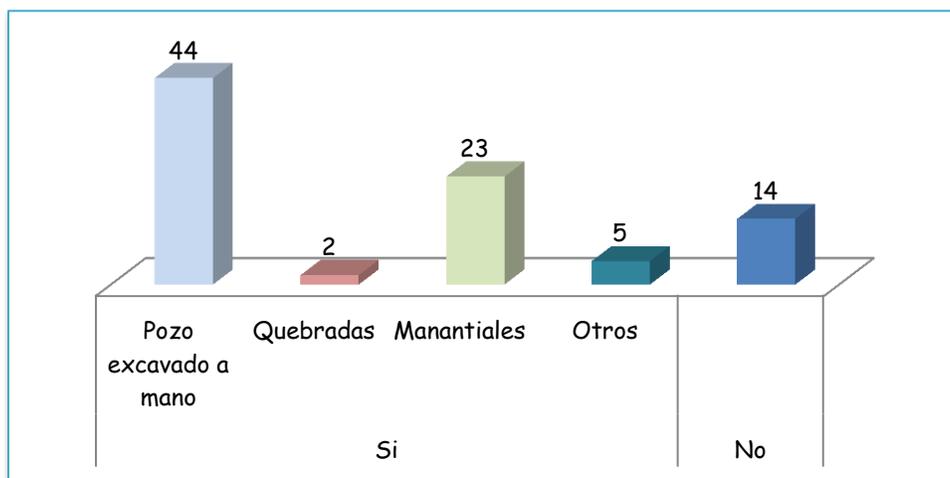
Gráfica 4: Distribución del consumo de agua de pozo para usos domésticos.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta para el diagnóstico de la condición del servicio.

Los resultados muestran que el 100% de las familias utilizan el agua para bebida y preparación de alimentos, sin embargo también se evidencia que la situación no es la misma con los demás prácticas domésticas habituales, solamente la mitad de la población utiliza el agua para ducharse, lavar los platos y aseo de la vivienda, lo que refleja que estas prácticas son realizadas con agua de otras fuentes, principalmente por razones de accesibilidad y por impedimentos en el traslado de grandes cantidades de agua.

c) Fuentes secundarias de aprovisionamiento de agua

Con relación al uso de otras fuentes de agua para labores domésticos, se encontró que el 88% de las familias entrevistadas también se aprovisionan de otras fuentes y solamente el 12% hace uso exclusivo del agua de los pozos. La principal fuente secundaria son los pozos escavados a mano, con un 50% de familias que se valen de ellos, seguido de los manantiales con un 26% (ver gráfica 5).

Cabe mencionar que el agua proveniente de estas fuentes es utilizada únicamente para limpieza personal y habitacional.

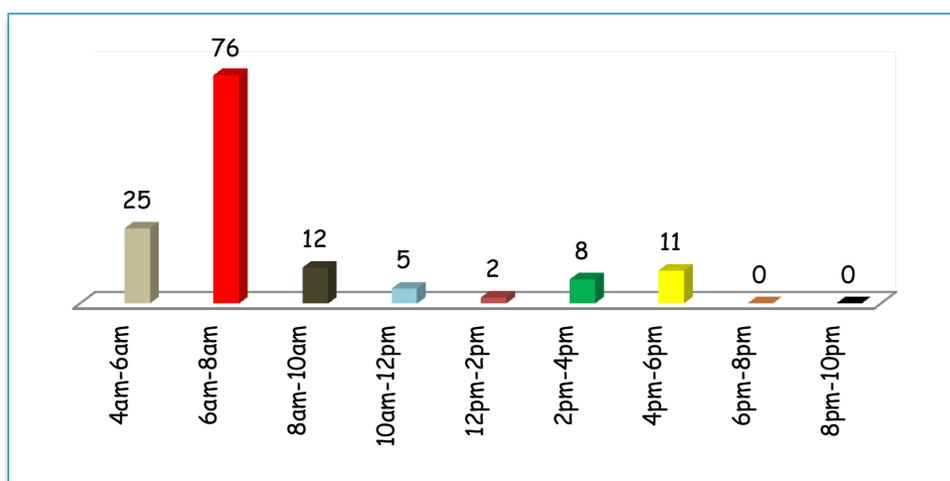


Gráfica 5: Fuentes de abastecimiento secundarias.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta para el diagnóstico de la condición del servicio.

Los pozos excavados a mano son construidos por los agricultores o ganaderos y son destinados exclusivamente para labores agropecuarias.

d) Horas de máximo consumo

El proceso de encuestado permitió establecer que las horas de máximo consumo se concentran entre las 6 y 8 de la mañana con un 84%, las familias acostumbran el aprovisionamiento en horas tempranas para almacenar la cantidad de agua requerida durante el día y de esta manera disminuir el número de viajes para recargar. Los resultados de la encuesta se detallan en la siguiente gráfica.



Gráfica 6: Distribución del consumo de agua de pozo a lo largo del día.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta para el diagnóstico de la condición del servicio.

También hay un porcentaje significativo de consumo entre las 4 y 6 am, con un 27%, luego el consumo se mantiene en valores reservados, por debajo del 12%.

Las altas concentraciones de consumos en cortos periodos de tiempo son propias de este nivel de servicio (PPCBM), puesto que los consumidores buscan disminuir en la medida de lo posible la necesidad de recargar durante el día.

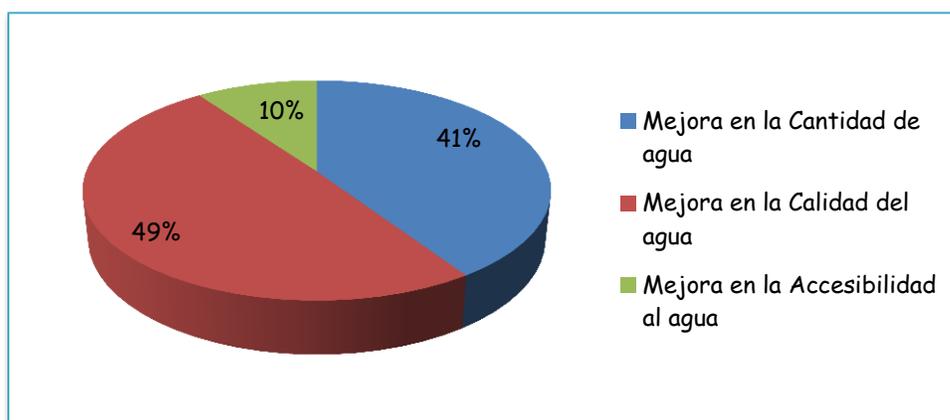
Estos resultados reflejan que no existe relación alguna entre las horas de máximo consumo en un sistema a través de PPCBM y el periodo relativo en un nivel de servicio con mejores características, tal como un sistema con conexiones domiciliarias, donde el consumo generalmente se concentra entre las 8 de la mañana a las 12 meridiano, periodo durante el cual la población es más activa y realiza las prácticas domésticos habituales (higiene personal y habitacional, lavado de ropa y de encerres, preparación de alimentos, entre otros).

e) Desconformidad de la población con el actual servicio

El 100% de las familias encuestadas muestran descontento y consideran necesario mejorar las condiciones en que suministra el agua dentro de la comunidad, conjuntamente el mismo 100% estaría dispuesto a pagar por un mejor servicio. Entre las situaciones que casan mayor descontento en la población están la calidad y la cantidad de agua suministrada.

f) Expectativas de la población

Se realizó una valoración con relación a las mejoras que la población espera con un nuevo servicio, considerando tres posibles escenarios (ver gráfica 7), los resultados reflejan que el 49% de la población demanda una mejora en la calidad del agua, 41% apuesta por una mejora en la cantidad de agua y solamente el 10% espera una mejora en la accesibilidad.



Gráfica 7: Expectativas de la población ante una nueva condición de servicio.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta para el diagnóstico de la condición del servicio.

Al mismo tiempo se valoró el nivel de servicio que la población esperaría por el pago de una cuota, en donde el 96% de la población demanda un sistema con conexiones domiciliarias y solamente un 4% muestra conformidad hacia un sistema con tomas públicas.

2.4.4. Saneamiento

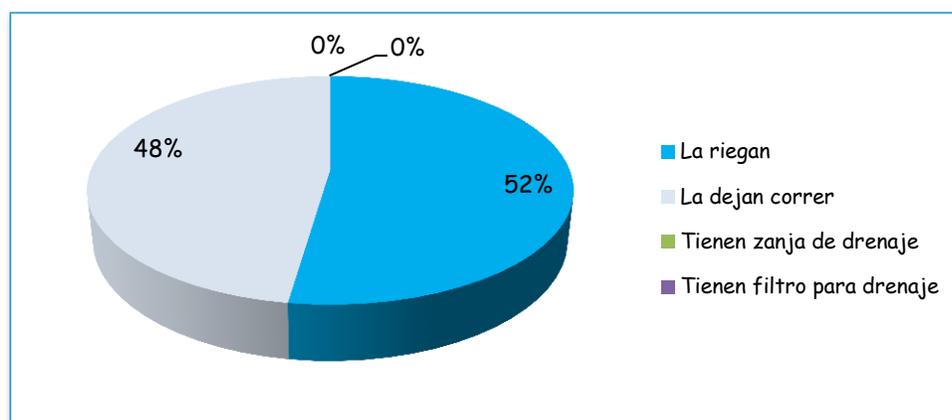
a) Aguas servidas

En la comunidad no hay servicio de alcantarillado sanitario, las aguas servidas provenientes del lavado, baño y cocina son descargadas superficialmente sobre los patios, lugar en donde se estancan formando charcas y deterioros al suelo, ocasionando la proliferación de mosquitos y mal olor.

La comunidad cuenta con un afloramiento natural cercado por los mismos comunitarios destinado exclusivamente para lavado de ropa y limpieza personal (ver figura 6), como consecuencia son muy pocos los habitantes que realizan estas actividades dentro de sus viviendas. En la gráfica 8 se indican los principales mecanismos para la disposición de las aguas servidas implementados por las familias.

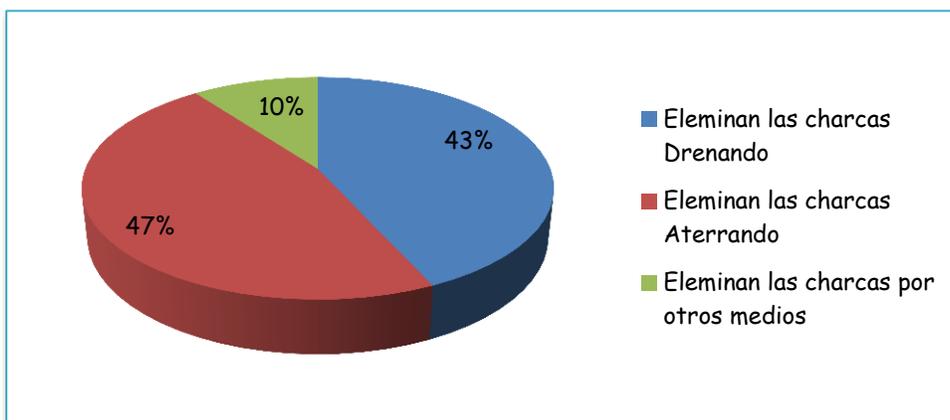


Figura 6: Pila utilizada por los comunitarios exclusivamente para el lavado de ropa.
Fuente: Elaboración propia. (2014).



Gráfica 8: Disposición de las aguas servidas.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta socioeconómica.

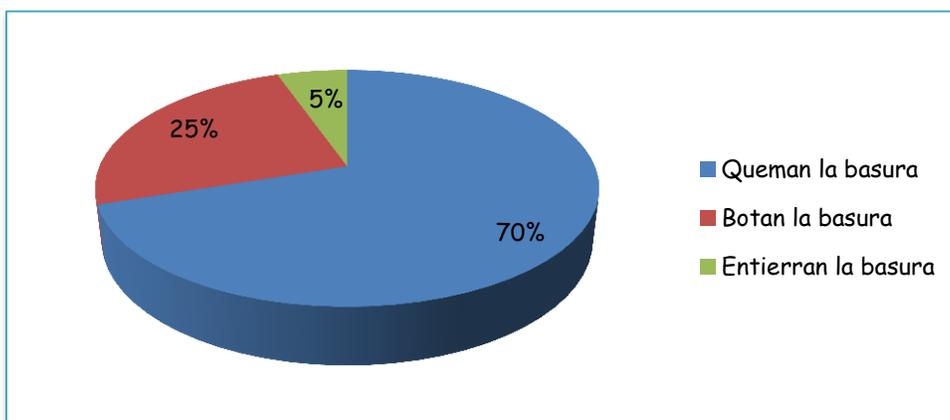
En lo referente a la eliminación de las charcas de patio, la población opta por aterrarla o por drenarla (47 y 43% respectivamente), si bien las viviendas no cuentan con zanjas de drenaje las pendientes de los predios hacen el trabajo y redirigen las aguas hacia los cauces naturales (ver gráfica 9).



Gráfica 9: Mecanismos para la eliminación de charcas.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta socioeconómica.

b) Desechos solidos

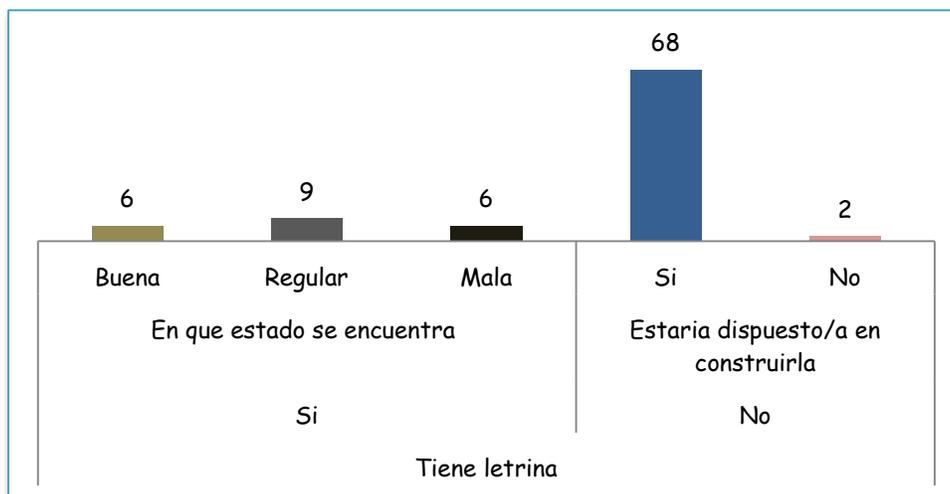
No existe un mecanismo comunitario de eliminación de desechos, por lo que cada familia se encarga de despejar los desechos de sus viviendas. El 70% de la población efectúa la acción más efectiva en este caso en particularmente (quemar la basura), sin embargo hay otro porcentaje significativo que utiliza métodos menos efectivos para la eliminación de basura como botarla o enterrarla (25% y 5% respectivamente). Al no existir un vertedero formalmente establecido, el botar la basura, propicia la proliferación de enfermedades.



Gráfica 10: Disposición de desechos sólidos.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta socioeconómica.

c) Disposición de excretas

Solamente el 23% de las familias tienen una letrina propia, el 77% de las familias restantes, no tienen una, por lo que se ven en la necesidad de prestar o de hacer sus necesidades al aire libre, sin embargo de este grupo el 97% estaría dispuesto a construir una letrina en sus viviendas.



Gráfica 11: Disposición de excretas y valoración de las estructuras sanitarias.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta socioeconómica.

Al mismo tiempo se realizó una valoración de la integridad de las estructuras sanitarias, considerando tres posibles estados cualitativos: bueno, malo y regular. Los resultados revelan que solamente el 29% de las letrinas se encuentran en óptimas condiciones, 42% se encuentran en regulares condiciones y el 29% yacen en malas condiciones (ver figura 7).

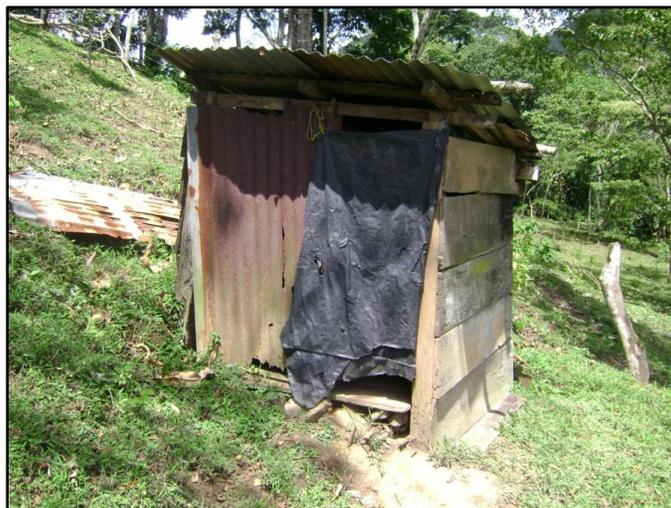


Figura 7: Panorama general del estado de letrinas.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

2.4.5. Energía eléctrica

La comunidad cuenta con energía eléctrica y alumbrado público, sin embargo este se limita a las dos calles principales, la calle de acceso, abarcando desde el primer pozo hasta el centro de la comunidad; y la calle de la escuela, abarcando aproximadamente 200 metros en ambas direcciones partiendo de la plaza.

2.4.6. Transporte y comunicación

La red de telefonía celular de las operadoras Claro y Movistar es de baja intensidad, la posibilidad de establecer una comunicación se limita a las zonas más altas.

Se cuenta con un servicio de transporte colectivo que sale de la comunidad, pasando por Teustepe y terminando en la ciudad de Boaco, con un estimado de una hora por viaje, con un único viaje por día.

Las vías de acceso a la comunidad, al igual que las calles dentro de la misma, consisten, a como es habitual en las comunidades rurales de Boaco, en caminos de macadam. Dichas calles se encuentran en buenas condiciones y son transitables en toda clase de vehículo. Los medios de transporte a lo interno de la comunidad se limitan a bicicletas, caballos y en algunos casos motos. No existen vehículos automotores, ni transporte pesado.

La única limitante para el acceso a la comunidad, es el paso por las dos quebradas, que si bien no representan mayor peligro por el bajo nivel de sus aguas, durante lluvias fuertes es prudente no atravesarlas.

2.5. Organización comunitaria

La comunidad no cuenta con un Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) formalmente conformado, son los mismos habitantes los encargados de comunicar a la alcaldía del municipio de Teustepe en caso de daños al equipo o de problemas en el servicio.

2.6. Situación económica

2.6.1. Población económicamente activa

La Población Económicamente Activa de la comunidad es de 193 personas, que representa el 39% de la población total. La Población con Trabajo Permanente está comprendida por 190 personas, que representa el 38% de la población total y el 98% de la PEA. En la tabla 15 se detalla la situación laboral de los habitantes de la comunidad.

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA (PEA)		POBLACION CON TRABAJO PERMANENTE (PTP)						POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA (PEI)	
Hombres	Mujeres	Hombres			Mujeres			Hombres	Mujeres
		10-14 años	15-29 años	30 a mas	10-14 años	15-29 años	30 a mas		
177	16	10	78	86	0	12	4	30	174

Tabla 15: Situación laboral en la comunidad.

Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

Población Económicamente Activa (PEA): Personas de 10 años y más, que durante el periodo de referencia definido en el censo tienen un trabajo, o lo buscan activamente o no buscan por estar a la espera de una respuesta por parte de un empleador, o esperan continuar sus labores agrícolas.

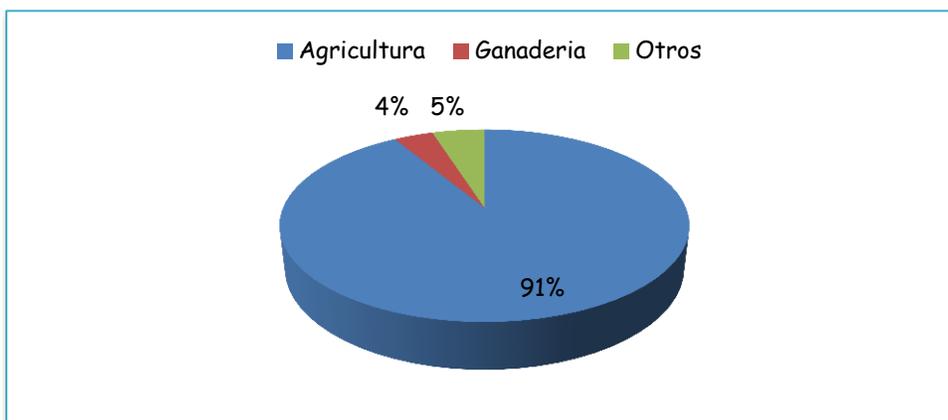
Población Económicamente Inactiva (PEI): Personas que no teniendo ocupación, no buscan empleo activamente. Comprende a los estudiantes, personas que se dedican a quehaceres del hogar, pensionados/jubilados/rentistas, incapacitados permanentes, ancianos y a otros como una categoría remanente.

Los pobladores se integran al desempeño laboral desde tempranas edades, dentro del grupo de personas con trabajo permanente, el 6% se encuentra entre las edades de 10 a 14 años. Además se hace notable que existe una gran desigualdad de género en la PEA, compuesta solamente por un 8% de mujeres.

De la población económicamente activa, el 96% trabaja dentro de la comunidad (90% de varones y un 6% de mujeres) y solamente el 4% trabaja fuera de ella.

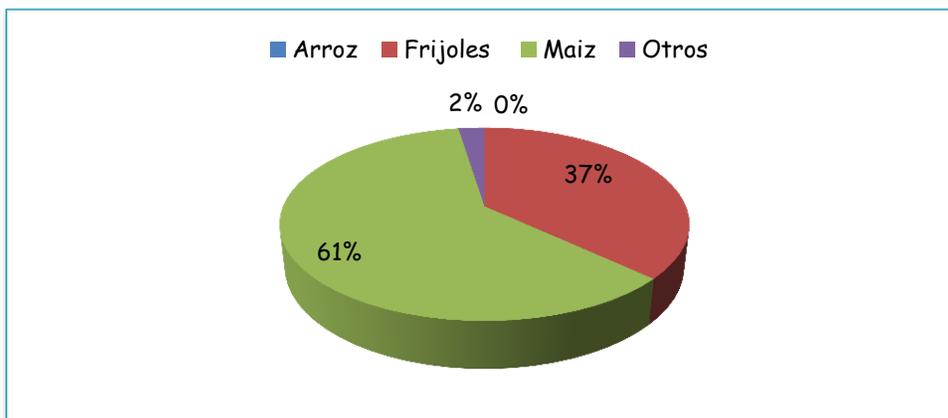
2.6.2. Actividades económicas

Los habitantes de la comunidad se dedican principalmente a las labores de agricultura y ganadería a pequeña escala, siendo prácticamente para el consumo local y el comercio a las cabeceras municipal y departamental.



Gráfica 12: Actividades económicas.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

La principal actividad económica es la agricultura, destacándose el cultivo de maíz (61% de los agricultores cultivan maíz) y frijol (37% de los agricultores cultivan frijol).



Gráfica 13: Principales rubros agrícolas.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

Existe una emigración ocasional de un grupo poblacional a países vecinos en busca de mejores condiciones de trabajo, principalmente en épocas de malas cosechas, generando un ingreso adicional a las familias por medio del envío de remesas.

2.6.3. Niveles de pobreza

En promedio, tanto en el sector rural como en el urbano del municipio de Teustepe, el 46.3% del total de la población padece de pobreza extrema, el 32.1%

son pobres no extremos y el 21.6% son no pobres. El 9.0% de la población con pobreza extrema se localiza en el área urbana y el 91.0% en la zona rural.¹³

La comunidad Los bajos de cerro de piedra se localiza en la micro región III del mapa de pobreza del municipio de Teustepe elaborado por el INIDE en el año 2010, donde las familias se consideran viven en extrema pobreza, esto en cuanto a necesidades básicas insatisfechas se refiere. En el estudio se valoró el acceso a servicios públicos básicos como agua potable, alcantarillado sanitario, energía eléctrica, salud, educación, comunicación, entre otros; como resultado la población que habita en esta micro región presenta grandes impedimentos para hacerse de esto servicios (ver figura 8).

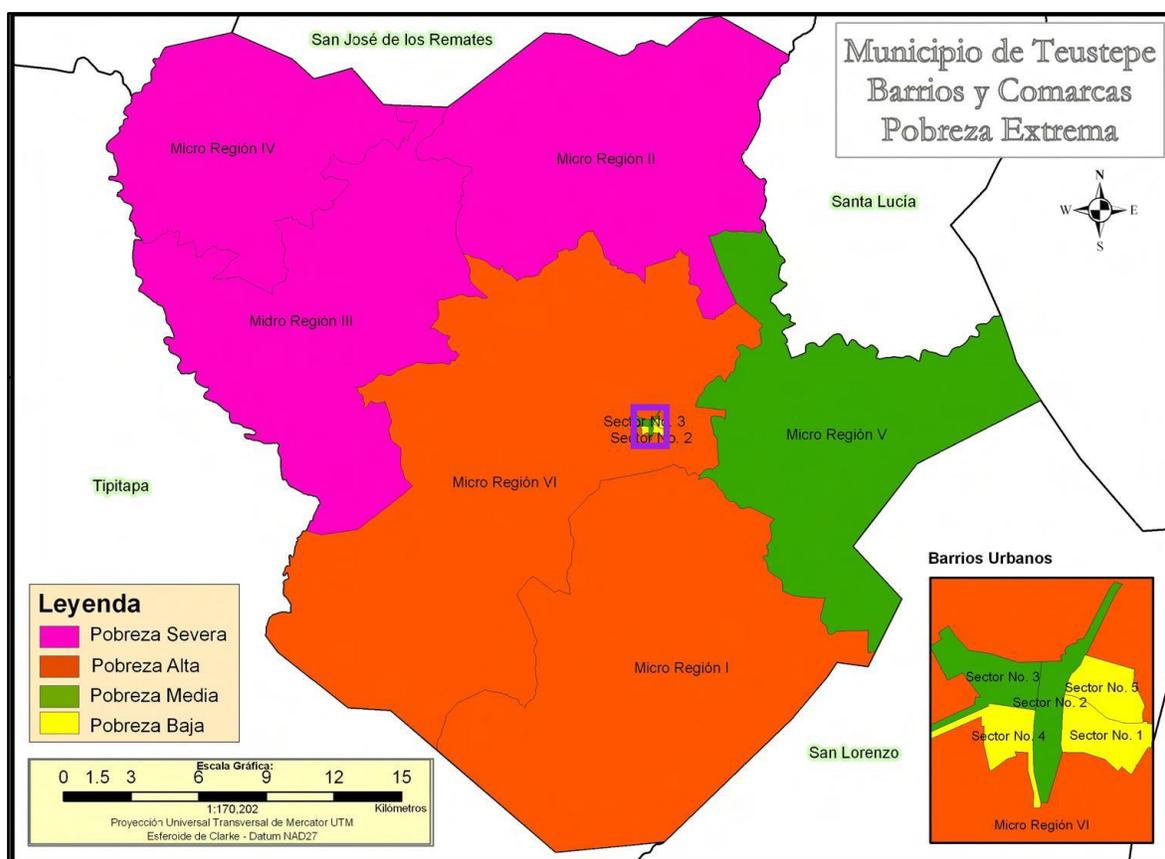


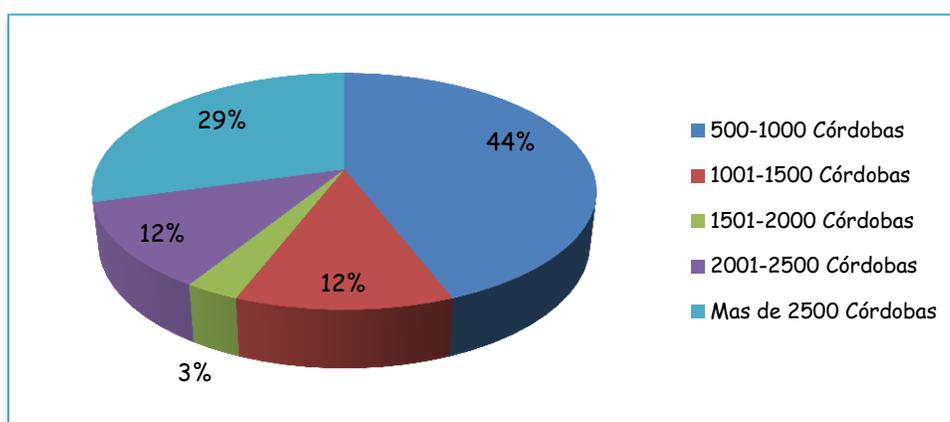
Figura 8: Mapa de pobreza del municipio de Teustepe.

Fuente: Instituto Nacional de Información de Desarrollo, INIDE. (2010). Mapa de pobreza extrema del municipio de Teustepe por el método de necesidades básicas insatisfechas. Teustepe. Nicaragua.

¹³ INIDE. (2010). *Mapa de pobreza extrema del municipio de Teustepe por el método de necesidades básicas insatisfechas*. Teustepe. Nicaragua.

2.6.4. Ingreso familiar

Se realizó una valoración del estado financiero de las familias de la comunidad, considerando cinco posibles categorías en cuanto a ingresos, teniendo como referencia que el ingreso neto por obrero en labores del campo oscila entre los C\$ 3,500 (tres mil quinientos córdobas) a C\$ 4,000 (cuatro mil córdobas). Los reflejan lo limitado de los ingresos familiares, el 44% de las familias encuestadas presentan ingresos mensuales por debajo de los C\$ 1000 córdobas y solamente el 29% tiene ingresos por encima de los C\$ 2500 córdobas. En la siguiente gráfica se amplían a detalle los resultados obtenidos.



Gráfica 14: Ingreso familiar mensual.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta socioeconómica.

El menor ingreso registrado fue de C\$ 700 (setecientos córdobas) y el máximo de C\$ 6000 (seis mil córdobas). El ingreso mensual promedio para las familias encuestadas resultó de C\$ 1907 (un mil novecientos siete córdobas).

2.6.5. Capacidad económica

La capacidad de pago por familia, se determinó considerando el 3% de los ingresos familiares para el pago del servicio de agua potable, esto de conformidad a lo recomendado por el Banco Mundial y Banco Interamericano de Desarrollo.¹⁴

La capacidad de pago mensual por familia para un ingreso familiar promedio de C\$ 1907 (un mil novecientos siete córdobas) es de $57.21 \approx$ C\$ 60 (sesenta córdobas).

¹⁴ Banco Mundial. (1998). *Programa de Agua y Saneamiento*. PNUD.

CAPITULO III

ESTUDIO HIDROLOGICO



CAPITULO III: ESTUDIO HIDROLOGICO

3.1. Entorno geológico

Existen muy pocos datos disponibles del área del proyecto, si bien la zona está cubierta por los mapas y el informe "Estudios hidrogeológicos e hidroquímicos de la región del central de Nicaragua" (Krasny & Hecht, 1998, publicado por INETER), estos muestran muy poca información para el área en cuestión.

Las principales unidades geológicas se muestran sobrepuestas en el siguiente mapa.

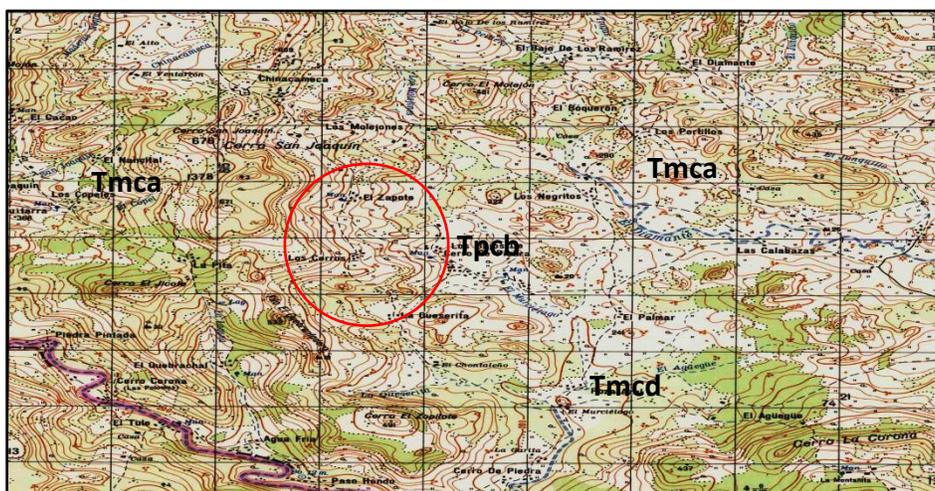


Figura 9: Litología subyacente del área del proyecto.

Fuente: Krasny, & Hecht. (1998). Estudios hidrogeológicos e hidroquímicos de la región del central de Nicaragua (INETER). Managua, Nicaragua.

Las litologías subyacentes del área cercana al proyecto son basalto y andesita (Tpcb). Hacia el Sureste se encuentran ignimbritas, dacitas y tobas del coyol Inferior (Tmcd). Hacia el Noroeste y parte Noreste se encuentran aglomerados subyacentes y/o andesitas del coyol Inferior (Tmca).

Las rocas del grupo coyol son típicamente más duras que las rocas del subyacente grupo Matagalpa, lo cual significa que a menudo forman rasgos como mesetas escalonadas y relieve abrupto (ver figura 11).

Existen numerosas exposiciones del coyol en el área del proyecto, particularmente en el canal de las quebradas, estas exposiciones proveen una oportunidad para identificar las litologías presentes y por ende las propiedades hidrogeológicas de la zona (ver figura 10).



a y b: Exposición de aglomerado en el lecho de las quebradas.

c: Detalle de toba volcánica.

d: Afloramiento de ignimbrita.

Figura 10: Ejemplares de los grupos geológicos presente dentro de la comunidad.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

Si bien los principales grupos litológicos subyacentes que rodean la comunidad lo comprenden depósitos de roca dura y por tanto prácticamente impermeable, a lo interno la situación es completamente diferente, las rocas duras son prácticamente inexistentes, siendo predominantes los sedimentos aluviales, los que al parecer basado en los altos rendimientos de los pozos perforados, son lo suficientemente gruesos y extensos para suministrar la permeabilidad requerida para mantener los recursos hídricos de la zona.

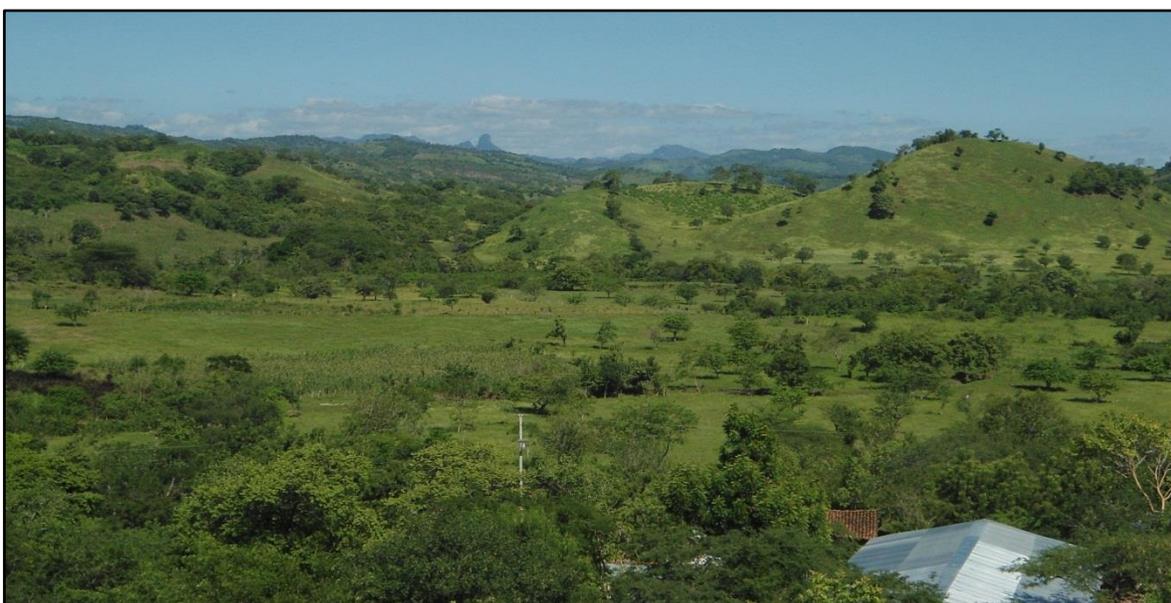


Figura 11: Panorama del relieve a las afueras de la comunidad.

Fuente: Elaboración propia (2015).

Los sedimentos forman las abundantes praderas y pastizales que se encuentran dentro de la comunidad. Las bondades de estos suelos son aprovechadas para las labores de agricultura y para el pastoreo del ganado.

Los suelos poco rocosos y la aparente poca profundidad del nivel freático han facilitado la abertura de pozos excavados a mano, los que son utilizados principalmente en las labores de agricultura y para el abastecimiento del ganado.

3.2. Inventario de las fuentes de agua disponibles

Al pertenecer al municipio de Teustepe la comarca El bajo de cerro de piedra también presenta un gran potencial hidrológico, hecho que se hace evidente al observar la gran cantidad de recursos hídricos con los que cuenta y el buen rendimiento que estos experimentan durante todo el año.

Para efectos de la selección de la fuente de agua con mayor potencial de explotación, se realizó un inventario de los pozos perforados con los que cuenta la comunidad, para analizar las ventajas y desventajas que estos pudieran presentar.

Los rendimientos de pozos a los que se hace referencia en esta sección fueron facilitados por la alcaldía municipal de Teustepe y obtenidos mediante pruebas de bombeo realizadas durante las perforaciones.

En cambio los caudales de aforo fueron obtenidos mediante la aplicación del método volumétrico, realizando mediciones del tiempo necesario para el llenado de un balde corriente de 6 galones de capacidad, mediante bombeo manual, utilizando la bomba de mecate con la que están equipados los pozos.



Figura 12: Medición del caudal de extracción por bombeo manual.
Fuente: Elaboración propia. (2014).

Mediante el procedimiento anteriormente descrito se obtuvieron los siguientes datos de campo:

Pozo	Tiempo de llenado (seg)	Volumen del depósito (galones)	Caudal de aforo (gpm)
1	39.40	5.93	9.04
2	58.69	5.93	6.07
3	67.52	5.93	5.27
4	98.0	5.93	3.63

Tabla 16: Datos de campo (caudal de extracción por bombeo manual).
Fuente: Elaboración propia. (2014).

Cabe mencionar que el caudal de aforo no representa de manera alguna el rendimiento de los pozos, únicamente es un dato de campo, medido con el propósito de conocer el grado de facilidad o de dificultad con que es extraída el agua por parte de los consumidores, por consiguiente este parámetro no puede ser tomado en consideración para la elección de la fuente con mayor potencial de explotación.



Pozo perforado N° 1
Coordenadas UTM:
617319.2744, 1376688.5321
Elevación: 232.87 m.s.n.m.
Caudal de aforo: 9.04 GPM
Rendimiento aproximado: 80 GPM
Abastece al principal núcleo poblacional de la comunidad. Presenta excelentes condiciones en cuanto a ubicación y rendimiento.

Figura 13: Vista del pozo N°1.
Fuente: Elaboración propia. (2015).



Pozo perforado N° 2
Coordenadas UTM:
617269.3736, 1376585.3960
Elevación: 240.643 m.s.n.m.
Caudal de aforo: 6.07 GPM
Rendimiento aproximado: 50 GPM
Se localiza a menos de 200 metros del primer pozo y abastece principalmente al sector oeste de la comunidad, incluida la escuela. Junto al pozo 1, son los que prestan las mejores condiciones en cuanto a ubicación.

Figura 14: Vista del pozo N°2.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

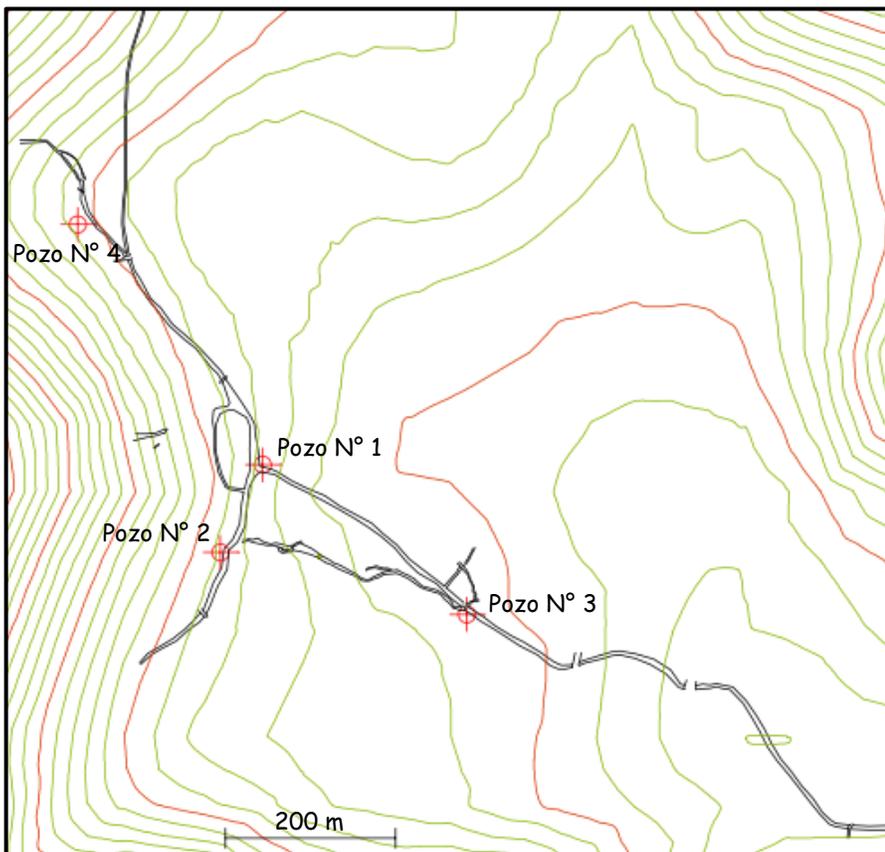


Figura 16: Mapa de localización de los pozos perforados.
Fuente: Elaboración propia. (2015).



Figura 15: Vista del pozo N°3.
Fuente: Elaboración propia. (2015).



Pozo perforado N° 4
Coordenadas UTM:
617101.8992, 1376971.1423
Elevación: 259.094 m.s.n.m.
Caudal de aforo: 3.63 GPM
Rendimiento aproximado: 50 GPM
Abastece al sector norte de la comunidad, donde se encuentra la menor concentración de familias.

Pozo perforado N° 3
Coordenadas UTM:
617558.8642, 1376512.5068
Elevación: 230.684 m.s.n.m.
Caudal de aforo: 5.27 GPM
Rendimiento aproximado: 80 GPM
Se localiza en la zona más baja de la comunidad. Aun siendo el pozo que brinda servicio a la mayor cantidad de familias (todo el sector sur), según fuentes locales, nunca se ha secado, ni ha presentado problema alguno.

El análisis de las ventajas y desventajas que cada uno de los pozos pudiera presentar en un sistema de abastecimiento de agua, resultó en la elección del Pozo n°1 para ser explotado por el proyecto, en base a los siguientes argumentos:

- Se localiza dentro de la plaza, por lo que la accesibilidad para las labores de operación y mantenimiento de un futuro sistema se facilitarían.
- Se encuentra lo suficientemente cerca de las zonas más altas de la comunidad, lo que reduce el costo de la línea de conducción.
- Presenta el suficiente rendimiento para suplir la demanda de la población.
- Es el pozo más reciente, lo que evita especulación con relación a su vida útil.
- No presenta focos de contaminación visibles, las letrinas más cercanas se encuentran a una distancia de más de 30 metros.
- Es el único pozo de la comunidad del que se encontró registro de análisis realizados para evaluar la calidad de sus aguas.

3.3. Análisis de la calidad del agua

El tema de la calidad del agua potable, preocupa a todos los países del mundo, en vías de desarrollo y desarrollados, debido a su repercusión en la salud de la población. Dentro de los factores de riesgo tenemos: los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y las enfermedades relacionadas con el uso del agua, que incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua potable. Estos agentes pueden causar enfermedades como: la malaria, cuyos vectores están relacionados con el agua; la legionelosis, transmitida por aerosoles que contienen microorganismos; y enfermedades como la diarrea.

Los estudios que se muestran en esta sección, hechos al Pozo n°1, fueron realizados por la Asociación Fénix (ASOFENIX), organización no gubernamental que se encarga de realizar proyectos de desarrollo en el sub sector rural, entre los que destacan los proyectos de agua potable y saneamiento, proyectos de mejoras de viviendas y ambientes públicos, entre otros. Los estudios fueron realizados en el cuarto trimestre del año 2013, finalizando el invierno.

En los cuadros siguientes se muestran los resultados de los análisis bacteriológicos, físicos-químicos y demás, comparados con los valores de

referencia encontrados en las “Normas de calidad del agua para consumo humano”, emitidas por el CAPRE en Septiembre de 1993 y adoptadas por el INAA en las “Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural” del año 2001.

Los informes originales de los laboratorios se muestran en anexos.

3.3.1. Análisis físico-químico

Debido a que el agua es un solvente universal, existe la posibilidad de que una inmensa cantidad de elementos y compuestos estén presentes en ella en forma de solución, aunque la gran mayoría de estos no tienen mucho significado, existen otros que tienen incidencia directa en la salud. Los resultados del análisis físico-químico se muestran a continuación.

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor recomendado	Valor admisible	Observación
Temperatura	°C	26	18 a 30		Cumple
iones de hidrógeno	Valor pH	7.7	6.5 a 8.5		Cumple
Cloro residual	mg/l	0.0	0.5 a 1.0		Cumple
Conductividad	us/cm	360	400		Cumple
Sol. Tot. Disueltos.	mg/l	180		1000	Cumple

Tabla 17: Resultados del análisis físico-químico.
 Fuente: ASOFENIX. (2013).

Si bien el análisis realizado a la fuente no incluye todos los parámetros físico-químicos de interés, los parámetros medidos indican que el agua es adecuada para fines de consumo humano, pues las concentraciones se encuentran dentro de los límites permisibles por el INAA.

3.3.2. Análisis de parámetros organolépticos

Los parámetros organolépticos, corresponden a características físicas, es decir aquellas que se detectan con los sentidos, lo que implica que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua. Las características físicas son las que más impresionan al consumidor, sin embargo, tienen menor importancia desde el punto de vista sanitario, ellas son: turbiedad, color, olor, sabor y temperatura.

Aunque el análisis realizado a la fuente no incluye todos los parámetros organolépticos, color y turbiedad de las aguas son generalmente suficientes para indicar la calidad de estas. Los resultados del análisis se indican a continuación.

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor recomendado	Valor admisible	Observación
Color verdadero	Mg/L (Pt-Co)	14	1	15	Cumple
Turbiedad	UNT	3	1	5	Cumple

Tabla 18: Resultados del análisis de parámetros organolépticos.
Fuente: ASOFENIX. (2013).

Las características físicas analizadas se encuentran dentro de los límites permisibles por el INAA.

3.3.3. Análisis bacteriológico

Las condiciones bacteriológicas del agua son fundamentales desde el punto de vista sanitario. Para que el agua sea potable debe estar exenta de gérmenes patógenos de origen entérico y parasitario intestinal, causantes de transmitir enfermedades.

A continuación se detallan los resultados obtenidos.

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor recomendado	Valor admisible	Observación
Coliforme Total	NPM/100ml	30	Neg.	Neg.	No cumple
Coliforme Fecal	NPM/100ml	Neg.	Neg.	Neg.	Cumple

Tabla 19: Resultados del análisis bacteriológico.
Fuente: ASOFENIX. (2013).

El análisis bacteriológico refleja una leve presencia de coliforme total, sin embargo debe considerarse que esta bacteria no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.¹⁵ Además al no encontrarse rastros de coliformes fecal, la norma sugiere desestimar la presencia de coliforme total.

Considerando este resultado se deduce la necesidad de establecer alternativas técnicas para potabilizar el agua de la fuente, siendo suficiente la desinfección preventiva con cloro ante la poca severidad del caso.

¹⁵ INAA. (2001). *Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural*. Managua, Nicaragua.

3.3.4. Análisis de sustancias no deseadas

Como sustancias no deseadas, el análisis solamente incluyó la medición de los niveles de hierro en el agua. La presencia del hierro en el agua produce mal sabor (amargo) y color rojizo, ocasiona manchas en la ropa, aparatos sanitarios, además que se deposita en la red de distribución causando obstrucción y alteraciones en la turbiedad y el color.

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor recomendado	Valor admisible	Observación
Hierro	mg/l	0.16		0.3	Cumple

Tabla 20: Resultados del análisis de hierro.
Fuente: ASOFENIX. (2013).

La presencia de hierro en el agua cumple con los requerimientos establecidos en la norma.

3.3.5. Análisis de sustancias toxicas (arsénico)

El arsénico es uno de los elementos más dañinos, tiene efectos en los pulmones, intestinos y en el hígado. Es un compuesto cancerígeno con alta incidencia en cáncer de piel, principalmente en manos y pies y otros cánceres aumentando su efecto con la ingesta de dosis elevadas y edad de la persona. Su presencia se debe por la disolución mineral, por efluentes industriales y por disposición atmosférica. El elevado contenido de arsénico en las aguas subterráneas se debe a la erosión natural del subsuelo que contiene arsenita, también está asociado a la existencia de yacimientos de cobre.

Parámetro	Unidad	Resultado	Valor recomendado	Valor admisible	Observación
Arsénico	mg/l	0.009		0.01	Cumple

Tabla 21: Resultados del análisis de arsénico.
Fuente: ASOFENIX. (2013).

La presencia de arsénico también se encuentra dentro del valor máximo permisible por norma.

En definitiva los resultados de los análisis realizados para determinar la calidad de las aguas del pozo en consideración, fueron satisfactorios, todos los resultados se encuentran dentro de los límites permisible según las normas CAPRE y el INAA para aguas con fines de uso doméstico y consumo humano, por consiguiente no se requiere de ningún tratamiento adicional más que la desinfección preventiva

con cloro para asegurar la protección contra riesgo de infecciones de origen hídrico.

3.4. Balance hídrico de suelos

3.4.1. Recolección de datos meteorológicos

Para la caracterización de los parámetros meteorológicos de interés (temperatura y precipitación media anual de la región) fue necesario el solicitar la información recolectada por las estaciones hidrometeorológicas o pluviométricas del INETER, más cercanas al área del proyecto.

El INETER facilito los datos de la Estación hidrometeorológica ordinaria de Boaco (HMO 69084), localizada en las coordenadas 12°28'12" latitud Norte y 85°39'18" longitud Este. Estación que se localiza lo suficientemente cerca del área del proyecto (12 km aproximadamente) y que presenta un registro lo suficientemente completo de precipitaciones y temperaturas (periodo 1971-2011 y 1971-1987 respectivamente). Las demás estaciones localizadas dentro del departamento de Boaco no carecían de registro de ambos parámetros, presentaban periodos de mediciones interrumpidos o se encontraban demasiado lejos del área en consideración.

Los registros de la estación HMO 69084 y los periodos considerados para el cálculo de la temperatura y la precipitación media, se muestran en anexos.

3.4.2. Procesamiento de datos meteorológicos

a) Análisis de la consistencia de datos y estimación de datos faltantes

El periodo de precipitaciones analizado presentaba buenas características en cuando a la consistencia de las mediciones, por lo tanto no fue necesaria la aplicación de método alguno para la corrección de valores erróneos.

Además presentaba un registro completo, por lo que no fue necesaria la aplicación de métodos para la estimación de datos faltantes.

b) Estimación de la precipitación media sobre la cuenca

Solamente se utilizaron los datos de precipitaciones recolectados por la estación HMO 69084, se calcularon las precipitaciones medias para la última década

cuantificada (periodo 2002 - 2011). Los resultados obtenidos se observan en la tabla resumen del cálculo de aportaciones.

Igualmente se utilizaron los datos de temperaturas recolectados por la estación HMO 69084, aunque para este caso se carecía de mediciones para el mismo periodo considerado en precipitaciones, por lo que se decidió utilizar los valores promedios para el periodo completo de mediciones (1971-1987). Los resultados obtenidos se observan en la tabla resumen del cálculo de la constante I.

3.4.3. Estimación de la infiltración pluvial mensual

a) Cálculo del coeficiente de infiltración del suelo

Considerando un suelo con cobertura con pastizal ($K_v = 0.18$), y una pendiente promedio para zona boscosa ($K_p = 0.10$)

$$K_{fc} = 0,267 \ln(150) - 0,000154(150) - 0,723$$

$$K_{fc} = 0.59$$

$$C_i = 0.1 + 18 + 0.59$$

$$C_i = 0.57$$

b) Cálculo de retención de lluvia mensual interceptada por el follaje

P (mm)	Cfo (adimensional)	Ret= (P) (Cfo) (mm)
29.55	0.12	5.00
12.32	0.12	5.00
9.29	0.12	5.00
20.77	0.12	5.00
152.1	0.12	18.25
251.87	0.12	30.22
216.69	0.12	26.00
204.95	0.12	24.59
208.34	0.12	25.00
190.64	0.12	22.88
75.15	0.12	9.02
29.46	0.12	5.00

Tabla 22: Resumen de cálculo de retención de lluvia mensual interceptada por el follaje.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

c) Infiltración pluvial mensual

Ci (adimensional)	P (mm)	Ret (mm)	Pi= (Ci)(P-Ret)
0.87	29.55	5.00	21.35
0.87	12.32	5.00	6.36
0.87	9.29	5.00	3.73
0.87	20.77	5.00	13.71
0.87	152.1	18.25	116.44
0.87	251.87	30.22	192.83
0.87	216.69	26.00	165.90
0.87	204.95	24.59	156.91
0.87	208.34	25.00	159.51
0.87	190.64	22.88	145.95
0.87	75.15	9.02	57.53
0.87	29.46	5.00	21.28

Tabla 23: Resumen de cálculo de infiltración pluvial mensual.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

3.4.4. Estimación de la Evapotranspiración real (EPR)

a) Cálculo de la evapotranspiración potencial

❖ Cálculo de la constante ka para estación HMO, latitud 12°28'12"

Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.
10°	1	10°	0.91	10°	1.03	10°	1.03	10°	1.08	10°	1.06
12°28'12"	X=0.9876	12°28'12"	X=0.9075	12°28'12"	X=1.03	12°28'12"	X=1.0349	12°28'12"	X=1.0924	12°28'12"	X=1.0724
20°	0.95	20°	0.9	20°	1.03	20°	1.05	20°	1.13	20°	1.11
Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.	Lat.	Ka.
10°	1.08	10°	1.07	10°	1.02	10°	1.02	10°	0.98	10°	0.99
12°28'12"	X=1.0948	12°28'12"	X=1.0799	12°28'12"	X=1.02	12°28'12"	X=1.0151	12°28'12"	X=0.9677	12°28'12"	X=0.9702
20°	1.14	20°	1.11	20°	1.02	20°	1	20°	0.93	20°	0.91

Tabla 24: Resumen de cálculo de la constante ka.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ Cálculo de la constante I

El resumen de cálculo se muestra en la siguiente tabla:

Mes	Temperatura	$I_j = \left(\frac{T_j}{5}\right)^{1.514}$
Enero	23.3	10.279
Febrero	24.2	10.886
Marzo	26	12.135
Abril	27.2	12.993
Mayo	27.1	12.920
Junio	25.2	11.574
Julio	24.5	11.091
Agosto	24.7	11.228
Septiembre	24.6	11.159
Octubre	24.7	11.228
Noviembre	24.3	10.954
Diciembre	23.5	10.413
$I = \sum_{i=1}^{12} I_j$		136.858

Tabla 25: Resumen de cálculo de la constante I.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ Cálculo de la constante a

$$a = 0.49239 + 1792 \times 10^{-5}(I) - 771 \times 10^{-7}(I^2) + 675 \times 10^{-9}(I^3)$$

$$a = 3.2311$$

❖ Cálculo de la evapotranspiración potencial (EPT)

Meses	Temp. media T (°C)	Valor ka	Valor I	$ETPj = 1.6ka \left(\frac{10Ti}{I}\right)^a * 10 (mm)$
Enero	23.3	0.988	136.858	88.177
Febrero	24.2	0.908	136.858	91.580
Marzo	26	1.030	136.858	131.059
Abril	27.2	1.035	136.858	152.350
Mayo	27.1	1.092	136.858	158.912
Junio	25.2	1.072	136.858	123.347
Julio	24.5	1.095	136.858	114.968
Agosto	24.7	1.080	136.858	116.422
Septiembre	24.6	1.020	136.858	108.532
Octubre	24.7	1.015	136.858	109.436
Noviembre	24.3	0.968	136.858	98.965
Diciembre	23.5	0.970	136.858	89.049

Tabla 26: Resumen de cálculo de la evapotranspiración potencial.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

b) Cálculo de coeficientes de humedad al inicio del mes (C1)

Considerando un suelo con textura franco arcilloso, de la tabla 3, se extraen los siguientes parámetros:

Por peso				
fc (mm/d):	150		(%)	(mm)
I (%):	0.58	CC	27	135
DS (g/cm ³):	1.3	PM	16	80
PR (mm):	500	RAD	13	55

fc: Capacidad de Infiltración

I: Infiltración.

PR: Profundidad de Raíces.

RAD (CC-PM): Rango de Agua Disponib

DS: Densidad de Suelo.

Tabla 27: Propiedades de los suelos franco arcilloso.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

HSi (mm)	PM (mm)	Pi (mm)	CC (mm)	$C1 = (HSi - PM + Pi) / (CC - PM)$ adimensional
85	80	21.36	135	0.48
85	80	6.37	135	0.21
85	80	3.73	135	0.10
85	80	13.72	135	0.25
85	80	116.45	135	1.00
85	80	192.83	135	1.00
85	80	165.90	135	1.00
85	80	156.91	135	1.00
85	80	159.51	135	1.00
85	80	145.95	135	1.00
85	80	57.53	135	1.00
85	80	21.28	135	1.00

Tabla 28: Resumen de cálculo coeficientes de humedad al final del mes (C1).
Fuente: Elaboración propia. (2015).

c) Evapotranspiración real (ETR1)

C1 (adimensional)	ETPj (mm)	ETR1= c1*ETPj
0.48	88.177	42.26
0.21	91.580	19.31
0.10	131.059	13.52
0.25	152.350	38.00
1.00	158.912	158.91
1.00	123.347	123.35
1.00	114.968	114.97
1.00	116.422	116.42
1.00	108.532	108.53
1.00	109.436	109.44
1.00	98.965	98.96
1.00	89.049	89.05

Tabla 29: Resumen de cálculo de la evapotranspiración real ETR1.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

d) Calculo de coeficientes de humedad al final del mes (C2)

HSi (mm)	PM (mm)	Pi (mm)	ETPj (mm)	CC (mm)	C2 = (HSi - PM + Pi - ETRj) / (CC-PM)
85	80	21.35	88.177	135	0
85	80	6.36	91.580	135	0
85	80	3.73	131.059	135	0
85	80	13.71	152.350	135	0
85	80	116.44	158.912	135	0
85	80	192.83	123.347	135	1
85	80	165.90	114.968	135	1
85	80	156.91	116.422	135	1
85	80	159.51	108.532	135	1
85	80	145.95	109.436	135	1
85	80	57.53	98.965	135	0.25
85	80	21.28	89.049	135	0

Tabla 30: Resumen de cálculo coeficientes de humedad al final del mes (C2).
Fuente: Elaboración propia. (2015).

e) Calculo de la evapotranspiración real (ETR)

C1	C2	P	ETPR = ((C1+C2)/2) ETP (mm/mes)
0.48	0	29.55	21.13
0.21	0	12.32	9.66
0.10	0	9.29	5.67
0.25	0	20.77	13.72
1.00	0	152.1	79.46
1.00	1	251.87	123.35
1.00	1	216.69	114.97
1.00	1	204.95	116.42
1.00	1	208.34	108.53
1.00	1	190.64	109.44
1.00	0.25	75.15	61.69
1.00	0	29.46	44.52

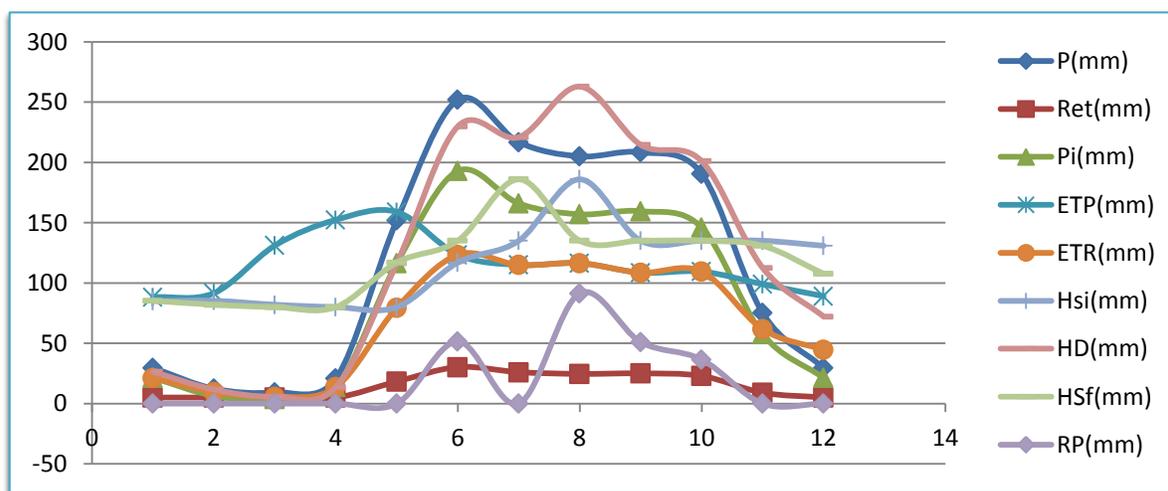
Tabla 31: Resumen de cálculo de la evapotranspiración real.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

3.4.5. Evaluación de la recarga del acuífero

Parámetro	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
P(mm)	29.55	12.32	9.29	20.77	152.1	251.87	216.69	204.95	208.34	190.64	75.15	29.46	1401.13
Ret(mm)	5.00	5.00	5.00	5.00	18.25	30.22	26.00	24.59	25.00	22.88	9.02	5.00	180.97
Pi(mm)	21.36	6.37	3.73	13.72	116.45	192.83	165.90	156.91	159.51	145.95	57.53	21.28	1061.54
ETP(mm)	88.18	91.58	131.06	152.35	158.91	123.35	114.97	116.42	108.53	109.44	98.96	89.05	1382.80
ETR(mm)	21.13	9.66	5.67	13.72	79.46	123.35	114.97	116.42	108.53	109.44	61.69	44.52	808.56
Hsi(mm)	85.00	85.23	81.94	80.00	80.00	116.99	135.00	185.93	135.00	135.00	135.00	130.84	1385.94
HD(mm)	26.36	11.60	5.67	13.72	116.45	229.82	220.90	262.84	214.51	200.95	112.53	72.12	1487.48
HSf(mm)	85.23	81.94	80.00	80.00	116.99	135.00	185.93	135.00	135.00	135.00	130.84	107.60	1408.54
RP(mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.48	0.00	91.42	50.97	36.52	0.00	0.00	230.38
%RP													16.44

P: Precipitación Media Mensual.
 Ret: Retención de lluvia en el follaje.
 Pi: Precipitación que Infiltra.
 ETP: Evapotranspiración Potencial.
 ETR: Evapotranspiración Real.
 HSi: Humedad del suelo inicial (inicio de mes).
 HD: Humedad disponible.
 HSf: Humedad del suelo final (final de mes).
 Rp: Recarga Potencial.

Tabla 32: Resumen de cálculo de la recarga del acuífero.
 Fuente: Elaboración propia. (2015).



Gráfica 15: Recarga vs precipitaciones.
 Fuente: Elaboración propia. (2015).

Se obtuvo un porcentaje de recarga del 16.44% de la precipitación con potencial de infiltración.

CAPITULO III

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



CAPITULO IV: LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

3.1. Trabajo de campo

La metodología para la realización del levantamiento topográfico, se llevó acabo aplicando las recomendaciones brindadas por FISE a través del documento "Manual de Administración del Ciclo de Proyecto Municipal (MACPM) - Capitulo VII: Agua y Saneamiento Rural", sin embargo debido a las limitaciones, particularmente en equipos, algunos procedimientos debieron ser adaptados a las condiciones de trabajo. A falta de un equipo óptico-digital o electrónico de precisión (teodolito o estación total), la principal herramienta para el levantamiento de puntos fue un GPS de mano marca GARMIN, modelo 12XL, con un error de 0.5 - 2 metros. El equipo restante consistía en una cinta métrica de 50 m, cámara fotográfica y una libreta de apuntes.

Debido a que un levantamiento topográfico conlleva dos componentes, la planimetría y la altimetría, este se realizó en tres etapas. El procedimiento seguido se describe a continuación.

3.1.1. Primera etapa: Reconocimiento

El reconocimiento de campo, tuvo como objetivo recabar información, principalmente visual sobre algunas características de interés. Durante esta etapa se llevaron a cabo las siguientes actividades de reconocimiento:

- Reconocimiento de la infraestructura pública, en especial la vial.
- Reconocimiento general de las características ambientales de la zona.
- Reconocimiento general de las características hidrológicas de la zona.
- Identificación de zonas inundables.
- Identificación de accidentes topográficos.
- Identificación de posibles zonas con amenaza de derrumbes o deslizamientos.
- Identificación de posibles predios para el depósito.
- Reconocimiento general de las características del suelo, principalmente en los posibles predios para el depósito.
- Identificación de posibles rutas para la línea de conducción.

3.1.2. Segunda etapa: Planimetría de detalles

La segunda etapa tuvo como objetivo el levantamiento de detalles, de tal manera que permitiese la localización en plano de la infraestructura pública y privada, accidentes topográficos, puntos críticos y establecimiento de colindancias entre el terreno comunal y privado.

Esta etapa comprendió los siguientes aspectos:

- Localización de viviendas, escuela y edificios públicos y privados en general, esto por medio del levantamiento de las esquinas de las estructuras.
- Levantamiento de la infraestructura vial, calles y caminos dentro del núcleo poblacional, mediante la marcación de puntos a lo largo de la calzada, al centro y a los dos lados de esta, con estacionamientos de 20m, prestando el suficiente detalle a las intersecciones.
- Levantamiento de accidentes en el terreno: cauces naturales, depresiones y quebradas. Se levantó una cantidad de puntos tal que permitieran presentar el relieve con el suficiente detalle.

Con esta información se elaboró el croquis de la comunidad y de esta manera facilitar la localización de nodos, trazado de la red de distribución y selección de la ruta de la línea de conducción.

3.1.3. Tercera etapa: Altiplanimetría

Correspondiente al replante y levantamiento altimétrico de los nodos y línea de tubería de conducción, además de la altiplanimetría del predio del tanque.

El procedimiento seguido se describe a continuación:

- **Fuente**

Se marcó la elevación del terreno y coordenadas de todos los pozos, teniendo especial atención en el pozo de interés, donde fue necesario el marcar en varias ocasiones para promediar los resultados y así tener un dato más preciso.

- **Predio del tanque**

La ubicación del tanque es de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema, debe estar lo suficientemente elevado sobre la comunidad para que el

agua llegue con suficiente presión al consumidor ubicado en lugares lejanos y de altura similar al tanque.

El levantamiento del terreno del tanque de almacenamiento conllevó primeramente la identificación del predio más favorable en base a los criterios de elevación, accesibilidad y estabilidad del suelo de emplazamiento. El levantamiento se llevó a cabo en cuadrículas de 5m, en un área de 25x25m.

- **Línea de conducción**

Luego de la identificación de la ruta más favorable a partir del reconocimiento de campo, se realizó el levantamiento de puntos iniciando en el lugar de la captación hasta llegar al sitio de emplazamiento del tanque, con estacionamientos de 20m, además se marcaron los puntos más altos. Con relación a la ruta se seleccionó la opción más favorable en cuanto a pendiente y accidentes topográficos.

- **Red de distribución**

El levantamiento conllevó primeramente la identificación de los nodos para el respectivo marcaje de puntos, cada nodo debió ser marcado en varias ocasiones para promediar los resultados y así obtener datos más precisos.

3.2. Procesado de la información

La información alti-planimétrica resultado del levantamiento de puntos fue procesada con la ayuda del programa CIVIL 3D, con el que se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Modelación de la superficie en tres dimensiones.
- Elaboración de planos de detalle en planta, para localización de infraestructura pública vial, edificios públicos, viviendas, accidentes topográficos, entre otros.
- Elaboración de planos topográficos.
- Poligonal del predio del tanque.
- Construcción de perfiles longitudinales.

DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA



CAPITULO V: DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

5.1. Selección del nivel de servicio

En la sección (1.8.5.) se abordaron algunos criterios normados para la selección del nivel de servicio (tomas públicas o conexiones domiciliarias) en un SAAP.

La adopción de tomas públicas responde a criterios menos exigentes, pues representa el nivel básico de un miniacueducto rural, con criterios particularmente técnicos, sin embargo los criterios para la adopción de un sistema con tomas domiciliarias son más exigentes, pues responden a condiciones sociales y técnicas específicas para ser considerado.

Condiciones sociales	Condiciones técnicas
Deberá realizarse un estudio para determinar las posibilidades económicas de la comunidad para construir el sistema.	Se deberá realizar un estudio de factibilidad en el sistema particularmente de la capacidad de la fuente, debido a que la dotación se incrementa comparado con los puestos públicos
Deberá realizarse una campaña educativa a la comunidad en cuanto al uso y ahorro del agua y protección del sistema, ya que cada llave quedará dentro de cada vivienda.	La comunidad deberá aportar parte de la tubería a utilizarse en las tomas domiciliarias. La conexión domiciliar llegará hasta el lindero de la propiedad, a partir de ahí la conexión correrá por cuenta del propietario.

Tabla 33: Condiciones sociales y técnicas para la adopción de tomas domiciliarias.

Fuente: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, INAA. (2001). Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99. Managua, Nicaragua.

De conformidad con lo estipulado por norma, la selección del nivel de servicio adoptó los siguientes criterios: la capacidad de la fuente, el impacto generado en la calidad de vida de la población y la expectativa generada en los mismos, además de la valoración de la capacidad económica de las familias para cubrir los gastos del sistema, esto último particularmente para la alternativa de tomas domiciliarias, pues las tomas públicas no implica costos de instalación para los usuarios, por lo que no representa un criterio en común para ambas alternativas.

5.1.1. Análisis cualitativo del nivel de servicio

Criterio	Alternativa 1: Conexiones domiciliarias	Alternativa 2: Tomas públicas
Capacidad de la fuente	MEDIA	ALTA
Impacto generado	ALTO	MEDIO
Expectativa generada en la población	ALTO	BAJO

Tabla 34: Análisis cualitativo del nivel de servicio.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ Análisis de la capacidad de la fuente

Para el análisis cualitativo de la capacidad de la fuente, se considera lo siguiente:

Rendimiento	Conexiones domiciliarias	Tomas publicas
Bajo	Menos de 50 gpm	Menos de 30 gpm
Medio	50-80 gpm	30-50 gpm
Alto	Más de 80 gpm	Más de 50 gpm

Tabla 35: Valores de referencia para el análisis cualitativo de la capacidad de la fuente.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

Los valores de referencia adoptados se basan en la demanda de agua para este sistema en particular, para ser contrastados con el rendimiento del pozo N° 1 (80 gpm).

❖ Impacto generado

Para el análisis del impacto que podría generar cada sistema en la calidad de vida de la población, se consideraron tres alternativas cualitativas: bajo impacto, mediano impacto y alto impacto. Desde todo punto de vista el sistema por conexiones domiciliarias ofrece mayores posibilidades de mejorar las costumbres de higiene y salubridad en la población.

❖ Análisis de la expectativa de la población

Para el análisis cualitativo de la expectativa generada por cada sistema en la población, se consideró lo siguiente:

Baja expectativa: Menos del 40%.

Mediana expectativa: 40-70%.

Alta expectativa: Más de 71-100%.

La valoración se realizó haciendo uso de los resultados obtenidos del análisis comparativo realizado en la sección (2.4.3.f) entre las conexiones domiciliarias y las tomas públicas, en cuanto a las expectativas de la población, donde se encontró que el 96% presenta afinidad hacia un sistema con conexiones domiciliarias y solamente un 4% tiende a conformarse con un sistema con tomas públicas. Sumado a esto se encontró que la población espera una mejora en la cantidad y la calidad del agua suministrada, condición que solamente podría mejorar a través de un sistema con conexiones domiciliarias.

5.1.2. Análisis cuantitativo del nivel de servicio

Criterio	Coeficiente	Alternativa 1:		Alternativa 2:	
		Conexiones domiciliarias		Tomas públicas	
Capacidad de la fuente	5	2	10	3	15
Impacto generado	3	3	9	2	6
Expectativa generada en la población	3	3	9	1	3
Total			28		24

Tabla 36: Análisis cuantitativo del nivel de servicio.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

Capacidad de la fuente: bajo (1), medio (2), alto (3).

Impacto generado: bajo (1), medio (2), alto (3).

Expectativa de la población: bajo (1), medio (2), alto (3).

El análisis comparativo entre los dos niveles de servicio, bajo los criterios adoptados, demuestra la factibilidad del sistema por conexiones domiciliarias, esto sin exponer la fuente de abastecimiento, ni causar descontento social.

La valoración de la capacidad económica de las familias para cubrir los costos que implica un sistema por conexiones domiciliarias se realizó en la sección (2.6.5.), donde se encontró que la población presenta un ingreso familiar promedio de C\$ 1907 (Un mil novecientos siete córdobas), para una capacidad de pago mensual por familia (considerando el 3% del ingreso mensual para pago del servicio de agua potable) de C\$ 60 (sesenta córdobas); cantidad suficiente para cubrir los costos de instalación de las tomas de patio y la cuota mensual para operación y mantenimiento del sistema.

Ceba mencionar que existe la posibilidad de que la tubería y accesorios a utilizarse en las tomas de patio sea cubierto por el organismo promotor del proyecto, en cuyo caso el gasto de la población se limitaría al pago del servicio.

5.2. Selección de la dotación

El gasto de agua en los poblados rurales mantiene una estrecha relación con sus características socioeconómicas y culturales, hábitos de higiene y salubridad.

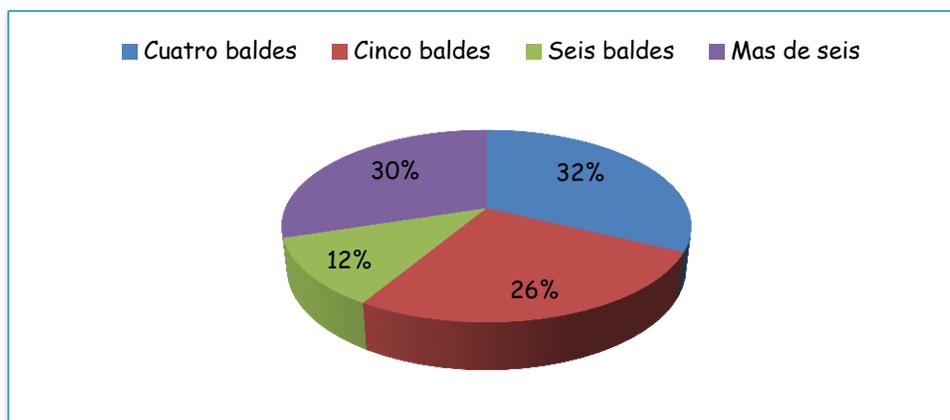
La selección de la dotación incluyó además del análisis y determinación de la demanda de agua para actividades domésticas, un análisis particular de consumos especiales tales como el consumo de agua de animales y el consumo para actividades de comercio a pequeña escala, con la finalidad de definir de manera más realista la demanda de agua de la que será objeto la fuente seleccionada.

La información necesaria para caracterizar la demanda se obtuvo de la aplicación y procesamiento de la "Encuesta para el diagnóstico de la condición del servicio" (ver anexos).

5.2.1. Análisis de la demanda de agua para actividades domésticas

La demanda de agua para actividades domésticas la comprende el agua para bebida, agua para la preparación de alimentos y agua para higiene personal y habitacional.

El proceso de encuestado reflejó que el 70% de la población utiliza en promedio de cuatro a seis baldes de agua al día para estas actividades (ver gráfica 16).



Gráfica 16: Gasto de agua por familiar para actividades domésticas.
Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta para el diagnóstico de la condición del servicio.

Si se consideran 6 baldes como la cantidad máxima de agua utilizada por familia al día, se obtiene el siguiente consumo aproximado:

Consumo por familia por día= 6 baldes * 6 galones/balde= 36 galones
Consumo por persona por día= 36 galones/5 personas= 7.2 galones≈ 27 litros

Desde la perspectiva de la salud y la higiene, la OMS (2006) establece 20 lppd como el mínimo básico de suministro de agua para la protección de la salud, de los cuales 7.5 litros son requeridos para bebida y preparación de alimentos.¹⁶ Con esta referencia se hace evidente que la población presenta un gasto por encima del mínimo requerido para suplir sus necesidades básicas, pero dentro de los límites estimados por el INAA para los sistemas de pozos perforados (20 a 30 lppd).

No obstante, este consumo aproximado está condicionado por el nivel de servicio actual y en las actuales condiciones de vida de la población, una mejora en el nivel de servicio implicaría un aumento significativo en el gasto de agua.

5.2.2. Análisis de consumos especiales

❖ Análisis de la demanda de agua de los animales

En la zona rural, donde es común la crianza de animales para consumo propio (gallinas y cerdos) y la utilización de animales de carga para los trabajos pesados (caballos, burros), resulta necesaria durante la formulación del proyecto, prever la posibilidad de que la población haga uso del agua del sistema para saciar la sed de los animales. Para valorar la demanda de animales, se debe determinar el número de animales por vivienda y las especies a las que pertenecen, haciendo uso de los valores de referencia, en cuanto a dotación de agua, establecidos por la OMS (2006) para distintos animales.¹⁷

Dentro de esta sección únicamente se consideran a los pequeños y medianos animales de crianza y animales domésticos, puesto que únicamente estos podrían abastecerse del sistema, en vista de que el ganado se abastece de agua en las quebradas o a través de pozos escavados a mano.

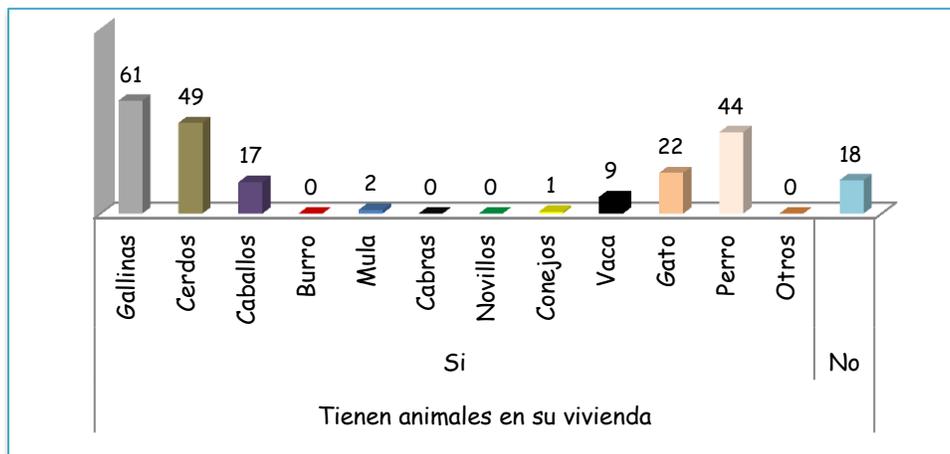
De las 91 familias encuestadas, 73 de ellas tiene animales en sus viviendas (80%), en su mayoría animales pequeños como gallinas, gatos y perros (ver gráfica 17).

Las gallinas son los animales predominantes, sin embargo el número de ejemplares por familia generalmente no excede los 5, por ser criados para

¹⁶ OMS. (2006). *Iniciativa PHAST: Transformación participativa para la higiene y el saneamiento*. Ginebra.

¹⁷ Ídem 16.

consumo propio y no para ser comercializados. Los animales de mayor tamaño como cerdos, caballos y vacas lecheras, en su mayoría no exceden de un solo ejemplar por familia.



Gráfica 17: Animales predominantes en las viviendas.

Fuente: Elaboración propia. (2014). Encuesta para el diagnóstico de la condición del servicio.

Ante el predominio de los animales domésticos y pequeños animales de crianza, se hace evidente que la demanda de agua de animales resulta poco significativa para ser considerada un consumo adicional.

❖ Análisis de la demanda de agua para actividades de comercio a pequeña escala

Las actividades de sustento a pequeña escala suelen jugar un importante rol en el estilo de vida de las comunidades rurales, pues representan una buena opción para garantizar el sustento diario. Generalmente estos negocios se limitan a pequeñas pulperías, pequeñas panaderías, venta de frutas, verduras y de animales (principalmente gallinas), por tanto puede resultar necesario el identificar y caracterizar la demanda de agua para estas actividades.

Durante la visita de campo se constató que el comercio local es escaso, los negocios caseros se limitan a cuatro pequeñas pulperías, las que consumen (según el proceso de encuestado) un promedio de 8 baldes de agua al día para suplir las necesidades propias del negocio.

Esta situación refleja que la noción de las microempresas no juega un rol significativo en el estilo de vida de la población local, por consiguiente el consumo de agua para estas actividades también resulta poco relevante como para ser

considerado como consumo adicional para la estimación de la dotación de servicio para el sistema propuesto.

5.2.3. Dotación de agua para el sistema propuesto

El sistema propuesto es un Miniacueducto por Bombeo Eléctrico, que servirá a la población a través de conexiones domiciliarias de patio, para el cual la norma rural establece (sección 3.1.) "La dotación de agua para un sistema por medio de conexiones domiciliarias deberá estar entre los 50 a 60 lppd", sin embargo el FISE recomienda proyectar con una dotación de 20 gppd, similar a lo estipulado en la norma urbana para núcleos poblacionales de hasta 5000 habitantes, con la finalidad de compensar aquellos volúmenes de agua tradicionalmente no considerados en el sector rural.

En base a esta última sugerencia, el sistema fue diseñado para una dotación de 20 gppd, esto para compensar cualquier volumen de agua no considerado o fuera de lo previsto y al mismo tiempo para incluir la demanda de agua de animales (domésticos y de crianza) y el comercio casero, pero sin ser considerados como consumos adicionales, por lo pequeño que resultan.

5.3. Estimación de la población de diseño

5.3.1. Tasa de crecimiento geométrico

Las estadísticas censales utilizadas para proyectar la población de la comunidad al año de diseño proceden de los datos oficiales de la alcaldía municipal de Teustepe y del censo nacional realizado en el año 2005.

Año	Población (habitantes)	Fuente
2005	381	INIDE
2014	495	Alcaldía municipal de Teustepe

Tabla 37: Estadísticas censales.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

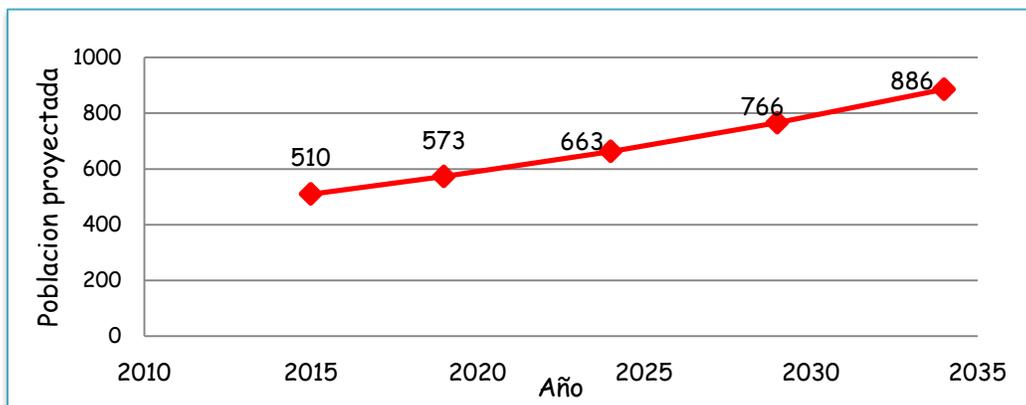
La tasa de crecimiento geométrico fue calculada a partir de la ecuación 17, tomando como referencia la población de los años 2005 y 2014, dando como resultado un crecimiento poblacional del 2.95%. Según estadísticas del INIDE, las tasas de crecimiento geométrico del municipio de Teustepe y del departamento de Boaco para el periodo 1995-2005 fueron de 2.12% y 2.90% respectivamente, por tanto la tasa calculada responde al crecimiento poblacional experimentado en Boaco estos últimos años.

5.3.2. Proyección de población

La población para el periodo de diseño fue proyectada utilizando el método geométrico (ecuación 16), para un periodo de 20 años, a partir del año 2015, con un tasa de crecimiento geométrica de 2.95% y utilizando el censo del año 2014 como población base. El resumen de los cálculos se muestra en la siguiente tabla.

Año proyectado	2005	2014	Kg (2005-14)	Kg útil	Población proyectada
2015	381	495	2.95	2.95	510
2016	381	495	2.95	2.95	525
2017	381	495	2.95	2.95	541
2018	381	495	2.95	2.95	556
2019	381	495	2.95	2.95	573
2020	381	495	2.95	2.95	590
2021	381	495	2.95	2.95	608
2022	381	495	2.95	2.95	625
2023	381	495	2.95	2.95	644
2024	381	495	2.95	2.95	663
2025	381	495	2.95	2.95	683
2026	381	495	2.95	2.95	702
2027	381	495	2.95	2.95	723
2028	381	495	2.95	2.95	745
2029	381	495	2.95	2.95	767
2030	381	495	2.95	2.95	789
2031	381	495	2.95	2.95	812
2032	381	495	2.95	2.95	837
2033	381	495	2.95	2.95	862
2034	381	495	2.95	2.95	886

Tabla 38: Resumen de cálculo de la proyección de población.
Fuente: Elaboración propia. (2015).



Gráfica 18: Crecimiento poblacional dentro del periodo de diseño.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

5.4. Estimación del caudal de diseño

Al descartar la necesidad de incorporar consumos adicionales, la estimación del consumo de agua para el periodo de diseño únicamente considera, según lo establecido por norma, el volumen de agua por posibles pérdidas en el sistema.

Aplicando las ecuaciones 20 y 21 de la sección (1.8.9.b), se obtienen los siguientes resultados:

Año	Población	Dotación		Consumo Promedio Diario (CPD)		Perdidas en el sistema (20%CPD)	CPDT	CMD= 150%CPDT	CMH= 250%CPDT
		gppd	lppd	gpd	lps				
2015	510	20	75	10200	0.443	0.089	0.531	0.800	1.330
2016	525	20	75	10500	0.456	0.091	0.547	0.820	1.370
2017	541	20	75	10820	0.470	0.094	0.564	0.850	1.410
2018	556	20	75	11120	0.483	0.097	0.579	0.870	1.450
2019	573	20	75	11460	0.497	0.099	0.597	0.900	1.490
2020	590	20	75	11800	0.512	0.102	0.615	0.920	1.540
2021	608	20	75	12160	0.528	0.106	0.633	0.950	1.580
2022	625	20	75	12500	0.543	0.109	0.651	0.980	1.630
2023	644	20	75	12880	0.559	0.112	0.671	1.010	1.680
2024	663	20	75	13260	0.576	0.115	0.691	1.040	1.730
2025	683	20	75	13660	0.593	0.119	0.711	1.070	1.780
2026	702	20	75	14040	0.609	0.122	0.731	1.100	1.830
2027	723	20	75	14460	0.628	0.126	0.753	1.130	1.880
2028	745	20	75	14900	0.647	0.129	0.776	1.160	1.940
2029	767	20	75	15340	0.666	0.133	0.799	1.200	2.000
2030	789	20	75	15780	0.685	0.137	0.822	1.230	2.050
2031	812	20	75	16240	0.705	0.141	0.846	1.270	2.110
2032	837	20	75	16740	0.727	0.145	0.872	1.310	2.180
2033	862	20	75	17240	0.748	0.150	0.898	1.350	2.240
2034	886	20	75	17720	0.769	0.154	0.923	1.380	2.310

Tabla 39: Resumen de cálculo del caudal de diseño.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

5.5. Determinación de los caudales nodales

Los caudales nodales para el análisis del modelo hidráulico de la red de distribución fueron calculados a través del método de la longitud unitaria. Se calculó el caudal unitario para determinar el caudal en cada tramo y posteriormente realizar la repartición de caudales.

5.5.1. Cálculo del caudal unitario

El caudal por unidad de longitud de tubería se determinó a partir de la ecuación 19, dividiendo el caudal máximo horario entre la longitud total efectiva de la red.

$$q = \frac{2.31 \text{ lt/s}}{2258.1 \text{ m}} = 0.000902 \frac{\text{lt}}{\text{s}} / \text{m}$$

La longitud efectiva de tubería se compone únicamente de aquellas tuberías donde se considera habrá extracción de caudal, por consiguiente se incluyó la longitud total de la red exceptuando únicamente los cruces por las quebradas, sitios en donde no es posible la extracción de caudal. De esta manera se logra un leve incremento de caudal en aquellas tuberías en donde efectivamente habrá extracción.

Para obtener el caudal en cada tramo de tubería, se multiplicó el caudal unitario por la longitud del tramo correspondiente.

Tubería	Longitud	Caudal por tubería	Tubería	Longitud	Caudal por tubería	Tubería	Longitud	Caudal por tubería
1	44.54	0.040	22	19.67	0.018	42	5.901	0.005
2	42.55	0.038	23	76.5	0.069	43	39.56	0.036
3	61.76	0.056	24	45.89	0.041	44	35.79	0.032
4	63.16	0.057	25	59.91	0.054	45	14.77	0.013
5	53.05	0.048	26	27.72	0.025	46	27.17	0.025
6	42.04	0.038	27	43.43	0.039	47	50.83	0.046
7	97.26	0.088	28	57.88	0.052	48	27.57	0.025
8	35.39	0.032	29	49.46	0.045	49	44.81	0.040
9	1.8	0.000	30	29.01	0.026	50	79.53	0.072
10	9.49	0.000	31	41.56	0.037	51	41.11	0.037
11	1.8	0.000	32	20.07	0.018	52	48.96	0.044
12	43	0.039	33	14.42	0.013	53	60.51	0.055
13	39.92	0.036	34	23.32	0.021	54	52.67	0.047
14	42.93	0.039	35	63.05	0.057	55	63.77	0.058
15	1.8	0.000	36	40.65	0.037	56	30.74	0.028
16	14.27	0.000	37	35.86	0.032	57	46.46	0.042
17	1.8	0.000	38	14.49	0.013	58	39.44	0.036
18	40.2	0.036	39	63.13	0.057	59	83.79	0.076
19	21.72	0.020	40	73.49	0.066	60	80.11	0.072
20	78.37	0.071	41	19.59	0.018	61	77.29	0.070
21	82.34	0.074						

Tabla 40: Caudal por tramo de tubería.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

5.5.2. Repartición de caudales

Los caudales nodales resultaron de la repartición en partes iguales de los caudales por tramo, el caudal en un nodal es la suma de los caudales medios de los tramos adyacentes.

ID Nodo	Tuberías adyacentes	Caudal nodal (lps)	ID Nodo	Tuberías adyacentes	Caudal nodal (lps)
Nodo 1	1, 30 y 47	0.06	Nodo 32	31 y 32	0.03
Nodo 2	1 y 2	0.04	Nodo 33	32, 33 y 38	0.02
Nodo 3	2 y 3	0.05	Nodo 34	33 y 34	0.02
Nodo 4	3 y 4	0.06	Nodo 35	34 y 35	0.04
Nodo 5	4 y 5	0.05	Nodo 36	35 y 36	0.05
Nodo 6	5, 6 y 28	0.07	Nodo 37	36 y 37	0.04
Nodo 7	6 y 7	0.06	Nodo 38	37	0.02
Nodo 8	7 y 8	0.06	Nodo 39	38 y 39	0.04
Nodo 9	8 y 9	0.02	Nodo 40	39 y 40	0.05
Nodo 10	9 y 10	0	Nodo 41	40	0.04
Nodo 11	10 y 11	0	Nodo 42	41 y 42	0.01
Nodo 12	11 y 12	0.02	Nodo 43	42 y 43	0.02
Nodo 13	12 y 13	0.04	Nodo 44	43 y 44	0.03
Nodo 14	13 y 14	0.04	Nodo 45	44 y 45	0.03
Nodo 15	14 y 15	0.02	Nodo 46	45 y 46	0.02
Nodo 16	15 y 16	0	Nodo 47	46, 48 y 49	0.05
Nodo 17	16 y 17	0	Nodo 48	47 y 48	0.04
Nodo 18	17 y 18	0.02	Nodo 49	49 y 50	0.06
Nodo 19	18 y 19	0.03	Nodo 50	50 y 51	0.05
Nodo 20	19 y 20	0.05	Nodo 51	51 y 52	0.05
Nodo 21	20 y 21	0.07	Nodo 52	52, 53 y 57	0.06
Nodo 22	21 y 22	0.05	Nodo 53	53 y 54	0.06
Nodo 23	22 y 23	0.04	Nodo 54	54 y 55	0.05
Nodo 24	23 y 24	0.05	Nodo 55	55 y 56	0.04
Nodo 25	24 y 25	0.05	Nodo 56	56	0.01
Nodo 26	25 y 26	0.04	Nodo 57	57 y 58	0.04
Nodo 27	26 y 27	0.03	Nodo 58	58 y 59	0.06
Nodo 28	27	0.02	Nodo 59	59 y 60	0.08
Nodo 29	28 y 29	0.05	Nodo 60	60 y 61	0.07
Nodo 30	29	0.02	Nodo 61	61	0.03
Nodo 31	30, 31 y 41	0.04			

Tabla 41: Caudales nodales.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

5.6. Análisis de la fuente de abastecimiento

5.6.1. Información general de la fuente

De acuerdo a la información facilitada por la alcaldía municipal de Teustepe, las características de la estructura son las siguientes:

Concepto	Medida	Unidad
Delantal de concreto		
Diámetro de perforación	12	Pulgadas
Diámetro de revestimiento (encamisado)	6	Pulgadas
Profundidad nominal	250	Pies
Tubería ciega PVC 6"	150	Pies
Tubería ranurada PVC 6"	100	Pies
Sello sanitario	30	Pies

Tabla 42: Características estructurales del pozo n°1.
Fuente: Alcaldía municipal de Teustepe. (2014).

5.6.2. Potencial y caudal explotable

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 para garantizar su durabilidad.

En este caso en particular se debe considerar que el cambio en el nivel de servicio que será ofrecido a la población representa un mayor esfuerzo para la fuente, ya que el pozo que anteriormente abastecía únicamente a un puesto público donde el agua era bombeada manualmente (dotación normada entre los 20 a 30 lppd), pasa a ser la fuente explotada por un sistema de abastecimiento a través de conexiones domiciliarias con una dotación de 20 gppd, por lo tanto se debe verificar que el rendimiento potencial del pozo sea el suficiente para dotar de agua al nuevo sistema.

La sección (5.3.3.) de la NTON 09001-99 establece como uno de los principales criterios de aceptación de una fuente para un MABE, que el caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo promedio diario (CPD).

El pozo n°1 experimenta un rendimiento de 80 gpm, por tanto:

CPD	12.2	gpm
1.5 CPD	18.29	gpm
Rendimiento aproximado	80	gpm

Debido a que el rendimiento del pozo (80 gpm) es mayor a 1.5 CPD (18.29 gpm), este presenta el potencial suficiente para abastecer la demanda del sistema propuesto, a su vez este resultado indica que el grado de explotación de la fuente entrado en funcionamiento el proyecto será mínimo, lo que garantiza la durabilidad de la misma y un suministro de agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población.

5.7. Diseño hidráulico del equipo de bombeo

Se contempla el diseño de un único equipo de bombeo dimensionado en base al caudal de diseño para los 20 años, el equipo deberá ser reemplazado luego del primer periodo de 10 años, por otro equipo de iguales especificaciones que el primero.

La falta de información disponible sobre las características y comportamiento del pozo n°1, obligó a asumir bajo consideración algunos de estos valores. La alcaldía municipal de Teustepe únicamente conoce el dato correspondiente al nivel estático de los 4 pozos de la comunidad.

El abatimiento por bombeo es un dato asumido en base al comportamiento mostrado por el pozo de la comarca El coyol durante las pruebas de rendimiento realizadas por la Asociación Fénix. El coyol es una comunidad vecina a Cerro de piedra y que presenta características similares en cuanto a extensión, población, características hidrológicas en general (también es cruzada por una quebrada), ocupación de suelos, entre otros. El pozo de la comunidad tiene un rendimiento potencial de 50 gpm y bajo un régimen de bombeo a 30 gpm mostró un descenso máximo de 15.9 pies, por lo cual bajo cierta incertidumbre se asumió un valor de 20 pies para Cerro de piedra.

Condiciones

Nivel Estático del Agua (NEA)	14	M
Variaciones estacionales	10	pies
Abatimiento por bombeo	20	pies
Sumergencia	10	pies
Tubería de conducción de PVC con C	150	
$Q_{\text{diseño}}$	1.38	lps

a) Diámetro interno de la tubería de descarga

Aplicando la ecuación 22:

$$D = 0.9(0.00138m^3/s)^{0.45}$$

$$D = 0.04647m \approx 1.83 \approx 2 \text{ plg}$$

b) Carga total dinámica

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{descarga}$$

- Nivel más bajo del agua durante el bomba (NB)

$$NB = NEA + Variaciones estacionales + Abatimiento$$

$$NB = 45.92 \text{ pies} + 10 \text{ pies} + 20 \text{ pies}$$

$$NB = 75.92 \text{ pies} \approx 23.15 \text{ m}$$

- Carga estática de la descarga CED

$$CED = 259.01 \text{ m} - 232.87 \text{ m}$$

$$CED = 26.14 \text{ m}$$

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

La sección (6.4.1.) de la norma establece que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideran no mayores al 5% de su longitud.

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

$$Lc = NB + Sumergencia$$

$$Lc = 75.92 \text{ pies} + 10 \text{ pies}$$

$$Lc = 85.92 \text{ pies}$$

$$hf_{columna} = 0.05(85.92 \text{ pies})$$

$$hf_{columna} = 4.3 \text{ pies} \approx 1.31 \text{ m}$$

- **Pérdidas en la descarga ($h_{p_{descarga}}$)**

Considerando una tubería con un diámetro $\phi_{descarga} = 2''$.

Utilizando la tabla 11 de perdidas localizadas en longitudes equivalentes en metro de tubería recta.

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente (m)	Total (m)
C-90° de radio mediano	1	1.4	1.4
Válvula de compuerta, VC liviano	1	0.4	0.4
Válvula de retención, VR liviano	1	4.2	4.2
Tee paso directo	1	1.1	1.1
Medidor	1	10	10
C-90° de radio corto	1	1.7	1.7
C-45°	4	0.8	3.2
Salida al tanque	1	1.5	1.5
\sum Le total = 23.5 m			

Tabla 43: Pérdidas localizadas como longitudes equivalentes de tubería.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

$$L_{real} = L_{total} + L_{tuberia}$$

$$L_{real} = 23.5m + 207.6m$$

$$L_{real} = 231.11 m$$

$$h_{f_{descarga}} = 10.674 \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.852} \left(\frac{l}{\phi^{4.87}} \right)$$

$$h_{f_{descarga}} = 10.674 \left(\frac{0.00138m^3/s}{150} \right)^{1.852} \left(\frac{231.11m}{(0.0508m)^{4.87}} \right)$$

$$h_{f_{descarga}} = 2.33 m$$

$$CTD = NB + CED + h_{f_{columna}} + h_{f_{descarga}}$$

$$CTD = 23.15 m + 26.14 m + 1.31 m + 2.33 m$$

$$CTD = 52.93 m \approx 173.61 \text{ pies}$$

c) Potencia hidráulica de la bomba

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * e}$$

$$P_B = \frac{(21.88 \text{ gpm})(173.61 \text{ pies})}{3960 * 0.6}$$

$$P_B = 1.6 \text{ HP}$$

Se requiere un equipo de bombeo con una potencia hidráulica superior a los 1.6 HP.

d) Selección del equipo de bombeo

Se seleccionó el equipo de bombeo para las siguientes características de operación:

Caudal 5 m³/h
CTD 173.61 Pies

Como referencia se utilizó el catálogo de bombas sumergibles GRUNDFOS SP A, SP de 50Hz, resultando la elección de la bomba SP 5A-17 para caudales de operación de hasta 6.4 m³/h, las características del equipo de bombeo se indican a continuación:

Velocidad de giro (n)	2870	Rpm	
Diámetro	4	Pulg	
Potencia (P)	1.5	Kw	≈ 1.7 HP
Eficiencia (e)	60	%	

e) Potencia del motor

$$P_M = 1.15 * P_B$$

$$P_M = 1.15 * 1.6 \text{ HP}$$

$$P_M = 1.84 \text{ HP}$$

5.8. Diseño hidráulico de la línea de conducción

a) Diámetro de la línea de conducción

El diámetro fue calculado en la sección (5.7.a), dando como resultado una tubería de conducción de 2 pulgadas.

b) Velocidad

Aplicando la ecuación de continuidad:

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

$$V = \frac{4(0.00138 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi(0.0508 \text{ m})^2}$$

$$V = 0.68 \text{ m/s}$$

$$0.6 \text{ m/s} < 0.68 \text{ m/s} < 1.5 \text{ m/s}$$

La velocidad se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma para limitar el efecto del golpe de ariete.

c) Golpe de ariete

- Cálculo de la celeridad

Considerando una línea de conducción de PVC SDR-26 de 2", el espesor del tubo es 2.31mm y la K para tubos plásticos de acuerdo a la tabla 12 es de 18.

Aplicando la ecuación de celeridad (ecu. 34):

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 \frac{(0.0508 \text{ m})}{(0.00231 \text{ m})}}$$

$$C = 469.76 \text{ m/s}$$

- **Cálculo del tiempo de cierre**

Para considerar las peores condiciones de funcionamiento los cálculos se realizan para cierre inmediato de la válvula de retención, de esta manera consideramos la sobrepresión máxima.

Aplicando la ecuación 32 para cierre instantáneo:

$$T = \frac{2(207.6 \text{ m})}{469.76 \text{ m/s}}$$

$$T = 0.88 \text{ segundos}$$

- **Cálculo de la sobre presión**

A través de la ecuación 33, se obtiene el valor de la sobrepresión.

$$G. A. = \frac{(469.76 \text{ m/s})(0.68 \text{ m/s})}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$G. A. = 32.56 \text{ m}$$

d) Presión total

La presión máxima ejercida en las paredes de la tubería está dada por la sumatoria de la carga estática y la sobrepresión ocasionada por golpe de ariete.

$$PT = G. A. + CED$$

$$PT = 32.56 \text{ m} + 26.14 \text{ m}$$

$$PT = 58.7 \text{ m}$$

Considerando que la presión de servicio ofrecida por la tubería PVC cédula SDR-26 es de aproximadamente 112 m.c.a., se concluye que es factible el usar esta denominación de tubería en la línea de conducción.

5.9. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

a) Cálculo del volumen del tanque

El volumen del tanque lo compone el volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia (20% CPDT), más el volumen de compensador (15% CPDT).

$$Vol.Total = 35\%CPDT$$

$$Vol.Total = 0.35(79.74 m^3 /dia)$$

$$Vol.Total = 27.91 m^3$$

b) Cálculo de la altura del tanque

De la tabla 13, se determina que la constante de la capacidad de almacenamiento del tanque es $k = 2$. Aplicando la ecuación 38 para determinar la altura económica:

$$h = \frac{27.91m^3}{\frac{100}{3}} + 2$$

$$h = 2.09 m$$

La altura hasta la tubería de reboce será de 2.5m, para una altura total de la estructura de 3.2m, esto sin afectar la estabilidad de la estructura.

c) Cálculo de la base del tanque

$$L = \sqrt{\frac{27.91 m^3}{2.09 m}}$$

$$L = 3.65 m \approx 3.7 m$$

El depósito final tendrá una altura de reboce de 2.5 metros y un largo de 3.7 metros, para un volumen efectivo de 34.2 metros cúbicos.

5.10. Análisis hidráulico de la red de distribución

La simulación del sistema se realizó con el software EPANET, considerando tres condiciones de trabajo:

- Tanque lleno y CMH: Para simular una condición de trabajo exigente, pero con el taque funcionando a capacidad.
- Tanque a 1/3 de capacidad y CMH: Para simular una condición de trabajo con un bajo nivel de agua en el depósito, situación en la cual las presiones decaen.
- Tanque lleno y consumo cero: Simula un sistema sin demanda (horas de la madrugada), cuando se presentan las mayores presiones.

Además se realizó una simulación en periodo extendido, con una duración de 3 días, para analizar el comportamiento de los componentes del sistema en condiciones más realistas, de manera que se puedan identificar las siguientes situaciones:

- Horas de bombeo y la necesidad de bombeo continuo o discontinuo.
- La evolución de los niveles en el depósito, horas de llenado y de vaciado.
- Velocidades en las tuberías de la red de distribución y línea de conducción.
- La evolución de las presiones nodales durante el día.
- La evolución de los caudales.

Todas las simulaciones se realizaron considerando las siguientes consideraciones:

- Nivel dinámico del agua dentro del pozo.
- La curva característica del equipo de bombeo seleccionado.
- Las dimensiones reales del tanque de almacenamiento.
- Tuberías de PVC, C= 150 y 2 pulgadas de diámetro.

El modelo hidráulico consta de 62 nodos, el alto nivel de sinuosidad de las calles y las pendientes poco uniformes, hizo necesario la colocación de nodos ocasionalmente cercanos, que permitan un mayor control de las características de interés (presiones y velocidades).

El esquema de la red con el etiquetado de nodos, se muestra a continuación:

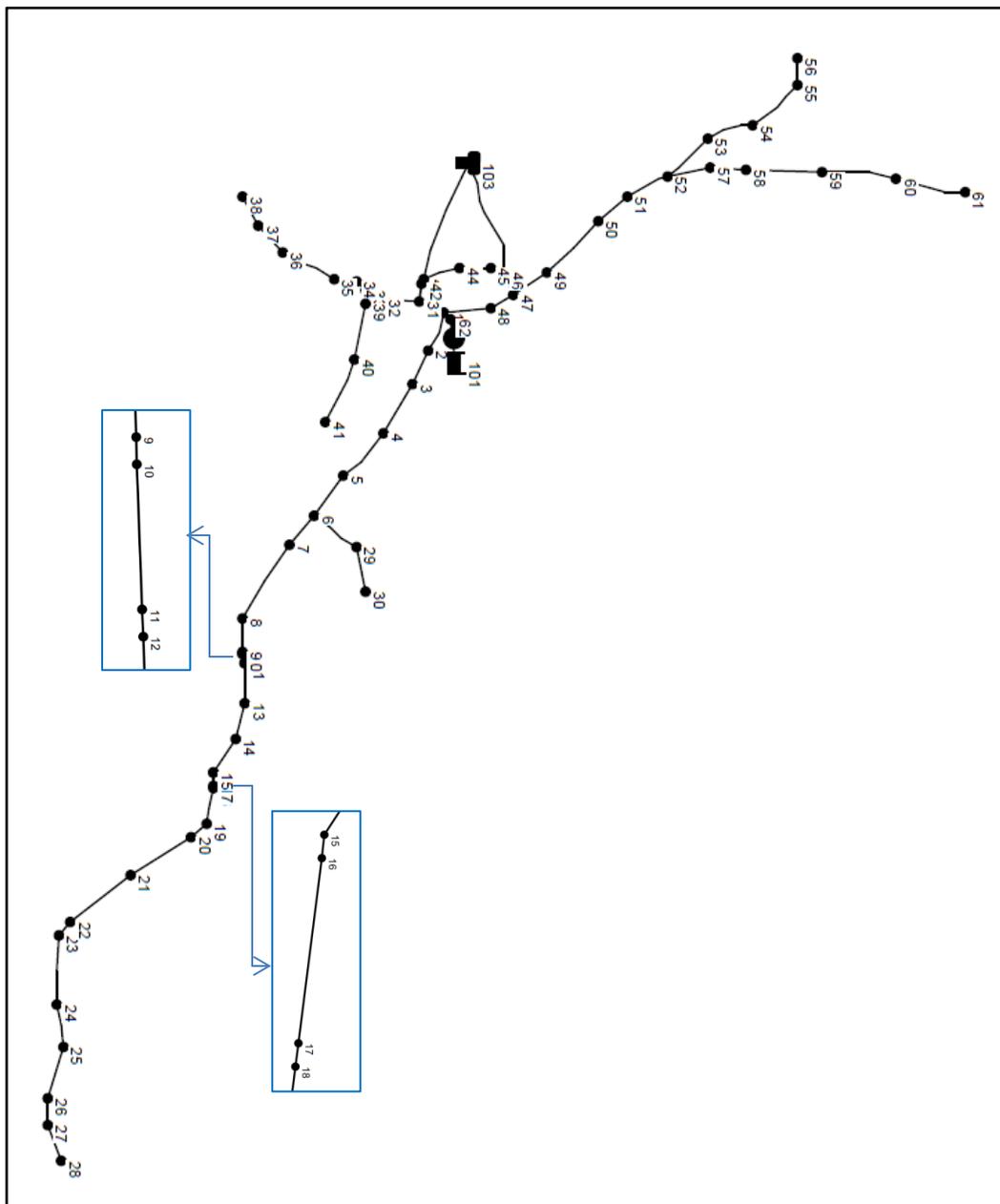


Figura 18: Esquema de la red de distribución, etiquetado de nodos.
Fuente: EPANET. (2015).

El pase de la línea de distribución a través de las quebradas, se realizará elevando la tubería sobre la superficie, de tal manera que la tubería pase por encima, se consideró una elevación de un metro por encima del nivel de desborde observado y verificado por fuentes locales (ver detalle en planos constructivos). Los pases elevados fueron incluidos en el modelo hidráulico de EPANET, por medio de 4

nodos que representan los cambios bruscos de elevación, localizados en los accesorios (4 codos de 45° por quebrada).

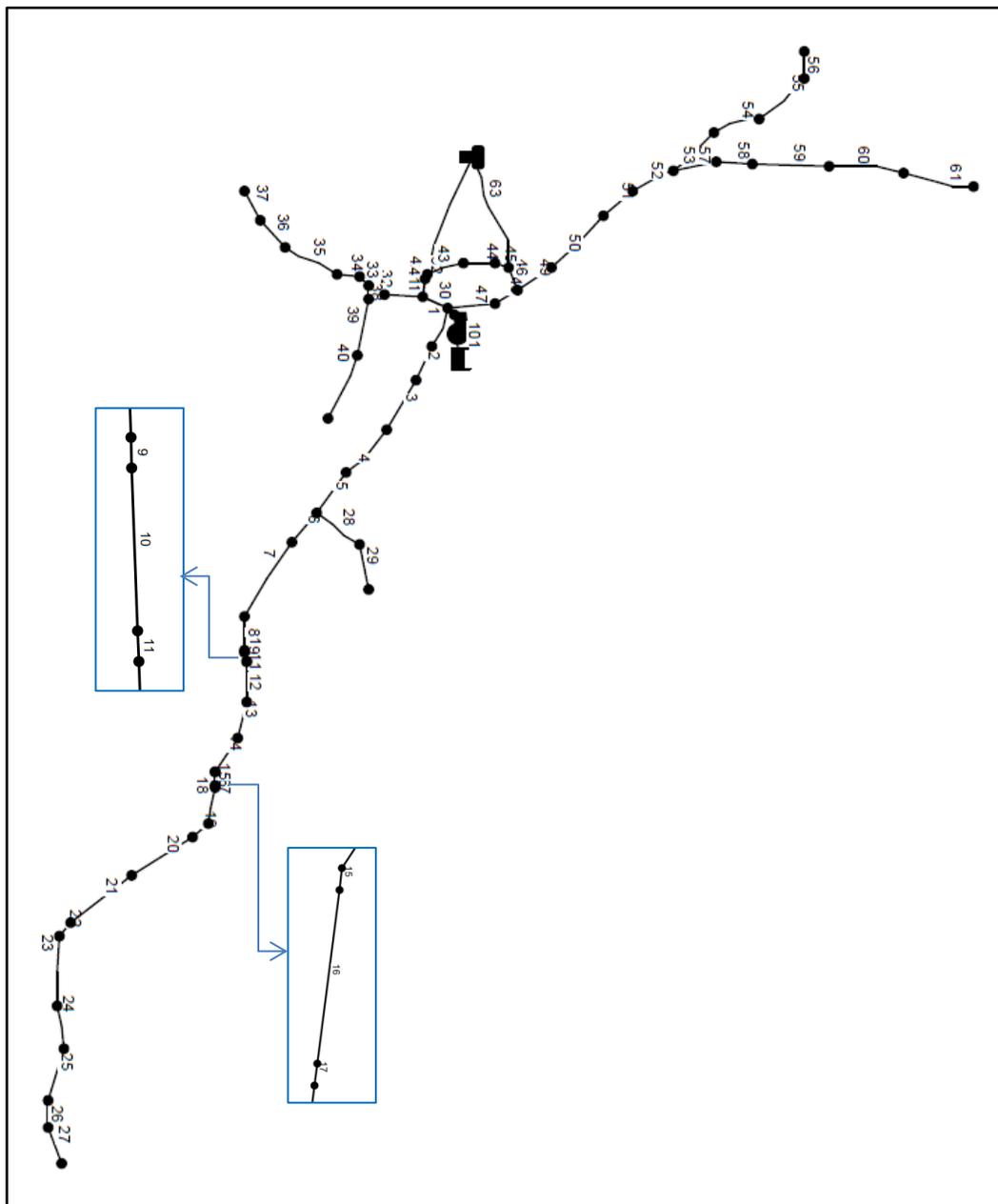


Figura 19: Esquema de la red de distribución, etiquetado de líneas.
Fuente: EPANET. (2015).

Para facilitar la interpretación de los datos, la red de distribución ha sido dividida en 11 sectores, situación que se ilustra en la figura 20.

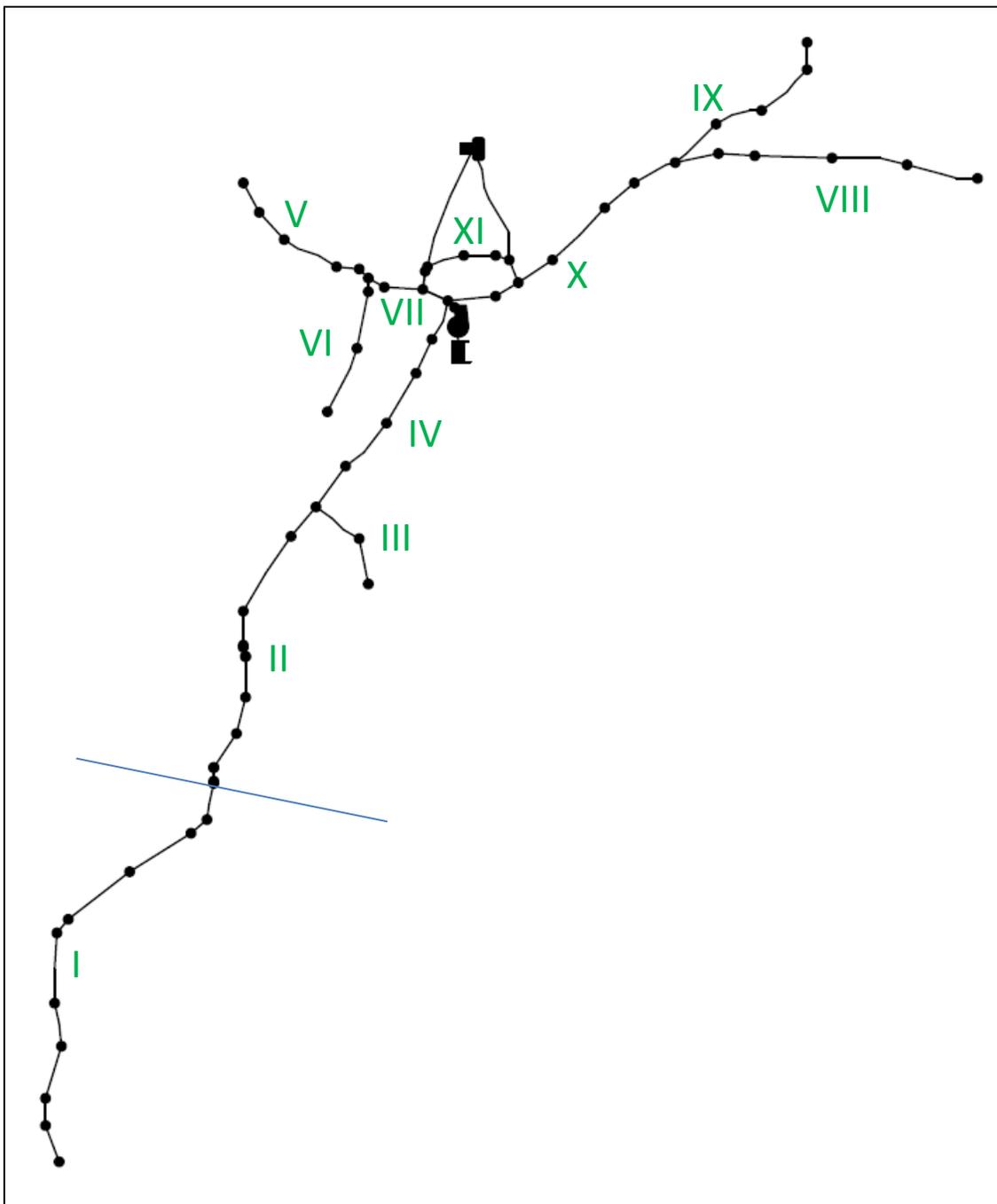


Figura 20: Esquema de la red de la distribución por sectores para interpretación de datos.
Fuente: EPANET. (2015).

Cabe mencionar que este patrón no hace referencia al aislamiento de sectores median válvulas de pase, la localización de estas se detallan en los planos constructivos.

5.10.1. Condición n°1: Tanque lleno y CMH

a) Análisis de presiones

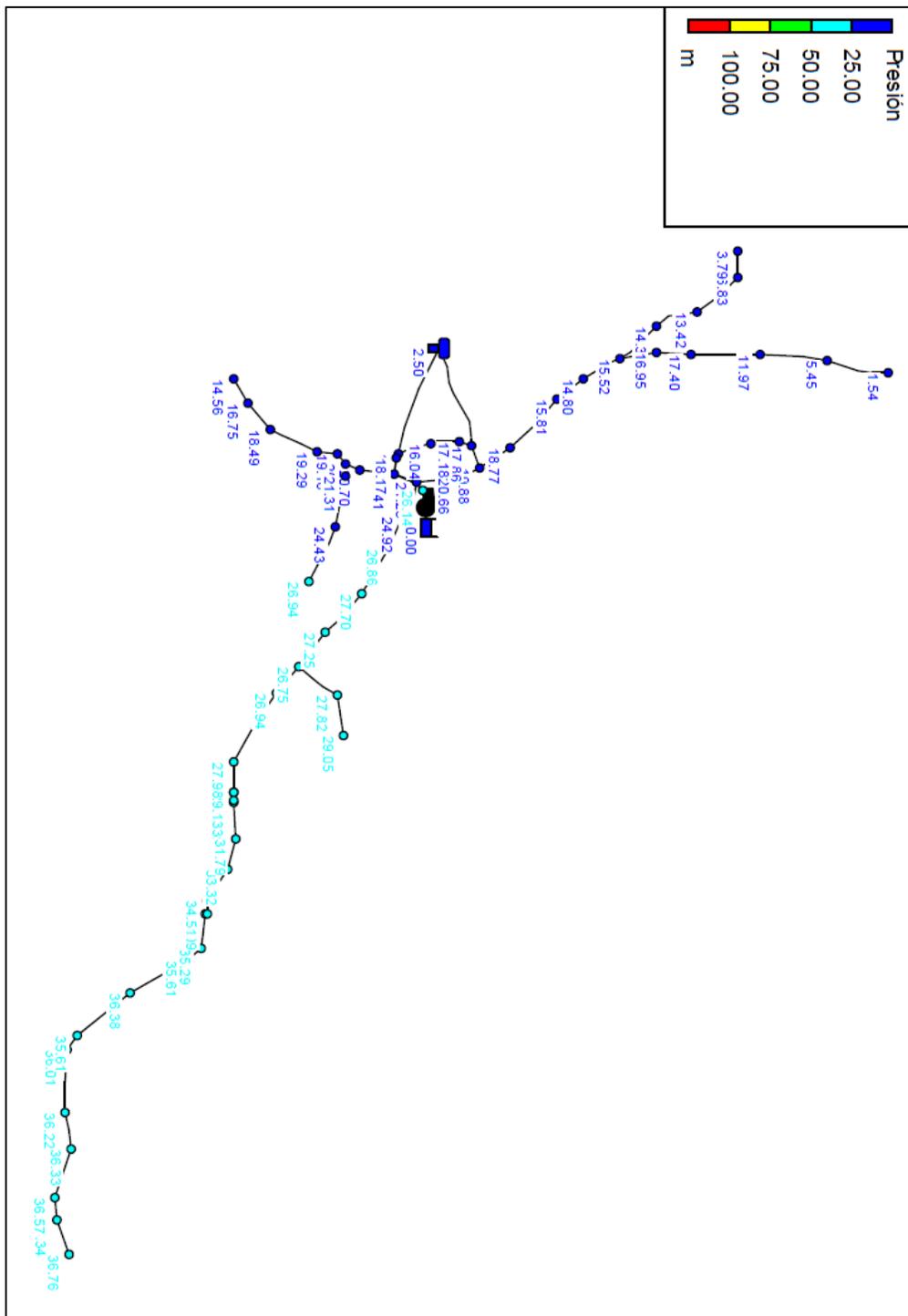


Figura 21: Esquema de presiones para la condición Tanque lleno y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

ID Nodo	Demanda lps	Cota m	Presión m	ID Nodo	Demanda Lps	Cota m	Presión M
Nodo 1	0.06	233.63	21.25	Nodo 33	0.02	234.83	20.04
Nodo 2	0.04	229.67	24.92	Nodo 34	0.02	235.68	19.18
Nodo 3	0.05	227.48	26.86	Nodo 35	0.04	235.57	19.29
Nodo 4	0.06	226.30	27.7	Nodo 36	0.05	236.36	18.49
Nodo 5	0.05	226.45	27.25	Nodo 37	0.04	238.10	16.75
Nodo 6	0.07	226.72	26.75	Nodo 38	0.02	240.29	14.56
Nodo 7	0.06	226.40	26.94	Nodo 39	0.04	233.55	21.31
Nodo 8	0.06	225.11	27.98	Nodo 40	0.05	230.43	24.43
Nodo 9	0.02	223.88	29.13	Nodo 41	0.04	227.92	26.94
Nodo 10	0	225.68	27.33	Nodo 42	0.01	236.82	18.17
Nodo 11	0	225.06	27.93	Nodo 43	0.02	237.61	17.4
Nodo 12	0.02	223.26	29.72	Nodo 44	0.03	239.14	16.04
Nodo 13	0.04	221.11	31.79	Nodo 45	0.03	238.16	17.18
Nodo 14	0.04	219.51	33.32	Nodo 46	0.02	237.55	17.86
Nodo 15	0.02	218.26	34.51	Nodo 47	0.05	235.23	19.88
Nodo 16	0	220.06	32.71	Nodo 48	0.04	234.36	20.66
Nodo 17	0	219.66	33.09	Nodo 49	0.06	236.21	18.77
Nodo 18	0.02	217.86	34.89	Nodo 50	0.05	238.99	15.81
Nodo 19	0.03	217.40	35.29	Nodo 51	0.05	239.92	14.8
Nodo 20	0.05	217.06	35.61	Nodo 52	0.06	239.12	15.52
Nodo 21	0.07	216.22	36.38	Nodo 53	0.06	240.29	14.33
Nodo 22	0.05	216.94	35.61	Nodo 54	0.05	241.20	13.42
Nodo 23	0.04	226.53	36.01	Nodo 55	0.04	247.79	6.83
Nodo 24	0.05	216.30	36.22	Nodo 56	0.01	250.83	3.79
Nodo 25	0.05	216.18	36.33	Nodo 57	0.04	237.66	16.95
Nodo 26	0.04	215.94	36.57	Nodo 58	0.06	237.20	17.4
Nodo 27	0.03	216.17	36.34	Nodo 59	0.08	242.60	11.97
Nodo 28	0.02	215.75	36.76	Nodo 60	0.07	249.12	5.45
Nodo 29	0.05	225.65	27.82	Nodo 61	0.03	253.03	1.54
Nodo 30	0.02	224.42	29.05	Nodo 62	0	232.87	26.14
Nodo 31	0.04	234.50	20.41	Depósito	-2.31	256.61	2.5
Nodo 32	0.03	234.18	20.7				

Tabla 44: Resultados de presiones para la condición Tanque lleno y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

Bajo esta condición, solamente se presentan 2 nodos con presiones por debajo de los 5 m.c.a. establecidos por norma (nodo 56 con 3.79 m y el nodo 61 con 1.54 m). Los sectores I, II, III y IV mantienen presiones por encima de los 25 m.c.a., mientras que los sectores cercanos al principal núcleo poblacional, presiones de entre los 15 y 25 m.c.a.

b) Análisis de velocidades

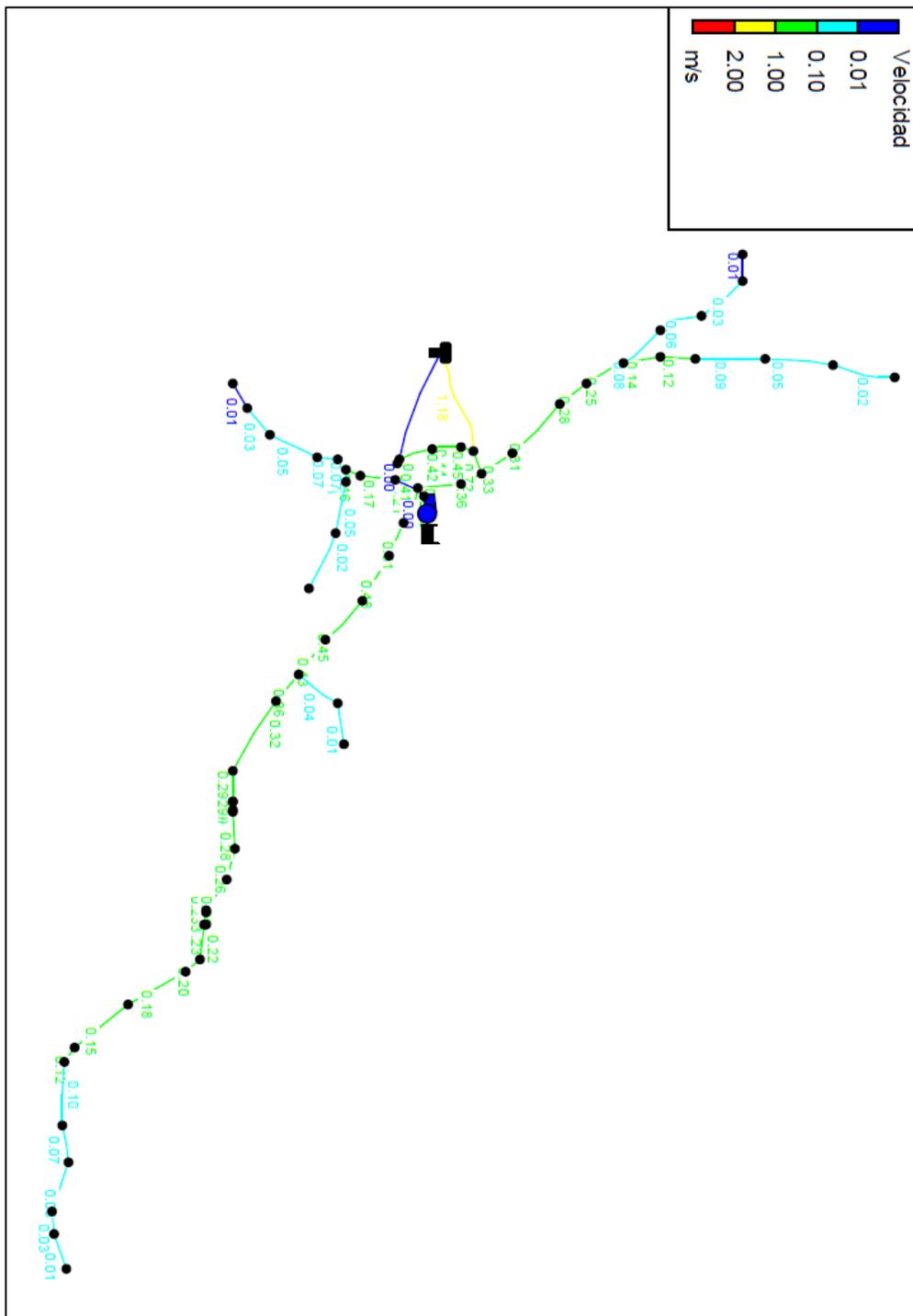


Figura 22: Esquema de velocidades para la condición Tanque Lleno y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

52 de las 63 líneas presentan velocidades por debajo de los 0.4 m/s recomendados en la norma.

ID Línea	Longitud m	Caudal lps	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud M	Caudal lps	Velocidad m/s
Tubería 1	44.54	1.03	0.53	Tubería 33	14.42	0.15	0.08
Tubería 2	42.55	0.99	0.51	Tubería 34	23.32	0.14	0.07
Tubería 3	61.76	0.95	0.48	Tubería 35	63.05	0.1	0.05
Tubería 4	63.16	0.89	0.45	Tubería 36	40.65	0.05	0.03
Tubería 5	53.05	0.84	0.43	Tubería 37	35.86	0.02	0.01
Tubería 6	42.04	0.7	0.36	Tubería 38	14.49	0.13	0.07
Tubería 7	97.26	0.64	0.32	Tubería 39	63.13	0.1	0.05
Tubería 8	35.39	0.58	0.29	Tubería 40	73.49	0.04	0.02
Tubería 9	1.8	0.56	0.29	Tubería 41	19.59	0.8	0.41
Tubería 10	9.486	0.56	0.29	Tubería 42	5.901	0.81	0.41
Tubería 11	1.8	0.56	0.29	Tubería 43	39.56	0.83	0.42
Tubería 12	43	0.54	0.28	Tubería 44	35.79	0.86	0.44
Tubería 13	39.92	0.5	0.26	Tubería 45	14.77	0.89	0.45
Tubería 14	42.93	0.47	0.24	Tubería 46	27.17	1.4	0.72
Tubería 15	1.8	0.45	0.23	Tubería 47	50.83	0.67	0.34
Tubería 16	14.27	0.45	0.23	Tubería 48	27.57	0.7	0.36
Tubería 17	1.8	0.45	0.23	Tubería 49	44.81	0.66	0.33
Tubería 18	40.2	0.43	0.22	Tubería 50	79.53	0.6	0.31
Tubería 19	21.72	0.4	0.2	Tubería 51	41.11	0.55	0.28
Tubería 20	78.37	0.36	0.18	Tubería 52	48.96	0.5	0.25
Tubería 21	82.34	0.28	0.15	Tubería 53	60.51	0.17	0.08
Tubería 22	19.67	0.24	0.12	Tubería 54	52.67	0.11	0.06
Tubería 23	76.5	0.19	0.1	Tubería 55	63.77	0.05	0.03
Tubería 24	45.89	0.14	0.07	Tubería 56	30.74	0.01	0.01
Tubería 25	59.91	0.09	0.05	Tubería 57	46.46	0.28	0.14
Tubería 26	27.72	0.05	0.03	Tubería 58	39.44	0.24	0.12
Tubería 27	43.43	0.02	0.01	Tubería 59	83.79	0.18	0.09
Tubería 28	57.88	0.07	0.04	Tubería 60	80.11	0.1	0.05
Tubería 29	49.46	0.02	0.01	Tubería 61	77.29	0.03	0.02
Tubería 30	29.01	0.42	0.21	Tubería 62	207.61	1.37	0.7
Tubería 31	41.56	0.34	0.17	Tubería 63	126.89	2.31	1.18
Tubería 32	20.07	0.31	0.16				

Tabla 45: Resultados de velocidades para la condición Tanque lleno y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

Los sectores I, III, V, VI, VIII y IX presentan velocidades inferiores a 0.1 m/s, los sectores restantes presentan velocidades entre 0.1 a 0.72 m/s.

5.10.2. Condición n°2: Tanque 1/3 y CMH

a) Análisis de presiones

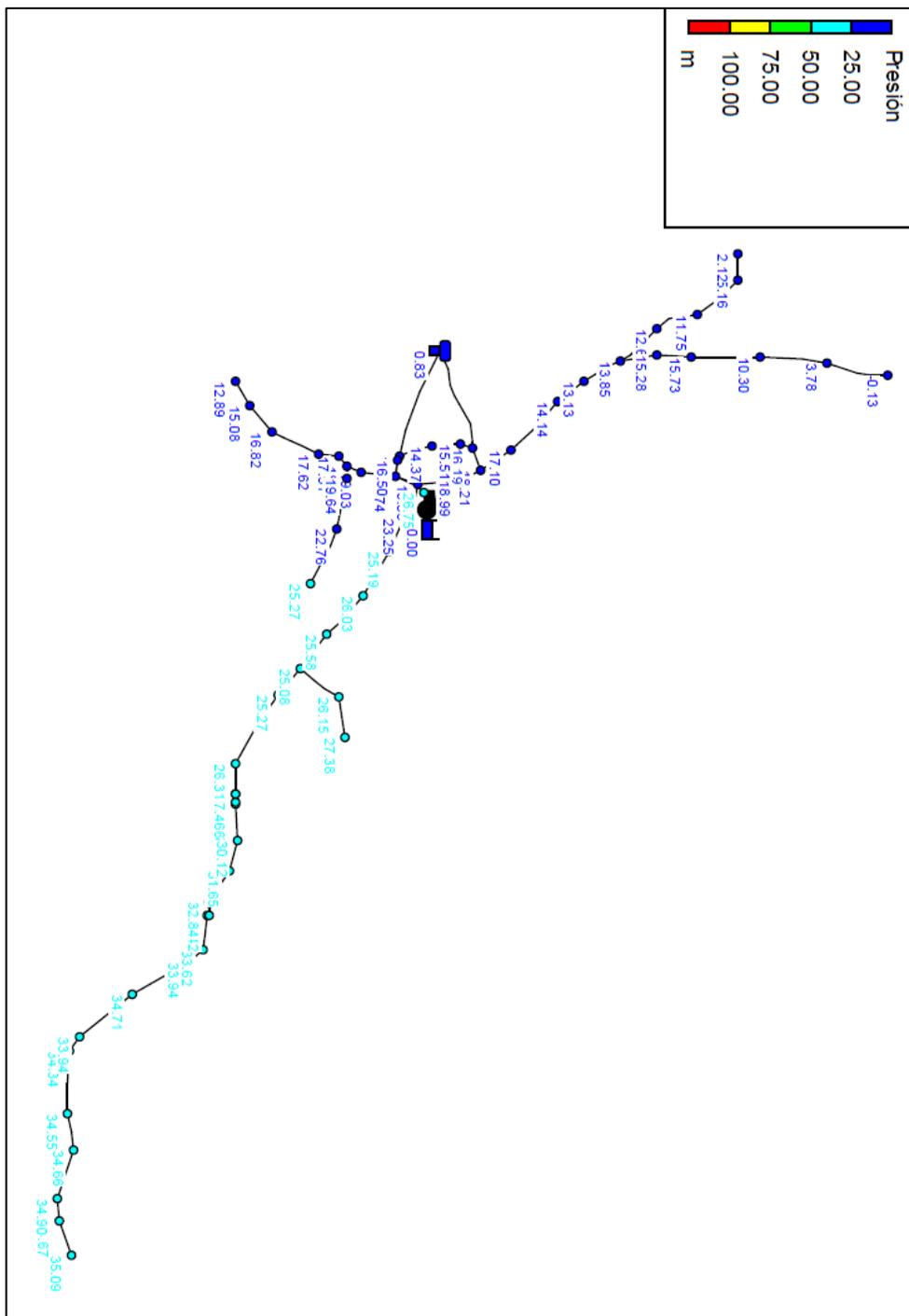


Figura 23: Esquema de presiones para la condición Tanque 1/3 y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

Al igual que en la condición anterior, los sectores I, II, III y IV sostienen presiones por encima de los 25 m.c.a., mientras que en los sectores restantes las presiones se mantienen entre 15 y 25 m.c.a.

ID Nodo	Demanda lps	Cota m	Presión m	ID Nodo	Demanda Lps	Cota m	Presión m
Nodo 1	0.06	233.63	19.58	Nodo 33	0.02	234.83	18.37
Nodo 2	0.04	229.67	23.25	Nodo 34	0.02	235.68	17.51
Nodo 3	0.05	227.48	25.19	Nodo 35	0.04	235.57	17.62
Nodo 4	0.06	226.30	26.03	Nodo 36	0.05	236.36	16.82
Nodo 5	0.05	226.45	25.58	Nodo 37	0.04	238.10	15.08
Nodo 6	0.07	226.72	25.08	Nodo 38	0.02	240.29	12.89
Nodo 7	0.06	226.40	25.27	Nodo 39	0.04	233.55	19.64
Nodo 8	0.06	225.11	26.31	Nodo 40	0.05	230.43	22.76
Nodo 9	0.02	223.88	27.46	Nodo 41	0.04	227.92	25.27
Nodo 10	0	225.68	25.66	Nodo 42	0.01	236.82	16.5
Nodo 11	0	225.06	26.26	Nodo 43	0.02	237.61	15.73
Nodo 12	0.02	223.26	28.05	Nodo 44	0.03	239.14	14.37
Nodo 13	0.04	221.11	30.12	Nodo 45	0.03	238.16	15.51
Nodo 14	0.04	219.51	31.65	Nodo 46	0.02	237.55	16.19
Nodo 15	0.02	218.26	32.84	Nodo 47	0.05	235.23	18.21
Nodo 16	0	220.06	31.04	Nodo 48	0.04	234.36	18.99
Nodo 17	0	219.66	31.42	Nodo 49	0.06	236.21	17.1
Nodo 18	0.02	217.86	33.22	Nodo 50	0.05	238.99	14.14
Nodo 19	0.03	217.40	33.62	Nodo 51	0.05	239.92	13.13
Nodo 20	0.05	217.06	33.94	Nodo 52	0.06	239.12	13.85
Nodo 21	0.07	216.22	34.71	Nodo 53	0.06	240.29	12.66
Nodo 22	0.05	216.94	33.94	Nodo 54	0.05	241.20	11.75
Nodo 23	0.04	226.53	34.34	Nodo 55	0.04	247.79	5.16
Nodo 24	0.05	216.30	34.55	Nodo 56	0.01	250.83	2.12
Nodo 25	0.05	216.18	34.66	Nodo 57	0.04	237.66	15.28
Nodo 26	0.04	215.94	34.9	Nodo 58	0.06	237.20	15.73
Nodo 27	0.03	216.17	34.67	Nodo 59	0.08	242.60	10.3
Nodo 28	0.02	215.75	35.09	Nodo 60	0.07	249.12	3.78
Nodo 29	0.05	225.65	26.15	Nodo 61	0.03	253.03	-0.13
Nodo 30	0.02	224.42	27.38	Nodo 62	0	232.87	26.75
Nodo 31	0.04	234.50	18.74	Depósito	-0.94	256.61	0.83
Nodo 32	0.03	234.18	19.03				

Tabla 46: Resultados de presiones para la condición Tanque 1/3 y CMH.
Fuente: EPANET. (2015).

Aumenta a 3 el número de nodos con presiones por debajo de los 5 m.c.a. (nodo 56 con 2.12 m, nodo 60 con 3.38 m y el nodo 61 con -0.13 m). El valor negativo indica que el nivel de agua en el depósito siempre deberá mantenerse por encima de los 0.96 m (0.83 m considerados + 0.13m) para evitar succiones en el nodo 61.

b) Análisis de velocidades

Al no existir cambios en la demanda de agua, las velocidades son las mismas calculadas para la condición anterior.

5.10.3. Condición n°3: Tanque lleno y consumo cero

a) Análisis de presiones

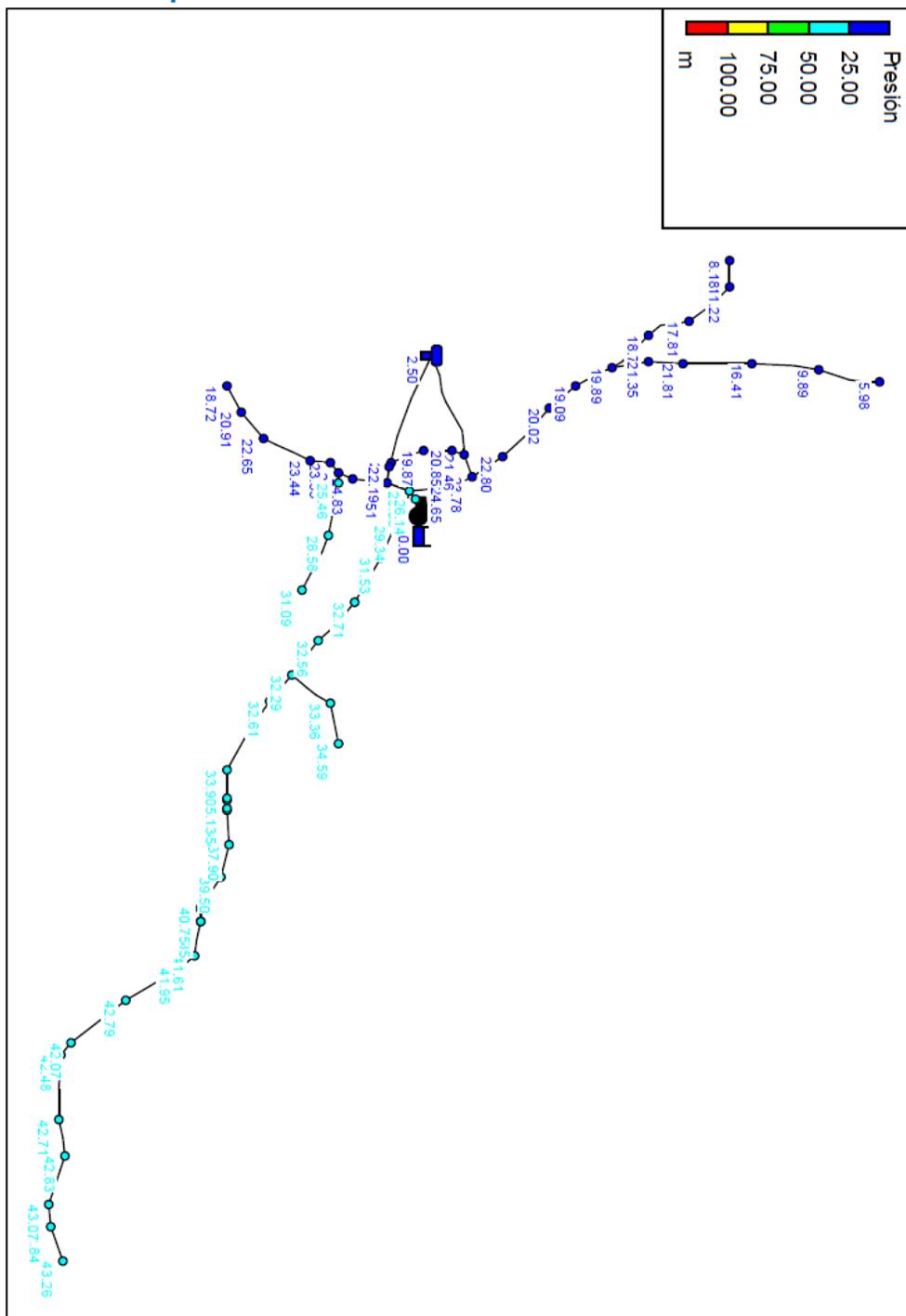


Figura 24: Esquema de presiones para la condición Tanque lleno y consumo cero.
Fuente: EPANET. (2015).

ID Nodo	Demanda lps	Cota m	Presión m	ID Nodo	Demanda Lps	Altura m	Presión m
Nodo 1	0	233.63	25.38	Nodo 33	0	234.83	24.18
Nodo 2	0	229.67	29.34	Nodo 34	0	235.68	23.33
Nodo 3	0	227.48	31.53	Nodo 35	0	235.57	23.44
Nodo 4	0	226.30	32.71	Nodo 36	0	236.36	22.65
Nodo 5	0	226.45	32.56	Nodo 37	0	238.10	20.91
Nodo 6	0	226.72	32.29	Nodo 38	0	240.29	18.72
Nodo 7	0	226.40	32.61	Nodo 39	0	233.55	25.46
Nodo 8	0	225.11	33.9	Nodo 40	0	230.43	28.58
Nodo 9	0	223.88	35.13	Nodo 41	0	227.92	31.09
Nodo 10	0	225.68	33.33	Nodo 42	0	236.82	22.19
Nodo 11	0	225.06	33.95	Nodo 43	0	237.61	21.4
Nodo 12	0	223.26	35.75	Nodo 44	0	239.14	19.87
Nodo 13	0	221.11	37.9	Nodo 45	0	238.16	20.85
Nodo 14	0	219.51	39.5	Nodo 46	0	237.55	21.46
Nodo 15	0	218.26	40.75	Nodo 47	0	235.23	23.78
Nodo 16	0	220.06	38.95	Nodo 48	0	234.36	24.65
Nodo 17	0	219.66	39.35	Nodo 49	0	236.21	22.8
Nodo 18	0	217.86	41.15	Nodo 50	0	238.99	20.02
Nodo 19	0	217.40	41.61	Nodo 51	0	239.92	19.09
Nodo 20	0	217.06	41.95	Nodo 52	0	239.12	19.89
Nodo 21	0	216.22	42.79	Nodo 53	0	240.29	18.72
Nodo 22	0	216.94	42.07	Nodo 54	0	241.20	17.81
Nodo 23	0	226.53	42.48	Nodo 55	0	247.79	11.22
Nodo 24	0	216.30	42.71	Nodo 56	0	250.83	8.18
Nodo 25	0	216.18	42.83	Nodo 57	0	237.66	21.35
Nodo 26	0	215.94	43.07	Nodo 58	0	237.20	21.81
Nodo 27	0	216.17	42.84	Nodo 59	0	242.60	16.41
Nodo 28	0	215.75	43.26	Nodo 60	0	249.12	9.89
Nodo 29	0	225.65	33.36	Nodo 61	0	253.03	5.98
Nodo 30	0	224.42	34.59	Nodo 62	0	232.87	26.14
Nodo 31	0	234.50	24.51	Depósito	0	256.61	2.5
Nodo 32	0	234.18	24.83				

Tabla 47: Resultados de presiones para la condición Tanque lleno y consumo cero.
Fuente: EPANET. (2015).

Bajo esta condición no se encuentran nodos con presiones por debajo de los 5 m.c.a., los nodos que presentaban problemas de presión (nodos 56 y 61) mantienen presiones de 8.18 y 5.98 m respectivamente, este resultado indica que los consumidores de estas zonas solamente podrán gozar de un mejor servicio durante las horas de la noche y madrugada.

Los sectores I, II, III, IV y VI sostienen presiones por encima de los 25 m, mientras que los sectores restantes presiones de entre 18 y 25 m.

La máxima presión registrada es de 43. 26 metros (nodo 28), por consiguiente ningún nodo del sistema sobrepasa la presión límite de 50 m.c.a.

b) Análisis de velocidades

Al no haber demanda, no hay flujo de agua.

5.10.4. Análisis en periodo extendido

Para el análisis en periodo extendido se incorporó un patrón de demanda, de manera que simule el cambio que experimenta la demanda de agua durante el día (ver figura 25).

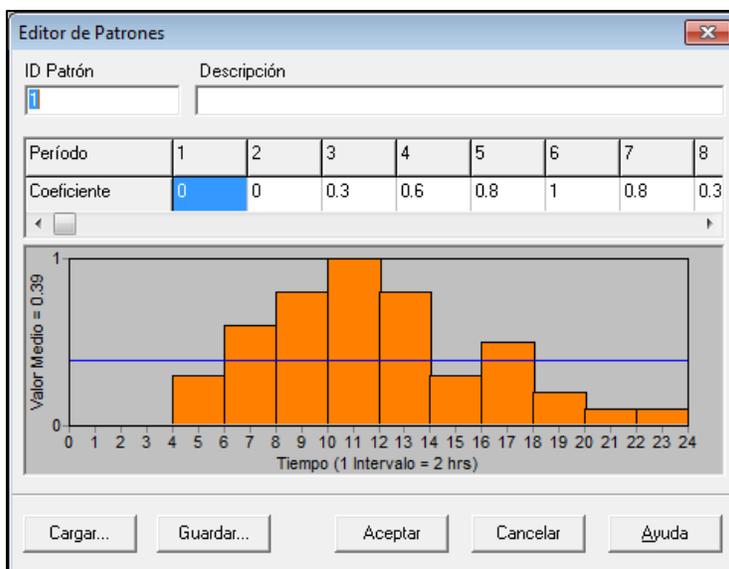


Figura 25: Patrón de demanda.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

El patrón de demanda adoptado responde a las necesidades particulares de la comunidad de El bajo de cerro de piedra, a la vez que considera el cambio que experimentaría la población en su gasto de agua al realizar la transición a un nivel de servicio con características más favorables, por consiguiente las horas de máximo consumo no responden necesariamente a los datos que se muestran en la sección (2.4.3.d).

Se optó por concentrar los máximos consumos entre las 8 de la mañana a las 2 de la tarde, periodo durante el cual la población es más activa y realiza sus actividades domésticos habituales (higiene personal y habitacional, lavado de ropa y de encerres, preparación de alimentos, entre otros).

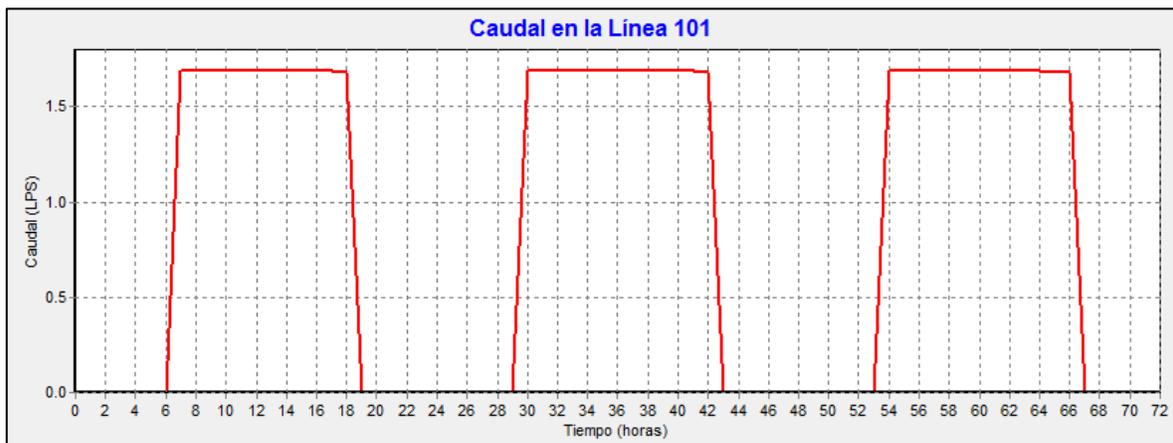
Hora	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
Coef.	0	0	0.3	0.6	0.8	1	0.8	0.3	0.5	0.2	0.1	0.1

Tabla 48: Coeficientes del patrón de demanda.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

Los restantes datos de entrada son los mismos incorporados en los análisis en régimen permanente.

a) Horas de bombeo

El sistema fue modelado bajo la condición que el bombeo debiera iniciarse cuando se alcance un nivel de agua en el depósito de 1.8 metros y terminarse al alcanzar los 2.5 metros del reboce. En la siguiente gráfica se ilustra la evolución temporal del equipo de bombeo bajo estas condiciones.



Gráfica 19: Curva de evolución temporal de la bomba.
Fuente: EPANET. (2015).

Luego de alcanzar la estabilidad del sistema (a partir del segundo día) la gráfica refleja que este demanda un régimen de bombeo continuo de 12 horas, iniciando las 6 am y terminando a las a las 8 pm.

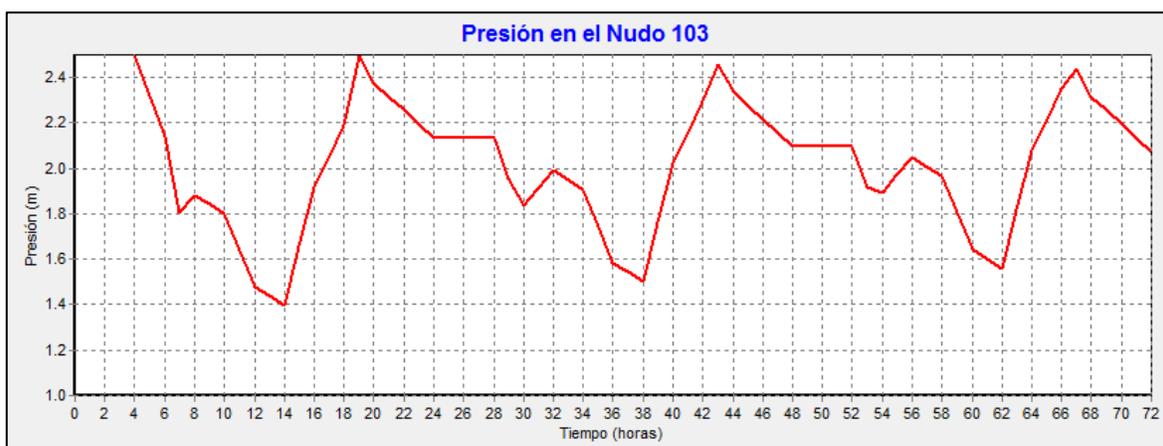
Los niveles considerados para el inicio del bombeo mantienen relación directa con las horas de bombeo resultantes, un nivel bajo conlleva la necesidad de un aumento en las horas de bombeo, mientras que un nivel alto aunque implicaría una disminución en las horas, conlleva un llenado excesivamente rápido del depósito, a su vez debe considerarse que mantener un nivel bajo en el depósito

ocasiona que las presiones decaigan. Para el caso particular de Cerro de piedra 1.8 metros representan el equilibrio entre estas condiciones, a la vez que permite el mantener las presiones requeridas para brindar un buen servicio.

El caudal de extracción por el equipo de bombeo seleccionado es de 1.69 lps.

b) Evolución temporal en los niveles del deposito

La gráfica 20, muestra la variación de los niveles de agua en el depósito.



Gráfica 20: Evolución temporal en los niveles del depósito.
Fuente: EPANET. (2015).

Se verifica un nivel mínimo de agua en el depósito de 1.40 metros (mayor que los 0.96 metros mínimo requeridos para evitar succiones), con un nivel máximo de 2.5 metros.

c) Evolución de las presiones

Las presiones nodales están condicionadas por los niveles de agua dentro del depósito, al desarrollar un análisis en periodo extendido los niveles de este evolucionan periódicamente, por consiguiente, el sistema experimenta presiones cercanas a los valores calculados anteriormente para las tres condiciones estáticas, exceptuando las presiones de succión en el nodo 61, ya que el nivel en el depósito jamás disminuirá de 1.40 metros.

Las máximas presiones se alcanzan durante la noche y madrugada, con valores cercanos a los calculados para la condición tanque lleno y consumo cero. Durante el resto del día las presiones se limitan a mantenerse entre los valores calculados

para la condición tanque lleno y CMH, y tanque 1/3 y CMH, en dependencia de las horas de llenado y vaciado del tanque.

Las mayores presiones se experimentan entre las 5 pm a las 5 am, cuando el nivel en el depósito se encuentra cercano a su máximo y la demanda de agua al mínimo.

d) Evolución de las velocidades

Las velocidades resultantes para la condición tanque lleno y CMH representan las máximas velocidades que se pueden desarrollar en el sistema, sin embargo al considerar la variación que experimenta la demanda de agua durante el día, obtenemos velocidades por debajo de estos valores, lo que indica la inevitable necesidad de colocar válvulas de limpieza en un sistema en donde a determinadas horas del día, probablemente la gran mayoría de las líneas experimenten velocidades muy por debajo de los valores permisibles por norma.

Esta situación es causada por la baja densidad poblacional, lo que ocasiona que la demanda de agua resultante también sea pequeña, esto combinado con la notablemente dispersión de las viviendas, ocasiona que los caudales nodales calculados resulten insignificantes en comparación con las longitudes y el diámetro de las tuberías.

Las menores velocidades se desarrollan durante las horas de la tarde y noche, y las mayores entre las 10am a 12pm, cuando la población es más activa y el servicio experimenta la mayor demanda.

5.11. Desinfección

5.11.1. Tratamiento

Con el propósito de proveer agua libre de bacterias, virus y amebas a los usuarios, se debe incorporar un sistema de desinfección. Los resultados de los análisis físico-químicos, bacteriológicos, organolépticos, hierro y arsénico determinaron que no se requiere de ningún tratamiento adicional más que la desinfección preventiva con cloro para garantizar la pureza del agua y eliminar las coliformes totales.

5.11.2. Dosificación

De conformidad con los métodos y medios empleados por el ENACAL y FISE en sistemas rurales, el sistema de cloración consistirá en desinfección por inyección hidráulica de hipoclorito de Calcio, usando una concentración de cloro activo de 2 mg/lit, para obtener una concentración de cloro residual de 0.2 mg/lit, Ante la ausencia de coniformes fecales, esta concentración será suficiente para desinfectar el agua de los microorganismo restante, además que permitirá que el agua mantenga un sabor agradable.

La aplicación al agua de la solución se efectuará mediante un hipoclorador de carga constante, que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65%, diluido hasta alcanzar una concentración de solución del 1%. A inicios del primer periodo de 10 años de la vida útil del proyecto, se deberá realizar una inspección detallada para verificar el funcionamiento de la unidad y si es necesario reemplazarla.

En la siguiente tabla se detalla la dosificación del cloro a suministrar en el tanque.

	Dosis Promedio		Concentración Comercial		Concentración Solución		
	d= 2 mg/lit		CC= 0.65		CS= 0.01		
	CMD	Vol. Cloro	Vol. Hipoclorito de Calcio		Vol. de Solución		Dosificación
	Gpm	lb/dia	lb/dia	gr/dia	lt/dia	GPD	gotas/min
2015	12.68	0.30	0.47	212.42	21.24	5.61	192
2016	13.00	0.31	0.48	217.79	21.78	5.75	197
2017	13.47	0.32	0.50	225.66	22.57	5.96	204
2018	13.79	0.33	0.51	231.02	23.10	6.10	209
2019	14.27	0.34	0.53	239.06	23.91	6.32	216
2020	14.58	0.35	0.54	244.26	24.43	6.45	221
2021	15.06	0.36	0.56	252.30	25.23	6.67	228
2022	15.54	0.37	0.57	260.34	26.03	6.88	235
2023	16.01	0.38	0.59	268.21	26.82	7.09	242
2024	16.49	0.40	0.61	276.25	27.63	7.30	249
2025	16.96	0.41	0.63	284.13	28.41	7.51	257
2026	17.44	0.42	0.64	292.17	29.22	7.72	264
2027	17.91	0.43	0.66	300.04	30.00	7.93	271
2028	18.39	0.44	0.68	308.08	30.81	8.14	278
2029	19.02	0.46	0.70	318.64	31.86	8.42	288
2030	19.50	0.47	0.72	326.68	32.67	8.63	295
2031	20.13	0.48	0.74	337.23	33.72	8.91	304
2032	20.77	0.50	0.77	347.95	34.80	9.19	314
2033	21.40	0.51	0.79	358.51	35.85	9.47	324
2034	21.88	0.53	0.81	366.55	36.66	9.68	331

Tabla 49: Dosificación de hipoclorito de Calcio.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

A lo largo de la vida útil del proyecto deberán realizarse estudios periódicos para evaluar la calidad del agua de la fuente, si los resultados arrojan que la calidad del agua no cumple con los parámetros establecidos por el INAA, entonces, en dependencia de la severidad del caso, la dosificación deberá ser recalculada basado en los nuevos requerimientos o en el peor de los casos deberá ser considerada la implementación de una nueva alternativa tratamiento y potabilización del agua; de lo contrario el tratamiento y dosificación considerados en esta sección serán aún vigente.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL



CAPITULO VI: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Introducción al estudio de impacto ambiental

En el presente capítulo, se pretende recoger una síntesis de las condiciones operacional correspondiente al entorno afectable por la realización del proyecto.

En la actualidad el control y la normativa de los estudios y la evaluación de impacto ambiental para los proyectos de desarrollo está asignada al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), por medio de la ley creadora de MARENA 1-94, la ley 290 de la organización del estado, la ley general del ambiente (ley 217) y su reglamento y el decreto para la administración de EIA y permisos ambientales (decreto 76-2006).

En este estudio se define la línea base ambiental, la cual es el punto de partida para evaluar los impactos negativos y positivos que generará el proyecto, tanto en la etapa de construcción como en la de funcionamiento, a través de un conjunto de matrices. En la evaluación se abordan los factores son afectados, como: el suelo, la salud y el ambiente humano, realizando un programa de mitigación para los impactos negativos críticos de la obra.

6.2. Objetivos del estudio de impacto ambiental

Objetivo general

Elaborar un Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto Diseño de Miniacueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) para la comarca "El bajo de cerro de piedra" del municipio de Teustepe, Boaco.

Objetivos específicos

- Garantizar que el proyecto de Diseño de Miniacueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) para la comarca El bajo de cerro de piedra, sea ambientalmente sostenibles.
- Elaborar la Línea de Base Ambiental (LBA), de factores afectados e involucrados.
- Elaborar medidas de mitigación incorporada al ciclo de proyectos, basada en la prevención de impactos negativos al ambiente y precaución en caso que exista consecuencias ambientales.

6.3. Descripción general del proyecto

El emplazamiento del proyecto tiene por ubicación en el municipio de Teustepe, comunidad El bajo de cerro de piedra, con una población estimada de 495 habitantes. Se prevé que la ejecución de la obra tendrá una baja incidencia de impactos negativos sobre los habitantes, que transitan sobre la vía, próximos a la ubicación de la red de distribución y línea de conducción.

Las etapas de construcción de la obra son: preliminares, movimiento de tierra, construcción de tanque de almacenamiento y limpieza final. Durante todos los trabajos de excavación es muy probable la emisión de ruido, emisiones de partícula, afectaciones a la vegetación existente.

6.4. Instrumentos ambientales del SISGA y su relación en el marco legal nacional

En Nicaragua mediante el decreto 76-2006, se establecen las bases que rigen el sistema de evaluación ambiental en el país. Dicho decreto de acuerdo a las incidencias ambientales que tienen los proyectos, establece 3 categorías ambientales.

El proyecto de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comunidad de El bajo de cerro de piedra, municipio de Teustepe, está considerado como un proyecto de categoría III, quedando sujeto a una valoración de impacto ambiental.

Categoría ambiental III: La componen proyectos que pueden causar impactos ambientales moderados, aunque pueden generar efectos acumulativos, por lo que quedarán sujetos a una valoración ambiental, como condición para otorgar la autorización ambiental correspondientes.

El proceso de valoración correspondiente quedará a cargo de las delegaciones territoriales del MARENA, en coordinación con las unidades ambientales sectoriales y municipales pertinentes, según sea el tipo de obra, proyecto, industria o actividad. En el caso de las Regiones Autónomas, el sistema será administrado por los Consejos Regionales a través de la Secretaria de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SERENA), en coordinación con el MARENA.

6.4.1. Componentes ambientales a ser analizados

La valoración, consiste en determinar los elementos con impactos negativos y positivos generados por el proyecto, este análisis es realizado durante la etapa de

construcción en las distintas actividades de ejecución. Luego, se consideran los impactos negativos y los impactos positivos en una tabla resumen, esto con el fin de razonar las medidas de mitigación que se deben realizar durante la construcción del proyecto.

6.5. Línea base ambiental

A continuación se presenta la LBA, destacando las principales situaciones positivas y negativas detectadas en el área de proyecto durante la construcción.

6.5.1. Resumen de la valoración ambiental del proyecto

CATEGORIA	COMPONENTE AMBIENTAL	VARIABLES
ESTUDIO DEL MEDIO FISICO	Calidad del aire	Fuentes principales de emisión.
		Niveles de emisión alcanzados en determinados lugares.
		Características meteorológicas de la zona de estudio con la calidad del aire.
		Áreas de especial sensibilidad.
		Estudio de la corrosión.
		Estudio del contaminación por ruido.
	Geología y Geomorfología	Estudio de las características geológicas y geotectónicas de los materiales.
		Condiciones sísmicas e historial.
		Hidrogeología.
	Suelos	La calidad paisajística propia de una comunidad Urbana.
Su dureza.		
ESTUDIO DEL MEDIO SOCIO ECONOMICO Y AMBIENTAL	Espacios públicos	Movimientos peatonales.
		Equipamiento.
		Grado de insuficiencia e insatisfacción de los servicios básicos.
		Evaluación de los recursos turísticos del área de estudio.
	Salud	Servicios de salud.
		Población sin servicio de agua.
		Incremento de los niveles de morbilidad y mortalidad relacionada con la carencia de servicios de agua.
		Expectativas en la mejora del sector salud en pro de mejor calidad de vida.
		Demandas por características de la población.
	Calidad de vida	Sensibilización de la población.
		Cercanía a las fuentes de materia prima.
		Disponibilidad de mano de obra y su calificación técnica.
	Economía	Recursos naturales y locales.
		Las condiciones naturales. tales como topografía, resistencia del suelo, drenaje natural, etc.
		Población dedicada al sector agrícola y ganadero, do ahí su representatividad dentro del conjunto e población activa.
		Cercanía y vinculación a vías importantes de circulación.

Tabla 50: Línea base ambiental.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

Los factores ambientales sobre los cuales se provocan efectos por las actividades de construcción son: ruidos y vibraciones, geología y geomorfología, suelo, vegetación, paisaje, salud y vulnerabilidad. Los resultados para evaluar el éxito del proyecto se expresan en las matrices de Millán.

6.5.2. Identificación de los impactos negativos en la etapa de construcción

ESTADO DEL PROYECTO	ACCIONES IMPACTANTES	EFECTOS	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO
PRELIMINARIES	Movimiento de tierra	Producción de ruidos	Calidad del aire
		Producción de polvos	
		Riesgo de inestabilidad en laderas	Suelos
		Riesgo de daño a la infraestructura pública o privada	Medio construido
CONSTRUCCIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Trabajos preliminares (limpieza descapoto)	Producción de polvo	Calidad Aire/Suelo
		Riesgo de erosión	Tierra/suelo
	Movimiento de tierra	Compactación del suelo	
		Producción de polvo	
		Producción de desechos orgánicos e inorgánicos	
		Emisión de ruidos	
	Construcción del tanque	Destrucción de suelo vegetal	Población
		Riesgo de accidentes laborales	
CONSTRUCCIÓN DE MIN ACUEDUCTO (redes, conexiones y protección)	Trabajos de construcción de tuberías, depósitos, conexiones y obras de protección	Producción de ruidos	Ruidos
		Producción de polvo	Calidad del aire
		Riesgo de inestabilidad de tierras en zanjas	Geología
		Riesgo de daño a la Infraestructura pública o privada	Medio construido
		Riesgos de accidentes laborales	Población

Tabla 51: Identificación de impactos negativos en la etapa de construcción.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.5.3. Identificación de los impactos negativos en la etapa de funcionamiento

ETAPA DEL PROYECTO	IMPACTOS O ACCIONES DEL PROYECTO	FACTOR DEL MEDIO AFECTADO	EFECTO DIRECTO
FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACION DE BOMBEO	Extracción de agua	Salud humana	Riesgo de contaminación por falta de higiene en la manipulación.
		Calidad de vida	No tiene efectos negativos sobre la calidad de vida.
		Población	Bajo riesgo de accidentes laborales.
SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA	Funcionamiento del sistema de tratamiento	Calidad de vida	Mala calidad del servicio de agua potable pese al posible deterioro del sistema de desinfección de las agua para consumo humano.
		Salud humana	Riesgo de contaminación del agua, por falta de mantenimiento y limpieza del sistema.
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Funcionamiento del tanque de almacenamiento	Salud humana	Riesgo de contaminación del agua, por falta de aplicación de desinfectantes.
		Calidad de vida	Deterioro del servicio ante mal funcionamiento del comité de agua, lo que afecta la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.
		Población	Bajo riesgos de accidentes.
REDES, CONEXIONES Y PROTECCION	Funcionamiento del sistema de distribución	Salud humana	Riesgo de contaminación por asentamiento de residuos en el tanque de materias impuras (polvo y residuos contenidos en el agua).
		Población	Riesgo de accidentes.
		Calidad de Vida	Deterioro del servicio ante deficiencia de funcionamiento del comité de agua, lo que afecta la sostenibilidad del proyecto.
		Fuentes energéticas	Aumento del consumo de energía energética en los mini acueductos por bombeo eléctrico (MABE).

Tabla 52: Identificación de impactos negativos en la etapa de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.5.4. Identificación de los impactos positivos en la etapa de funcionamiento

ETAPA DEL PROYECTO	IMPACTOS O ACCIONES DEL PROYECTO	FACTOR DEL MEDIO AFECTADO	EFFECTO DIRECTO
FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACION DE BOMBEO	Extracción de agua	Salud humana	Representará uno de los medios esenciales del conjunto de diseño permitiendo el transporte de vital líquido por la línea de conducción.
		Calidad de vida	No tiene efectos negativos.
		Población	Transporte de vital líquido hasta el tanque de almacenamiento.
SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA	Funcionamiento del sistema de tratamiento	Calidad de vida	Desinfección de las aguas para consumo humano.
		Salud humana	Disminución de enfermedades gastrointestinales.
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Funcionamiento del tanque de almacenamiento	Salud humana	Aplicación de tratamiento de desinfección.
		Calidad de vida y población	Proveer a la población de agua potable en su totalidad.
REDES, CONEXIONES Y PROTECCION	Funcionamiento del sistema de distribución	Salud humana	Asegurar a cada abonado un servicio pago y de calidad.

Tabla 53: Identificación de impactos positivos en la etapa de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.6. Evaluación cualitativa de los impactos generados en la etapa de construcción

6.6.1. Matriz causa – efecto de los impactos negativos en la etapa de construcción

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS			IA01					
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: CONSTRUCCIÓN						
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO						
FACTOR	COD	Preliminares C1	Movimiento de Tierra C2	Concreto en fundaciones C3	Estructura de acero C4	Obras Sanitarias C5	Limpieza final C6	
CLIMA	M1		X					
CALIDAD DEL AIRE	M2		X	X	X		X	
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3			X		X	X	
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4		X	X		X	X	
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5							
SUELO	M6	X	X	X		X	X	
VEGETACION	M7		X			X		
FAUNA	M8							
PAISAJE	M9	X	X					
RELACIONES ECOLÓGICAS	M10							
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11							
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12							
ACUEDUCTO	M13							
ALCANTARILLADO	M14							
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15							
HABITAT HUMANO	M16					X		
ESPACIOS PUBLICOS	M17		X					
PAISAJE URBANO	M18							
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19							
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20							
SALUD	M21							
CALIDAD DE VIDA	M22							
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23							
VULNERABILIDAD	M24					X		
ECONOMIA	M25							
RELACIONES DEPENDENCIA	M26							
FUENTES ENERGETICAS	M27							

Tabla 54: Matriz causa-efecto de impactos negativos en la etapa de construcción.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.6.2. Matriz para la evaluación de impactos negativos en la etapa de construcción

MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS NEGATIVOS																												IA02											
IMPACTOS	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS																																						
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	4	1	2	4	1	2	4	8	12	Importancia [$I = - (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)$]	Valor Máximo de Importancia			
	impacto perjudicial	impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	improbable	Dudoso	Cierto	Indirecto	Directo	Irregular y discontinuo	Periódico	Continuo	Mínima	Media			Alta	Máxima	Total
	Natura leza	Intensidad (grado de destrucción)	Extensión (Área de influencia)					Momento (plazo de manifestación)	Persistencia (permanencia del efecto)	Reversibilidad (recuperabilidad)	Acumulación (incremento progresivo)	Probabilidad (certidumbre de aparición)	Efecto (relación causa efecto)	Periodicidad (regularidad de manifestación)	Percepción social (grado de percepción del impacto por la población)																								
Signo	I	Ex					Mo	Pr	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS	S	S																							
C1M6	(-)	1																																		-24	100		
C1M9	(-)	1																																			-24	100	
C2M1	(-)	1																																			-24	100	
C2M2	(-)	2																																			-31	100	
C2M4	(-)	1																																			-31	100	
C2M6	(-)	1																																			-33	100	
C2M7	(-)	1																																			-34	100	
C2M9	(-)	1																																			-30	100	
C2M17	(-)	1																																			-26	100	
C3M2	(-)	1																																			-30	100	
C3M3	(-)	1																																			-34	100	
C3M4	(-)	1																																			-32	100	
C3M6	(-)	1																																			-34	100	
C4M2	(-)	1																																			-28	100	
C5M3	(-)	1																																			-31	100	
C5M4	(-)	1																																			-32	100	
C5M6	(-)	1																																			-32	100	
C5M7	(-)	1																																			-24	100	
C5M16	(-)	1																																			-33	100	
C5M24	(-)	1																																			-32	100	
C6M2	(-)	1																																			-24	100	
C6M3	(-)	1																																			-25	100	
C6M4	(-)	1																																			-30	100	
C6M6	(-)	1																																			-23	100	

Tabla 55: Evaluación de impactos negativos en la etapa de construcción.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.6.3. Acciones de impactos negativos en la etapa de la construcción

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS										IA03	
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: CONSTRUCCIÓN									
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO									
		Preliminares	Movimiento de Tierra	Concreto en fundaciones	Estructura de acero	Obras Sanitarias	Limpieza final (Primera etapa)	Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración	
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C8				
CLIMA	M1		-24						-24	100	-12
CALIDAD DEL AIRE	M2		-31	-30	-28		-24		-113	400	-19
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3			-34		-31	-25		-90	300	-11
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4		-31	-32		-32	-30		-125	400	-25
SUELO	M6	-24	-33	-34		-32	-23		-146	500	-21
VEGETACION	M7		-34			-24			-58	200	-15
PAISAJE	M9	-24	-30						-54	200	-18
HABITAT	M16					-33			-33	100	-17
ESPACIOS PUBLICOS	M17		-26						-26	100	-13
VULNERABILIDAD	M24					-32			-32	100	-3
Valor Medio de Importancia		-29									
Dispersión Típica		4									
Rango de Discriminación		-33									
Valor de la Alteración		-48	-209	-130	-28	-184	-102		-701		
Máximo Valor de Alteración		200	700	400	100	600	400			2400	
Grado de Alteración		-3	-15	-22	-14	-26	-20				-29

Tabla 56: Valoración de impactos negativos en la etapa de construcción.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

En el caso de los negativos	
Valor por encima del rango	IMPACTOS CRITICOS
Valor dentro del rango	IMPACTOS MODERADOS
Valor por debajo del rango	IMPACTOS IRRELEVANTES

6.6.4. Matriz causa-efecto de impactos positivos en la etapa construcción

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS		IA04 					
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: CONSTRUCCIÓN					
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO					
FACTOR	COD	Preliminares C1	Movimiento de Tierra C2	Concreto en fundaciones C3	Estructura de acero C4	Obras Sanitarias C5	Limpieza final C6
CLIMA	M1						X
CALIDAD DEL AIRE	M2						X
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3						
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4						
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5					X	
SUELO	M6		X				
VEGETACION	M7						X
FAUNA	M8						
PAISAJE	M9					X	X
RELACIONES ECOLÓGICAS	M10						
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11						
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12						
ACUEDUCTO	M13						
ALCANTARILLADO	M14						
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15						
HABITAT HUMANO	M16				X	X	X
ESPACIOS PUBLICOS	M17						X
PAISAJE URBANO	M18						
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19						
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20						
SALUD	M21				X	X	X
CALIDAD DE VIDA	M22					X	X
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23						
VULNERABILIDAD	M24						
ECONOMIA	M25	X	X	X	X	X	X
RELACIONES DEPENDENCIA	M26						
FUENTES ENERGETICAS	M27						

Tabla 57: Matriz causa-efecto de impactos positivos en la etapa de construcción.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.6.5. Matriz para la evaluación de impactos positivos en la etapa de construcción

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DISEÑO DE MINIACUEDUCTO (MABE) PARA LA COMARCA EL BAJO DE CERRO DE PIEDRA																																							
MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS POSITIVOS																															IA05								
IMPACTOS	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS																																						
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	8	12	Importancia [I= (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)]	Valor Máximo de Importancia		
	Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	improbable	Dudoso	Cierto	Indirecto	Directo	Irregular y discontinuo	Periódico	Continuo	Mínima	Media	Alta			Máxima	Total
	Natural eza	Intensidad (grado de destrucción)	Extensión (Área de influencia)					Momento (plazo de manifestación)	Persistencia (permanencia del efecto)	Reversibilidad (recuperabilidad)	Acumulación (incremento progresivo)	Probabilidad (certidumbre de aparición)	Efecto (relación causa efecto)	Periodicidad (regularidad de manifestación)	Percepción social (grado de percepción del impacto por la población)																								
Signo	I	Ex					Mo	Pr	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS	S	S																							
C1M25	(-)		1				4					4				2			1			1			4			4						4		33	100		
C2M6	(-)		1				1					2				2			1			1			4			4						8		29	100		
C2M25	(-)		1				4					4				2			1			1			2			4						4		31	100		
C3M25	(-)		1				4					4				2			1			1			1			4						4		32	100		
C4M16	(-)		1				2					2				2			1			1			4			4						4		27	100		
C4M21	(-)		1				8					4				4			1			1			4			4						8		47	100		
C4M25	(-)		1				4					4				2			1			1			2			4						4		31	100		
C5M5	(-)		1				2					2				2			1			1			4			4						8		31	100		
C5M9	(-)		1				2					4				2			1			1			2			4						8		31	100		
C5M16	(-)		1				8					4				2			1			1			4			4						8		45	100		
C5M21	(-)		1				4					4				4			1			1			4			4						8		41	100		
C5M22	(-)		1				4					4				4			1			1			4			4						4		37	100		
C5M25	(-)		1				4					4				2			1			1			4			4						8		37	100		
C6M1	(-)		1				2					2				2			1			1			2			4						4		24	100		
C6M2	(-)		1				2					2				2			1			1			2			4						4		24	100		
C6M7	(-)		1				2					2				2			1			1			2			4						2		23	100		
C6M9	(-)		1				1					2				2			1			1			2			4						2		20	100		
C6M16	(-)		1				1					2				2			1			1			2			4						2		21	100		
C6M17	(-)		1				1					2				2			1			1			2			4						4		25	100		
C6M21	(-)		1				1					2				2			1			1			4			4						4		25	100		
C6M22	(-)		1				2					2				2			1			1			4			4						2		25	100		
C6M25	(-)		1				4					4				2			1			1			4			4						2		31	100		

Tabla 58: Evaluación de impactos positivos en la etapa de construcción.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.6.6. Factores que afectan positivamente en la etapa construcción

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS										IA06	
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: CONSTRUCCIÓN									
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO									
		Preliminares	Movimiento de Tierra	Concreto en fundaciones	Estructura de acero	Obras Sanitarias	Limpieza final (Primera etapa)	Valor de la alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de alteración	
FACTOR	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6				
CLIMA	M1						24	24	100	24	
CALIDAD DEL AIRE	M2						24	24	100	24	
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5					31		31	100	31	
SUELO	M6		29					29	100	29	
VEGETACION	M7						23	23	100	23	
PAISAJE	M9					31	20	51	200	26	
HABITAT	M16				27	45	21	93	300	31	
ESPACIOS PUBLICOS	M17						25	25	100	25	
SALUD	M21				47	41	25	113	300	38	
CALIDAD DE VIDA	M22					37	25	62	200	31	
ECONOMIA	M25	33	31	32	31	37	31	195	600	33	
Valor Medio de Importancia		30									
Dispersión Típica		7									
Rango de Discriminación		23									
Valor de la Alteración		33	60	32	105	222	218	670			
Máximo Valor de Alteración		100	200	100	300	600	900		2200		
Grado de Alteración		2	4	5	53	32	44			30	

Tabla 59: Valoración de impactos positivos en la etapa de construcción.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

En el caso de impactos positivos	
Valor por encima del rango	IMPACTOS RELEVANTES
Valor dentro del rango	IMPACTOS MODERADOS
Valor por debajo del rango	IMPACTOS IRRELEVANTES

6.7. Evaluación cualitativa de los impactos generados en la etapa de operación

6.7.1. Matriz causa - efecto de impactos negativos en la etapa de funcionamiento

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS		IA07			
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: FUNCIONAMIENTO			
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO			
		Estación de bombeo	Sistema de tratamiento de agua	Tanque de almacenamiento	Sistema de distribución
FACTOR	COD	F1	F2	F3	F4
CLIMA	M1				
CALIDAD DEL AIRE	M2				
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3				
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4				
HIDROLOGIA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	M5				
SUELO	M6				
VEGETACION	M7				
FAUNA	M8				
PAISAJE	M9				
RELACIONES ECOLÓGICAS	M10				
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M11				
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M12				
ACUEDUCTO	M13				
ALCANTARILLADO	M14				
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M15				
HABITAT HUMANO	M16				
ESPACIOS PUBLICOS	M17				
PAISAJE URBANO	M18				
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M19				
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M20				
SALUD	M21	X	X	X	X
CALIDAD DE VIDA	M22	X	X	X	X
FACTORES SOCIOCULTURALES	M23				
VULNERABILIDAD	M24				
ECONOMIA	M25				
RELACIONES DEPENDENCIA	M26				
FUENTES ENERGETICAS	M27				

Tabla 60: Matriz causa-efecto de impactos negativos en la etapa de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.7.2. Matriz para la evaluación de impactos negativos en la etapa de funcionamiento

MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS NEGATIVOS																														IA08									
IMPACTOS	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS																														Importancia [I= - (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + PR + PS)]	Valor Máximo de Importancia							
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4			8	12					
	impacto perjudicial	impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	improbable	Dudoso	Cierto	Indirecto	Directo	Irregular y discontinuo			Periódico	Continuo	Mínima	Media	Alta	Máxima	Total
	Naturaleza	Intensidad (grado de destrucción)	Extensión (Area de influencia)					Momento (plazo de manifestación)	Persistencia (permanencia del efecto)	Reversibilidad (recuperabilidad)	Acumulación (incremento progresivo)	Probabilidad (certidumbre de aparición)	Efecto (relación causa efecto)	Periodicidad (regularidad de manifestación)	Percepción social (grado de percepción del impacto por la población)																								
Signo	I	Ex					Mo	Pr	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS																									
F1M21	(-)		2					2				1			2			1			1		2		1		1									-20	100		
F1M22	(-)		2					2				1			2			1			1		2		1		1									-20	100		
F2M21	(-)		2					2				1			2			1			1		2		1		1									-20	100		
F2M22	(-)		2					2				1			2			1			1		2		1		1									-20	100		
F3M21	(-)		2					2				1			2			1			1		2		1		1									-20	100		
F3M22	(-)		2					2				1			2			1			1		2		1		1									-20	100		
F4M21	(-)		2					2				1			2			1			1		2		1		1									-20	100		
F4M22	(-)		2					2				1			2			1			1		2		1		1									-20	100		

Tabla 61: Evaluación de impactos negativos en la etapa de funcionamiento. Fuente: Elaboración propia (2015).

6.7.3. Valoración de impactos negativos en la etapa de funcionamiento

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS						IA09		
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: FUNCIONAMIENTO						
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO						
		Estación de bombeo	Sistema de tratamiento de agua	Tanque de almacenamiento	Sistema de distribución	Valor de la alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de alteración
FACTOR	COD	F1	F2	F3	F4			
SALUD	M21	-20	-20	-20	-20	-80	400	-20
CALIDAD DE VIDA	M22	-20	-20	-20	-20	-80	400	-20
Valor medio de importancia		-20						
Dispersión típica		0						
Rango de discriminación		-20						
Valor de la alteración		-40	-40	-40	-40	-160		
Máximo valor de alteración		200	200	200	200		800	
Grado de alteración		-20	-20	-20	-20			-20

Tabla 62: Valoración de impactos negativos en la etapa de funcionamiento.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

En el caso de los negativos	
Valor por encima del rango	IMPACTOS CRITICOS
Valor dentro del rango	IMPACTOS MODERADOS
Valor por debajo del rango	IMPACTOS IRRELEVANTES

6.7.4. Matriz causa - efecto de impactos positivos en la etapa de funcionamiento

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS						IA10		
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: FUNCIONAMIENTO						
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO						
		Estación de bombeo	Sistema de tratamiento de agua	Tanque de almacenamiento	Sistema de distribución			
FACTOR	COD	F1	F2	F3	F4			
SALUD	M21	X	X	X	X			
CALIDAD DE VIDA	M22	X	X	X	X			

Tabla 63: Matriz causa-efecto de impactos positivos en la etapa de funcionamiento.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.7.5. Matriz para la evaluación de impactos positivos en la etapa de funcionamiento

MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS POSITIVOS													IA11																										
IMPACTOS	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS																								Importancia [I= (3IN + 2EX + MO + PE + RV + AC + PB + EF + PR + PS)]	Valor Máximo de Importancia													
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4			1	2	4	1	2	4	8	12					
	impacto perjudicial	impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo			improbable	Dudoso	Cierto	Indirecto	Directo	Irregular y discontinuo	Periódico	Continuo	Mínima	Media	Alta	Máxima	Total
	Naturaleza	Intensidad (grado de destrucción)	Extensión (Área de influencia)					Momento (plazo de manifestación)	Persistencia (permanencia del efecto)	Reversibilidad (recuperabilidad)	Acumulación (incremento progresivo)	Probabilidad (certidumbre de aparición)	Efecto (relación causa efecto)	Periodicidad (regularidad de manifestación)	Percepción social (grado de percepción del impacto por la población)																								
Signo	I	Ex					Mo	Pr	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS	S	S																							
F1M21	(-)	8	4					1	4	1	1	4	2	4	51	100																							
F1M22	(-)	8	4					1	4	1	1	4	2	4	51	100																							
F2M21	(-)	8	4					1	4	1	1	4	2	4	51	100																							
F2M22	(-)	8	4					1	4	1	1	4	2	4	51	100																							
F3M21	(-)	8	4					1	4	1	1	4	2	4	51	100																							
F3M22	(-)	8	4					1	4	1	1	4	2	4	51	100																							
F4M21	(-)	8	4					1	4	1	1	4	2	4	51	100																							
F4M22	(-)	8	4					1	4	1	1	4	2	4	51	100																							

Tabla 64: Evaluación de impactos negativos en la etapa de funcionamiento.
Fuente: Elaboración propia (2015).

6.7.6. Valoración de impactos positivos en la etapa de funcionamiento

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS							IA12		
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		ETAPA: FUNCIONAMIENTO							
		ACCIONES IMPACTANTES DEL PROYECTO							
		Estación de bombeo	Sistema de tratamiento de agua	Tanque de almacenamiento	Sistema de distribución	Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración	
FACTOR	COD	F1	F2	F3	F4				
SALUD	M21	51	51	51	51	204	400	51	
CALIDAD DE VIDA	M22	51	51	51	51	204	400	51	
Valor Medio de Importancia		51							
Dispersión Típica		0							
Rango de Discriminación		51							
Valor de la Alteración		102	102	102	102	408			
Máximo Valor de Alteración		200	200	200	200		800		
Grado de Alteración		51	51	51	51			51	

Tabla 65: Valoración de impactos positivos en la etapa de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

En el caso de impactos positivos	
Valor por encima del rango	IMPACTOS RELEVANTES
Valor dentro del rango	IMPACTOS MODERADOS
Valor por debajo del rango	IMPACTOS IRRELEVANTES

6.8. Resultados de los impactos negativos y positivos

6.8.1. Número total de impactos ambientales negativos generados por el proyecto

Etapa	Impactos Críticos	Impactos Moderados	Impactos Irrelevantes
Construcción	5	13	6
Funcionamiento	0	0	8

Tabla 66: Total de impactos ambientales negativos generados por el proyecto.

Fuente: Elaboración propia. (2015).

La mayor cantidad de impactos negativos se generan en la etapa de construcción, tales como la alteración a la calidad del aire, la producción de ruidos y vibraciones por la maquinaria y equipos, y riesgo de erosión de los suelos. En la etapa de funcionamiento se producen 8 impactos irrelevantes, lo que indica que el proyecto funcionaría de manera satisfactoria en el medio. A partir de estos impactos negativos se formulan acciones para mitigar la alteración al medio ambiente.

6.8.2. Número total de impactos ambientales positivos generados por el proyecto

Etapa	Impactos Críticos	Impactos Moderados	Impactos Irrelevantes
Construcción	2	15	5
Funcionamiento	0	8	0

El proyecto produce impactos positivos tanto en la construcción como en el funcionamiento que benefician a la población, tales como la mejora de la calidad de vida y salud, y en el aporte temporal a la economía local, al generar empleos a los obreros de la construcción.

6.9. Medidas de mitigación

En el siguiente cuadro se muestran las medidas de mitigación a considerar para las principales actividades con efectos negativos en el medio ambiente local.

ACCION	EFECTOS AMBIENTALES	MEDIDAS DE MITIGACION
Trabajos de limpieza y desmonte en los predios del tanque de almacenamiento y caseta de bombeo.	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la estructura del suelo (propiedades físico-químicas). • Afectación de la cobertura vegetal • Impacto visual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe delimitar y señalizar solamente las áreas de cobertura vegetal a ser intervenidas por la obra, las cuales deben ser conocidas por los organismos competentes. • Si en el predio a intervenir se encuentran árboles para tala se deberá solicitar el permiso correspondiente al INAFOR y a la municipalidad. • Las zonas verdes intervenidas deben ser restauradas de tal forma que las condiciones sean iguales o mejores a las existentes antes de ejecutar la obra, respetando el diseño paisajístico. • Para el caso del predio de la caseta de bombeo, se deberá recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la actividad, retirando todos los materiales y residuos provocados.
Actividades de zanjeo y excavaciones estructurales para el depósito y caseta de bombeo.	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de material particulado y polvo. • Cambios en la estructura del suelo (propiedades físico-químicas) • Incremento de los niveles de ruido. • Posible desplazamiento de especies de fauna terrestre, aérea. • Remoción y afectación de la 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportar el material de excavación cubierto (con malla rachel u otra). • Humedecer la superficie a excavar para evitar partículas suspendidas. • Retirar, transportar y disponer residuos sobrantes, en lugares autorizados. • Realizar trabajos de excavación en horarios diurnos. • Se debe delimitar y señalizar solamente las áreas de cobertura vegetal a ser intervenidas por la obra, las cuales deben ser conocidas por los organismos competentes. • Si en el corredor a intervenir se encuentran árboles para tala se deben ubicar los nidos de aves y proceder a su rescate (cruces por las quebradas a través del terreno)

	<p>cobertura vegetal.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impacto visual. 	<p>boscoso).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las zonas verdes intervenidas deben ser restauradas de tal forma que las condiciones sean iguales o mejores a las existentes antes de ejecutar la obra, respetando el diseño paisajístico. • Separar la capa de material orgánico del material inerte, el material orgánico es posible reutilizar. • Esta actividad deberá contar con las respectivas medidas de señalización.
<p>Transporte de materiales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de material particulado y polvo. • Incremento de los niveles de ruido. • Contaminación de cursos de agua por sedimentos y residuos. • Desplazamiento de especies de fauna terrestre, aérea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportar el material de excavación cubierto (con malla rachel u otra). • Humedecer periódicamente las vías de acceso a la obra. <p>En el caso de camiones de carga:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlar la velocidad del vehículo. • Remover inmediatamente, en caso de derrames accidentales de combustible, el suelo y restaurar el área afectada con materiales y procedimientos sencillos. • Mantener en las mejores condiciones mecánicas los vehículos, para reducir al mínimo las emisiones de ruido. • Toda la maquinaria utilizada debe disponer con los permisos de emisiones. • El lavado, reparación y mantenimiento correctivo de vehículos y maquinaria, debe realizarse fuera del área de campamento, obra o sobre zonas verdes; esta actividad debe efectuarse en centros autorizados para tal fin. • Evitar el paso de maquinaria sobre suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. • Transportar los escombros y material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga. • Verificar el buen estado del vehículo de carga, de tal

	<p>manera que no se presente derrame, pérdida de agregados ni escurrimiento de material húmedo durante el transporte. En el caso de pérdidas, el material deberá ser recogido inmediatamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener una adecuada señalización en el área de la obra. • Los vehículos deben contar con alarma reversa.
<p>Generación, almacenamiento y disposición final de escombros.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emisión de material particulado y polvo. • Generación de residuos sólidos. • Incremento de los niveles de ruido. • Contaminación de cursos de agua por sedimentos y residuos. • Afectación de la cobertura vegetal. • Impacto visual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Antes de iniciar actividades se debe delimitar el área de deposición de material final y señalizar mediante barreras, estacas y cinta reflectiva. • Los materiales de construcción empleados deben almacenarse temporalmente en sitios adecuados para prevenir mayores alteraciones en el área de faenas. • Proteger al máximo las zonas verdes evitando el depósito de material en ellas. • Cubrir los materiales con lonas o plásticos para evitar el arrastre de sedimentos a cuerpos de agua e impedir la dispersión del material por acción del viento. • Al finalizar los trabajos, los sitios de las obras y sus zonas contiguas deberán entregarse en óptimas condiciones de limpieza y libres de cualquier tipo de material de desecho, garantizando que las condiciones sean mejores o similares a las que se encontraban antes de iniciar las actividades. <p>En el caso de camiones de carga:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se debe limpiar las vías de acceso de los vehículos de carga como mínimo 2 veces al día de manera que garantice la no generación de partículas suspendidas a la atmósfera. • Utilizar las rutas programadas y los horarios establecidos para el transporte. • Se debe hacer limpieza de las llantas de todos los vehículos que salgan de la obra.

Tabla 67: Medidas de mitigación.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

6.10. Conclusiones y recomendaciones del EIA

- Los impactos ambientales que tendrían lugar con la ejecución del SAAP para la comarca El bajo de cerro de piedra del municipio de Teustepe, varían de acuerdo a la fase del proceso construcción. Con relación a los impactos positivos, se encontraron impactos de bajo y de alto significado, estos últimos se presentarían principalmente en la fase de operación, viéndose reflejados en la mejora de la calidad de vida en la comunidad.
- Los impactos negativos, en cambio, serían de mediano a bajo significado, presentándose en todas las fases del proceso constructivo, principalmente en la etapa de corte y relleno. Todos los efectos son susceptibles a ser controlados mediante la aplicación de medidas de mitigación y/o corrección, como el emplazamiento de un campamento y patio de maquinaria.
- La alteración de la calidad del aire en el área por emisión de polvo, se presentaría en toda la fase constructiva, afectando al personal y población cercana. Este desfavorable efecto del proceso constructivo sería controlado mediante riego permanente.
- Se deberá capacitar a los ciudadanos en temas de educación sanitaria y ambiental, dando énfasis a la importancia del cambio de hábitos y actitud frente a determinadas acciones que afectan al medio ambiente y la salud pública.
- Los programas de educación ambiental estarán especialmente dirigidos, para constituir un medio de acción multiplicadora, enfatizando a la población escolar y a las madres de familia. A fin de afianzar los conocimientos transmitidos será necesario la elaboración de folletos y capacitar continuamente los recursos humanos destinados para tal fin.
- Fomentar la organización de la población en la formación de comités para el control de las prácticas de uso del servicio de agua.
- La responsabilidad de la educación sanitaria se deberá coordinar con la administración municipal, la cual debe promover la implementación de los programas respectivos.
- Por último, de lo anterior se concluye que el proyecto de un Miniacueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) para la comarca "El bajo de cerro de piedra" del municipio de Teustepe, es ambientalmente viable.

CAPITULO VII

ESPECIFICACIONES TECNICAS



CAPITULO VII: ESPECIFICACIONES TECNICAS

1. Especificaciones para el tanque de concreto ciclópeo

1.1. Condiciones generales

Toda mención hecha en estas especificaciones o indicadas en los planos obliga al Contratista a suplir e instalar cada artículo o material con el proceso o método indicado y suplir toda la mano de obra y equipos necesarios para la terminación de la obra.

1.2. Movimiento do tierra

El trabajo consiste en la preparación del sitio, nivelación, excavación, relleno, tal como es descrito en los planos, o razonablemente implicado en ellos. Se removerán también del sitio de la obra, todas las piedras y cualquier obstáculo que pueda interferir con los trabajos de construcción. El Contratista tomará todas las precauciones necesarias para no causar daño a terceros en la eliminación de los desechos provenientes de esta operación.

1.3. Concreto reforzado

Consiste en el suministro de los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y demás complementos para suplir el concreto reforzado para la obra de acuerdo a estas especificaciones y a los detalles que aparecen en los planos. El concreto tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días $f'c=3,000$ psi. Para todo concreto la proporción de cemento, árido y agua para obtener la plasticidad y resistencia requerida, estará de acuerdo con las normas 613-54 del ACI. No se permitirá cambios en las proporciones sin la aprobación del Ingeniero.

1.4. Materiales

1.4.1. Cemento

El cemento a emplearse en las mezclas de concreto será cemento Portland Tipo 1, sujeto a las especificaciones ASTM C-150-69. Deberá llegar al sitio en sus envases originales y enteros.

1.4.2. Agregado fino

El agregado fino será arena natural Motastepe manufacturada, dura, limpia y libre de todo material vegetal, mica o detrito de conchas marinas, sujeta a las especificaciones ASSHTO-R92-93 y ASTM-C-33-92; en caso de usarse arena de cauce de la zona, ésta deberá ser lavada para eliminar todo limo o tierra vegetal que contenga. El agregado grueso será piedra triturada o grava limpia, dura, durable y libre de todo recubrimiento, sujeta a especificaciones ASTM-C-33-6IT.

1.4.3. Agregado grueso

El tamaño más grande permitido del agregado será un quinto (1/5) de la dimensión mínima de la formaleta de los elementos de concreto o tres cuarto (3/4) del espaciamiento libre mínimo de refuerzo según lo recomendado por la norma ASTM C-33 y sus dimensiones máximas deberán cumplir con la sección 33 del reglamento.

1.4.4. Agua

El agua a emplear en la mezcla del concreto deberá ser limpia, libre de aceite, ácido o cantidades perjudiciales de material vegetal, álcalis y otras impurezas que puedan afectar la resistencia y propiedades físicas del concreto o refuerzo, deberá ser previamente aprobada por el Ingeniero.

1.4.5. Acero de refuerzo

El acero de refuerzo deberá cumplir la especificación ASTM A-305 con un límite de fluencia $f_y=40\text{ksi}$, de acuerdo a las especificaciones ASTM A-615-68, grado 40. Todas las varillas deberán estar limpias y libres de escamas, trazas de oxidación avanzada, grasas y otras impurezas e imperfecciones que afecten sus propiedades físicas, resistencia o su adherencia al concreto.

1.5. Almacenaje de materiales

El cemento se almacenará en bodegas secas, sobre tarimas de madera en estibas de no más de 10 sacos. El cemento debe llegar al sitio de la construcción en sus envases originales y enteros. No se utilizará cemento dañado o ya endurecido. Los áridos finos y gruesos se manejarán y almacenarán separadamente de manera tal que se evite la mezcla con materiales extraños. Todas las varillas de acero de refuerzo se deberán proteger hasta el momento de usarse.

1.6. Colocación del acero de refuerzo

La limpieza, doblado, colocación y empalme de refuerzo se harán de acuerdo con las normas y recomendaciones 318-89 del ACI. El acero de refuerzo se limpiará de toda suciedad y óxido no adherente. Las barras se doblarán en frío, ajustándolas a los planos y especificaciones del proyecto, sin errores mayores de un centímetro. Los dobleces de las armaduras, salvo indicación especial en los planos, se harán con radios superiores a siete y medio (7.50) veces su diámetro. Las barras se sujetarán a la formaleta con alambre o tacos de concreto y entre sí con ataduras de alambre de hierro dulce n°16, de modo que no puedan desplazarse durante la llena y que éste pueda envolverlos completamente. No se dispondrá sin necesidad, el empalme de las varillas no señaladas en los planos sin autorización del Ingeniero.

1.7. Dosificación y mezcla

Las dosificaciones de cemento, agregados y agua utilizados deberán ser aprobadas por el Ingeniero. Se harán en base a pruebas de clasificación y contenido de humedad de los materiales, asentamiento de la mezcla de concreto y resistencia del concreto, comprobada por pruebas de resistencia a la compresión ejecutadas en cilindros de este material, la cantidad de cilindros será de 4 cilindros por cada llena o lo que decida el Ingeniero.

Estas pruebas deberán ser realizadas por un laboratorio de reconocida competencia y pagadas por el Contratista. Informes certificados de las pruebas deberán ser presentados al Ingeniero, antes de proceder al vaciado de concreto. El Contratista no podrá cambiar abastecedores de materiales durante el curso del trabajo sin autorización del Ingeniero y presentación de nuevas pruebas certificadas de laboratorio. Excepto cuando se especifique lo contrario, el concreto será mezclado en sitio, la mezcla del concreto se ajustará a los requerimientos de las normas 613-54 y 614-59 del ACI.

El método para determinar la cantidad correcta de agua y agregado para cada mezcla, debe ser de un tipo que permita controlar con exactitud la proporción de agua y cemento y verificarla fácilmente en cualquier momento, el revenimiento de la mezcla no deberá ser mayor de 4" pulgadas y/o conforme el diseño del concreto sometido por el Contratista y aprobado por el Ingeniero.

1.8. Colocación del concreto

El vertido de todo el concreto se hará de acuerdo con las normas 318-89, 605-59 y 614-59 del ACI y en la forma que aquí se amplía. El transporte y vertida del concreto se hará de modo que no se disgreguen sus elementos, volviendo a mezclar al menos con una vuelta de pala. No se permitirá la colocación de mezclas que muestren señales de fraguado, prohibiéndose la adición de agua o lechada durante la llena. Todo el concreto se colocará sobre superficies húmedas, libres de agua y nunca sobre lodo suave o tierra seca o porosa. El concreto debe ser colocado con la ayuda de equipo de vibración mecánica. La vibración deberá ser aplicada directamente al concreto a menos que el Ingeniero lo apruebe de otra manera. La intensidad de la vibración será lo suficiente como para causar el flujo y asentamiento del concreto en su lugar.

1.9. Curado del concreto

El Contratista prestará cuidadosamente atención al curado apropiado de todo el concreto. Una vez desencofrado cualquier miembro reciente, se mantendrá húmedo todo el día por un periodo de 7 días. En el caso de la fundación masiva para el tanque, se esparcirá una capa de arena en toda la superficie la cual se mantendrá húmeda todo el día y teniendo el cuidado de humedecerla por las noches durante los siete días del curado.

1.10. Paredes de concreto ciclópeo

Los muros del tanque de mampostería serán construidos de piedra bolón de tamaño máximo de 4" a 10" de diámetro, estas piedras deberán ser de roca sólida, no se permitirán bolones de piedras calizas, terrones o materiales fácilmente disgregables. El mortero a emplearse en la pegada de la piedra tendrá una proporción de una parte de cemento por cuatro partes de arena colada con la malla n°16. El volumen de piedra bolón ocupará como máximo el 60% del volumen total del muro. La colocación de la piedra bolón se hará de manera que las juntas queden completamente llenas de mortero y no hagan espacios vacíos obteniendo así la conformación monolítica de la piedra con el mortero, deberá colocarse la piedra de forma estética, de manera que la apariencia de la pared presente un buen acabado.

1.11. Excavación

El Contratista replanteará el trabajo y será responsable de su marcación de acuerdo a las referencias de los planos, las cuales deberán ser mantenidas durante el progreso del trabajo. El Ingeniero establecerá un banco de nivel permanente que servirá de referencia para todos los niveles. El Contratista será responsable de la conservación de este banco de niveles y pagará el costo de su reposición si se pierde por su negligencia.

La excavación para el tanque se efectuará de acuerdo con las dimensiones y niveles indicados en los planos. La excavación se extenderá a una distancia tal de las paredes que permita llevar a cabo las diferentes operaciones de construcción e inspección de la obra, el mejoramiento del suelo donde se construirá el tanque, será de acuerdo a lo recomendado por el laboratorio de suelo que efectuó los estudios y que se anexan a estas especificaciones. Toda obstrucción, troncos y desperdicios en el área del movimiento de tierra será removida fuera del predio por el Contratista. Si no se encontrara un subsuelo a la profundidad indicada en los planos de fundaciones con un soporte adecuado, el Contratista notificará inmediatamente al Ingeniero. El Contratista mantendrá el área de excavación convenientemente drenada para no perturbar la estabilidad de las fundaciones y del suelo de soporte. El fondo de la excavación debe quedar a nivel libre de material, suelto y llevarse hasta los niveles indicados sin alterar el suelo a dichos niveles

El Contratista mantendrá en todo momento los pozos y zanjas de las cimentaciones libres de agua. Proveerá el bombeo necesario para mantener durante la construcción los espacios excavados libres de agua.

A fin de mantenerlas firmes y seguras, se apuntalarán y arriostrarán excavaciones en la forma requerida y aprobada por el Ingeniero. Se removerán los puntales a medida que la obra progrese, asegurándose esta medida hasta que los terraplenes estén completamente seguros de colapsos y desprendimientos.

1.12. Limpieza

Todo material sobrante resultado de la excavación del sitio, será removido del predio a costo del Contratista. Asimismo todos los desperdicios y resultados de estos trabajos, se removerán del sitio, el cual se entregara limpio y en condiciones aceptables.

1.13. Partes a ser construidas de concreto

Todas las partes del tanque que fueren construidas de concreto, tales como fundaciones, losas, vigas, columnas, recubrimiento de losa de techo, etc deberán ser construidas siguiendo invariablemente las alineaciones horizontales y verticales de los planos de detalle y cumpliendo la condición de que el concreto se coloque monolíticamente.

1.14. Curado del concreto

El Contratista prestará cuidadosamente atención al curado apropiado de todo el concreto de las estructuras. Todas las superficies expuestas, deberán mantenerse húmedas por un período de 10 días después que el concreto haya sido colocado y desencofrado. Se evitarán causas externas (sobrecargas, vibraciones, etc) que puedan provocar fisuras en el concreto sin fraguar o sin la resistencia adecuada.

1.15. Remoción de formaletas y obras falsas

La formaleta de la losa superior y columna central podrá ser removida parcialmente a los 21 días después de colada, quedando ciertos soportes a criterio del Ingeniero para removerse a los 28 días. El proceso de remoción deberá hacerse de tal forma que no cause daño a la estructura o superficie.

1.16. Acabado de superficies expuestas

Cuando las formaletas sean removidas, las superficies finales serán razonablemente lisas, libre de ratoneras, poros o protuberancias. Si estos defectos se presentan deberán ser reparados de la forma aprobada por el ingeniero sin costo adicional para el Dueño.

1.17. Trabajos defectuosos

Cualquier trabajo defectuoso que se descubra después que las formaletas hayan sido removidas, será reparado de inmediato después que el Ingeniero lo haya observado. Si las partes de concreto tuvieran abultamientos, irregularidades o marcas excesivas de formaleteado, cuyos defectos a criterio del Ingeniero no puedan ser reparados satisfechamente, entonces toda parte defectuosa será removida o reemplazada sin que ello represente costo adicional para "El Contratante" por trabajos y materiales ocupados durante la remoción defectuosa.

1.18. Pruebas

Una vez que el tanque esté totalmente terminado se ejecutará una prueba de impermeabilidad, la cual se hará de la forma siguiente: Se debe llenar el tanque hasta la altura del rebosadero durante un periodo de 48 horas, reponiendo continuamente el agua que sea consumida por la saturación de los materiales que forman las partes del tanque, a continuación se dejará lleno el tanque por 72 horas más, no debiendo rebajar el nivel del agua más de 9 centímetros. Cualquier fuga deberá ser revisada por el Ingeniero y recomendar su reparación en la forma más adecuada sin que ello signifique costos extras para "El Contratante".

1.19. Acabado interno de paredes

En la parte interior de las paredes se aplicará un repello de 1.6 centímetros con una proporción de una parte de cemento por tres partes de arena. Posterior al repello se aplicará un fino tipo espejo de cemento con textura lisa. Se tendrá especial cuidado con el curado de estos acabados, evitando agrietamiento por la falta de humedad.

1.20. Accesorios del tanque

El contratista deberá suministrar los accesorios que se muestran en los planos constructivos o que aquí se especifican.

1.20.1. Tubería de llegada

La tubería de llegada al tanque proyectado será de PVC de 2", que previo a su entrada será convertida mediante un adaptador a tubería de H.G. de igual diámetro, contando además con válvulas de control de flujo (ver detalles en planos).

1.20.2. Tubería de salida

La tubería de salida será de H.G. de 2", provista de una válvula de compuerta del mismo diámetro de H.F., posterior a la válvula de compuerta será convertida en tubería de PVC de igual diámetro mediante un adaptador (ver detalles en planos).

1.20.3. Tubería de limpieza

Sera de 2" H.G. y está ubicada en el fondo de la unidad de almacenamiento. Cuenta para su operación con una válvula de compuerta de H.F. del mismo diámetro.

1.20.4. Tubería de ventilación

Consiste en tubería de material H.G. de 3", formando con codos del mismo material, una "U" invertida. La entrada será protegida con cedazo fino (ver detalles en planos).

1.20.5. Tubería de rebose

Consiste en tubería 2" de diámetro H.G., que descargara hacia un canal rectangular de 0.20x0.40 cm (ver detalles en planos).

1.20.6. Escalera Interior

Se deberá suministrar e instalar una escalera interior, construida con peldaños de acero de refuerzo galvanizado de 5/8" de pulgada de diámetro. Los peldaños tendrán un ancho de 0.40 metros, siendo el espaciamiento de los mismos de 0.30 metros.

1.20.7. Boca de inspección

Se construirá una boca de inspección de acceso en el techo, dicha boca de deberá construirse conforme al detalle mostrado en los planos constructivos.

2. Especificaciones para la caseta de bombeo

2.1. Limpieza inicial

Esta sección comprende todo lo relacionado con remoción, desalojo y disposición final de todos los materiales producto de la limpieza y/o desbrozo de todas las áreas en donde se realizarán las obras definitivas del proyecto. Este trabajo comprende la eliminación y despeje del terreno de todos los árboles, arbustos, troncos, cercas vivas, matorrales y vegetación en general.

Las labores de limpieza y desbroce al mismo tiempo en toda el área de emplazamiento de la caseta.

2.2. Concreto

Se usara concreto con $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ en acera. El revenimiento máximo será de 12 cm. Se deberán cumplir las normas mínimas constructivas del Reglamento Nacional de la Construcción (RNC).

En la fabricación, transporte y colocación del concreto deberán cumplirse todas las recomendaciones del American Concrete Institute (A.C.I.), contenidas en el último Informe del Comité A.C.I. 301.

2.3. Materiales

El cemento, agua, agregado grueso, agregado fino y acero de refuerzo, seguirá las especificaciones establecidas en la sección (7.1.4)., de este documento.

2.3.1. Bloques de adobe estabilizado (hueco)

Se usarán bloques de 10cm x 20cm x 40cm, con color y textura uniforme, de fabricación local o de fábrica. El bloque deberá ser curado totalmente y en el transporte se tomarán precauciones para evitar descascaramientos y fracturas.

Los bloques deberán presentar superficies y cantos bien definidos y duros, igualmente para los huecos.

2.4. Repellos y finos

Las superficies de concreto que deben repellarse, serán piqueteadas totalmente para asegurar la adhesión del mortero. No se permitirá piquete salteado. En lugar del piqueteado, se podrá utilizar productos químicos aprobados que garanticen la adherencia.

El mortero para repello se fabricara con una proporción 1: 4, tanto para el interior como para el exterior.

Con relación al curado, se deberá tener el suficiente cuidado para evitar secados repentinos, por efectos del sol y viento. El curado se llevará a cabo por siete días con abundante agua.

El fino se aplicará a golpes de llana de madera, sobre la superficie repellada, dándole el espesor mínimo necesario para cubrir las desigualdades de la superficie, puliéndola enseguida. Las superficies deberán rociarse con agua por lo menos durante tres días.

2.5. Estructura de techo

Este trabajo comprende el suministro de equipo, mano de obra, materiales, herramientas y servicios necesarios para llevar a cabo la construcción de la

estructura de techo de acuerdo con los planos constructivos y estas especificaciones.

2.5.1. Construcción

Durante la construcción de la viga corona, se deberán instalar las platinas con forma, dimensiones y sitios indicados en los planos. Al terminar el fraguado de la viga corona, las platinas deben estar bien empotradas a la viga.

Terminada esta actividad, se procederá a la pintura de la estructura, esperar que seque, y ya está lista para recibir la cubierta de techo.

2.5.2. Cubierta de techo

Se suplirán todos los materiales, mano de obra y accesorios necesarios para construir los techos libres de filtraciones. El calibre de la lámina deberá ser de Clase 26.

2.6. Acabado y pintado

Se le darán dos manos de pintura anticorrosiva color rojo, esperando que la primera seque completamente para aplicar la segunda capa, no se deberán dejar rebabas de pintura ni espacios sin pintar, la aplicación de estas capas debe ser pareja, de tal forma que se observe una capa lisa y uniforme de pintura y color.

2.7. Piso

Este acápite implica el suministro e instalación de todos los materiales y mano de obra necesarios para la correcta instalación y acabado del piso.

La cubierta de piso consistirá en un cascote de concreto de 7.5 cm de espesor, sin refuerzo.

3. Especificaciones para el equipo de bombeo

El equipo de bombeo será del tipo sumergible, el que será seleccionado en base a las características siguientes.

Caudal	21.88	gpm
CTD	173.61	Pies
Potencia de la bomba	1.6	HP

3.1. Bomba

Los tazones de la bomba podrán ser de acero inoxidable, hierro dúctil o hierro fundido de grano fino, teniendo una resistencia mínima de 30,000 lb/plg². La resistencia del material seleccionado para la construcción de los tazones deberá tener relación directa con la carga total dinámica de la bomba. Además, deberán estar libres de ampollas, picaduras o cualquier otro defecto; haber sido maquinados con precisión y ajustados a dimensiones exactas.

Se deberá especificar la curva de operación, la cual será planteada a las mismas revoluciones con que gira el motor eléctrico a que irá acoplada. Se requiere que la bomba sea seleccionada en real punto de máxima eficiencia o ligeramente a la derecha del mismo.

La bomba debe estar dotada de un sensor de mínimo y máximo nivel de bombeo. Dicho plato debe tener agujeros que permitan la introducción del cable de alimentación eléctrica del motor, así como la introducción de tubería PVC de una pulgada. Esta última será utilizada como tubo piezométrico. La tubería de columna irá roscada directamente al codo de descarga.

3.2. Válvulas de retención horizontal (válvula check)

Esta válvula deberá operar abierta normalmente en condiciones de flujo normal. Cuando la presión de salida exceda a la presión de aguas arriba, la válvula deberá cerrar lentamente controlando la velocidad de su apertura en prevención del golpe de ariete. Llevarán colocadas en relieve el diámetro nominal, la presión nominal, el material, la marca de fábrica y la flecha indicando el sentido de la corriente, tendrán interior y exteriormente un revestimiento protector. La presión de trabajo deberá ser mínimo 200 psi. Las bridas serán conformes las especificaciones AWWA C-508. Se recomienda la marca Apolo o equivalente.

3.3. Medidor maestro

Serán del tipo medidor de velocidad con hélice propulsada, de esfera seca y lectura tipo recta con rodillos de cifras saltantes. En términos generales, deberán cumplir con las normas AWWA C-794-70.

La indicación de totalizador deberá tener por lo menos seis (6) rodillos de cifras. Los primeros cinco rodillos indicarán metros cúbicos enteros hasta 99.99 metros cúbicos y el sexto rodillo indicará décimas de metros cúbicos. La indicación de las

centésimas de metros cúbicos (10 litros) podrá ser hecha mediante aguja indicadora que gire en el sentido horario en círculo dividido en diez partes iguales mediante un séptimo rodillo de cifra. La totalización máxima será de 100,000 metros cúbicos, mientras que la lectura mínima será de diez litros.

Los medidores tendrán sus bocas de unión solidaria a la caja y provista de bridas del tipo redondo conforme ASA B.16.1-1960 clase 125, que especifique la perforación del diámetro y su espesor. Cada boca traerá su respectivo compañero de brida (COMPANION FLANGE) provisto de rosca hembra IP según ASA B.2.1 1960.

Los ejes, piñones y cojinetes del tren de engranaje deberán ser de materiales durables y anticorrosivos. Los piñones estarán sujetos, engranarán completamente entre si y se deslizarán libremente. Los cojinetes estarán afianzados de tal manera que no podrán abandonar su posición y serán fácilmente reemplazados.

Los medidores traerán las siguientes marcas:

- Tamaño nominal en ambos lados de la caja fundido en alto relieve.
- Dirección de la corriente en ambos lados de la caja fundidos en alto relieve.
- Marca abreviada del fabricante con el número de fabricación en la tapa o en la cabeza, en el anillo de sujeción del cristal.
- Sentido de la regulación fundido en alto relieve.

Deberán venir provistos de dispositivos para sello de alambre y será accesible desde el exterior sin necesidad de desarmar el contador. Traerán tapa protectora de bronce que cubra el cristal y rebatible 180 grados.

3.4. Manómetro de carga

Deberá ser adecuado para medir presiones entre 0 y 14 kg/cm², sistema Bourdon. Será del tipo ASHCROTT DURAGAGE AND ACCESORIES, iguales o similares a los manufacturados por Maming, Max Well y More, Inc. Stroford, Comertiend, U.S.A. con escala circular de 4 -1/2" de diámetro carátula blanca con números negros, con lectura doble en kg/cm² y en metros de columna de agua. Estarán provistos de un tubo de bronce fosforado.

4. Especificaciones para instalación de tuberías

4.1. Excavación

4.1.1. Trabajos iniciales

Antes de iniciar la excavación de las zanjas El Contratista deberá verificar la existencia de infraestructura dentro del área de las tuberías a instalar, al mismo tiempo avisar y suministrar la información requerida al Ingeniero, para que este revise y dictamine sobre los cambios de alineaciones y niveles propuestos por el contratista. Todo aviso y notificación al respecto deberá hacerse por escrito, acompañado si fuere posible, con detalles constructivos (esquemas). El Contratista deberá planear y colocar en los ligares aprobados por el Ingeniero, las señales necesarias que permitan a los conductores y peatones sobre las precauciones de deben tomar al transitar por el lugar.

4.1.2. Dimensiones excavación

El ancho de zanja será igual al diámetro nominal de la tubería más 0.40m, colocando la tubería al centro de la zanja, manteniendo la verticalidad de zanja en toda su extensión. No se reconocerá a El Contratista en la forma de pago, la ampliación de las zanjas hechas sin autorización del Ingeniero.

En general, a menos que los planos indiquen lo contrario, la profundidad de la zanja será de 0.8m.

El fondo de la zanja deberá quedar perfectamente nivelado, sin protuberancias que afecten a la tubería a instalarse, de manera que el tubo descansa sobre el terreno en toda su longitud y extensión.

En caso de que durante la excavación se presentasen terrenos de poca consistencia (muy húmedo, suelos orgánicos, entre otros) o arcillosos como el zonzocuite la zanja deberá profundizarse como lo indique el Ingeniero, pero no menos de 30cm abajo del fondo previsto. El material excavado deberá reponerse por material aceptado por el Ingeniero dentro de las especificaciones señaladas en la sección de relleno especial.

Cuando la excavación sea en roca o en piedra cantera, se removerá está a una profundidad de 0.15m bajo la rasante de la línea inferior del tubo. Esta excavación comúnmente conocida como excavación adicional, se rellenara después con material aprobado por el Ingeniero de la manera descrita en la sección de relleno especial o como lo indique el Ingeniero.

4.2. Instalación de tuberías

4.2.1. Recursos y procedimientos

Los materiales, mano de obra, herramientas, equipos, entre otros, para dejar instalada y en completa operación la línea de agua potable, serán suministrados por El Contratista.

4.2.2. Cortes y rectificaciones en tubería

Los cortes en tubería son una actividad importante a controlar durante la ejecución del trabajo, principalmente durante la instalación de accesorios y válvulas, o bien, cuando es necesario cortar y rectificar tubos que han sufrido algún daño durante el transporte, manejo o acarreo al sitio de la obra. También pueden requerirse para efectuar curvas en el alineamiento; en tales casos, es preciso cortar la parte dañada o reducir un tubo normal a la longitud requerida y rectificar luego los extremos del corte para proceder a efectuar las uniones.

4.2.3. Remoción de agua en las zanjas

El Contratista removerá inmediatamente toda agua superficial o de infiltración que pueda acumularse en las zanjas durante la excavación y la construcción, mediante la previsión de los drenajes necesarios o mediante bombeo o achicamiento. Se requiere que toda zanja se mantenga seca y no se permitirá que la tubería o alguna estructura sean colocadas en presencia de agua.

4.2.4. Instalación de tuberías

Las tuberías a instalar en la red de distribución y línea de conducción serán de PVC SDR-26, con diámetro de 50 mm (2").

Antes de instalarse, los tubos serán alineados a un lado y a lo largo de la zanja. Se deberán usar herramientas y equipos apropiados para manejar e instalar los tubos y accesorios en una forma segura y satisfactoria, siendo lo ideal el seguir las recomendaciones del fabricante. En el manejo debe evitarse el uso de métodos bruscos, tal como dejar caer los tubos. El almacenamiento de la tubería debe ser hecho sobre suelo llano, exento de piedras y de preferencia bajo cubierta y a la sombra.

Los tubos podrán ser abajados a la zanja a mano o por medio de cuerdas, teniendo el cuidado de no dejarlos caer sino depositarlos y no dejados rodar.

Se revisará el interior de los tubos a instalarse, con el objeto de verificar su limpieza. Los accesorios a usarse en la tubería, serán igualmente revisados y sometidos a una limpieza general.

La rasante de los tubos y accesorios, deberá ser terminada cuidadosamente y se formara en ella una especie de media caña a fin de que una cuarta parte de la circunferencia de cada tubo y en toda su longitud quede en contacto con terreno firme.

Los extremos de los tubos que ya hayan sido instalados, serán protegidos con tapones de material aprobado por el Ingeniero, para evitar que tierra y otras suciedades penetren en los tubos.

En los pases a través de cauces y quebradas, la tubería será protegida con una camisa consistente en tubos de hierro fundido H°F° de 2" de diámetro.

Cuando el zanjeo sea en forma de curva horizontal, la instalación se hará aprovechando las desviaciones angulares permisibles que cada junta puede alcanzar, la cual será la especificada por el fabricante de la tubería. Conviene recordar que el montaje se realiza a partir de tubos perfectamente alineados. La desviación sólo debe realizarse, después que el montaje de la junta se encuentre totalmente terminado.

En las zanjas con fuertes declives, será necesario anclar o asegurar los tubos que se van instalando, previendo que por su propio peso puedan deslizarse u originar defectos en sus uniones.

4.2.5. Instalación de válvulas y accesorios

Antes de proceder con la instalación de las válvulas y cualquier otro accesorio. El Contratista los examinará cuidadosamente, el accesorio encontrado defectuoso será separado para su correcta reparación o para su abandono.

Las válvulas serán inspeccionadas para comprobar la dirección de apertura, libertad de operación, la fijeza de los pernos, la limpieza de las puertas de la válvula y especialmente el asiento, daños por el manejo y grietas.

Las válvulas deberán ser instaladas en los lugares fijados por los planos o en los sitios indicados por el Ingeniero. Toda válvula deberá ser instalada de modo que su eje quede completamente vertical. Su instalación completa deberá comprender caja protectora, bloque de reacción y anclaje. Cuando se tengan uniones flexibles no es necesario el uso de estas pozas cortas. Las cajas de protección de las válvulas se instalaran a nivel con la superficie del terreno.

Se instalará una caja de válvulas por cada válvula a ser instalada de acuerdo con los detalles de los planos constructivos. Todas las cajas de válvulas deberán ser colocadas de manera que no transmitan impactos o esfuerzos a la válvula y deberán ser centradas y colocadas a plomo sobre la tuerca de operación de las válvulas.

a) Válvulas de compuerta

En los sitios indicados en los planos se instalarán válvulas de compuerta. Estas deberán instalarse sobre bases de concreto con varillas de anclaje de acuerdo con los detalles indicados en los planos. Toda válvula deberá ser instalada de tal forma que la tuerca para operar quede en posición vertical. Las cajas de protección de las válvulas se instalarán a nivel con la superficie del terreno.

b) Válvula de Limpieza

En general la ubicación se realiza en el lugar indicado conforme a los planos y consiste en colocar una tee en la línea, a la cual se conecta lateralmente un Niple y una válvula de compuerta y luego otro Niple, hasta el punto adecuado del desfogue.

4.2.6. Anclajes bloques de reacción

Accesorios en general como tees, codos, tapones y válvula; serán afianzados por medio de anclajes y bloques de reacción a fin de impedir su desplazamiento bajo la presión del agua. Estos serán construidos con concreto de 2000 psi, de acuerdo a las especificaciones detalladas en los planos para cada accesorio.

En las pendientes fuertes hay tendencia del relleno al deslizamiento y puede arrastrar consigo la tubería. En la mayoría de los casos, basta apisonar muy bien en capas de 10 cm hasta llegar al nivel natural del terreno o rasante. Si por alguna razón se tiene un deslizamiento, deben construirse bloques de anclaje de manera que queden apoyados en el terreno firme que ha sido excavado. Estos bloques de anclaje pueden construirse a cada tercer tubo.

4.2.7. Cruces de cauces

Los cruces de cauces se realizarán donde lo indiquen los planos y de conformidad con los detalles en ellos indicados.

Ambos cruces de quebradas, con longitudes de tubería de 9.50 y 12.30 metros, se harán aéreo, revistiendo la tubería de PVC diámetro 2" con tubería de hierro

galvanizado diámetro 3", sostenido en los extremos en bloques de reacción y en el claro del cauce.

4.2.8. Prueba de presión hidrostática y de estanqueidad

La finalidad de la prueba no es la de verificar una vez más la calidad de los materiales, sino hallar averías causadas por maltrato en la tubería o fallas en el montaje de las distintas partes de la línea. Es indispensable que el tramo que vaya a probarse se encuentre totalmente terminado, por tanto, debe verificarse que la tubería este totalmente soportada, los bloques de anclaje estén contruidos y fraguados.

La prueba de la tubería se realizara medida que la obra progresa y en tramos no mayores de 200 metros, aunque a criterio del Ingeniero podrá variarse la longitud por razones prácticas tales como las facilidades de aislamiento por válvulas y los tiempos de llenado y vaciado de las tuberías.

La tubería se someterá a una prueba de presión hidrostática equivalente a 1.5 veces la presión estimada de trabajo, no siendo inferior en ningún caso a 150 psi. Estas presiones de prueba deberán mantenerse por no menos de una hora. Los costos del agua que se utilice para realizar las pruebas deben ser integrados en los precios unitarios de la oferta.

4.2.9. Conexiones domiciliarias

La alineación de las conexiones deberá hacerse a 90° respecto a la tubería de alimentación de la conexión.

La perforación de la tubería de alimentación se hará en un costado del tubo. Antes de colocar la abrazadera o silleta el tubo debe limpiarse para dejar una superficie uniforme y lisa donde se ajuste completamente el accesorio. Las tuercas de la abrazadera deben presionarse uniformemente y lo suficiente para garantizar una conexión hermética, pero que no llegue a ocasionar ruptura de la tubería. Después de efectuada la perforación del tubo deberán removerse los restos de material que puedan haber quedado.

4.3. Relleno y compactación

Para toda zanja abierta para la instalación de tuberías o para otras actividades complementarias del proyecto, se requerirá de El Contratista el suministro de los recursos necesarios para efectuar adecuadamente el relleno y compactación de los mismos. El relleno y la compactación deben ser realizados adecuadamente

para cerrar las zanjas. En general, esta actividad utiliza como material, el mismo que fue extraído de la zanja, libre de elementos inadecuados.

4.3.1. Requerimientos generales

A menos que se indique lo contrario o que circunstancias especiales así lo exijan, no se rellenarán las zanjas hasta que la tubería haya sido probada, desinfectada y lavada satisfactoriamente. Durante el relleno de las zanjas es necesario ajustarse a los siguientes requerimientos:

- 1) Se iniciará el relleno con capas de 10 centímetros de espesor y material seleccionado aceptado por El Ingeniero, cuidadosamente apisonadas sobre y muy particularmente, debajo del tubo y sus costados, hasta un nivel que corresponda a 1/4 del área del tubo. Al terminar el apisonado del fondo de la zanja, se usará un azadón de forma curva para proveer un apoyo uniforme y continuo para el cuadrante inferior de los tubos.
- 2) Se continuará compactando el relleno en capas no mayores de 10 centímetros hasta alcanzar un espesor de 30 cm arriba de la parte superior de la tubería.
- 3) Desde 0.30 metros sobre el tubo hasta el nivel de rasante, se rellenará con material de la excavación, pero escogido, colocado y apisonado en capas de 15 centímetros. Piedras de más de 10 centímetros serán excluidas de todo relleno.
- 4) Cada capa de material de relleno con una humedad aceptable, que no sea ni muy baja (falta de agua) ni excesivamente saturada (exceso de agua) será compactada adecuadamente con apisonadoras de barra hasta lograr una apariencia de compactación sólida y densidad uniforme.

4.3.2. Tipos de relleno

a) Relleno común

Consistente en material aprobado y seleccionado, sacado de la excavación de la zanja o de otra fuente, libre de terrones grandes, cenizas, basuras, plantas, hierbas u otros materiales degradables. El relleno deberá tener alrededor del 2% de agua natural, con relación al peso seco del suelo original.

b) Relleno especial

En vista que la norma requiere para rellenos de zanjas, cierto grado de calidad de material dependiendo de las condiciones específicas encontradas en el subsuelo, algunas veces se obligará el mejoramiento y/o la sustitución del material existente en la excavación, por otro catalogado como relleno especial, tales rellenos podrán ser: a) de material selecto para sustituir o para mezclar; b) material especial granular; c) material especial arenoso.

5. Especificaciones para tubería y accesorios PVC

5.1. Tuberías

Todas las tuberías de Cloruro de Polivinilo (PVC) a ser suministradas deberán cumplir con la especificación estándar ASTM D 2241-89, la tubería de 2" deberá ser clase SDR-26, según la, del tipo de unión flexible, tipo PUSH-ON o TYTON o JUNTA RAPIDA, es decir, que en el interior de uno de sus extremos traerá incorporado un empaque de caucho o neopreno donde se insertará el extremo libre del otro tubo, haciendo un sello perfecto.

Las tuberías PVC de 4 y 6" a utilizar para la protección de válvulas serán clase SDR-41, mientras que las tuberías de ½" de diámetro a utilizarse en acometidas domiciliarias serán clase SDR-13.5 del tipo de unión cementada. Las propiedades físicas de la tubería serán probadas de conformidad a la última versión de las normas ASTM D2241, D1598 y D1599, para la presión sostenida, presión de estallido integridad hidrostática, aplastamiento y calidad de la extrusión.

Todas las tuberías PVC deberán llevar marcado lo siguiente:

- Marca del fabricante.
- Código de fabricación, designando como mínimo la fecha de fabricación.
- Diámetro nominal.
- Tipo, grado, valor SDR y la presión de servicio.
- ASTM D 2241.
- Sello o marca del laboratorio que certifica el producto para el transporte de agua potable.

La tubería de PVC será fabricada de compuestos vírgenes de clase igual o superior a las clases 12454-B, 12454-C, 14333-D, según lo define la especificación ASTM D 1784. Las tuberías deben ser diseñadas para una presión hidrostática de 2000 psi (14 MPa) para agua a 23° C, designadas como PVC1120,

PVC1220 y PVC2120. Los compuestos usados en la fabricación de las tuberías y accesorios no deben contener ingredientes solubles en agua en una cantidad tal que su migración en determinadas cantidades en el agua sea tóxica y no permitida, según las normas de calidad OPS/OMS para el agua potable. Es de hacer notar que no se aceptarán materiales que contengan plomo y sus derivados, o materiales solubles en agua u otros que perjudiquen la calidad específica de la tubería.

Dimensiones: Los diámetros, espesores de paredes y longitudes de la tubería serán determinados conforme a lo establecido por el método de prueba estándar ASTM D2122-88.

Longitudes estándares: La tubería debe suministrarse en longitudes estándares de 20 pies \pm 1 pulgada (6.1 m \pm 25 mm). Un máximo del 5% de la longitud de cada diámetro puede suministrarse en longitudes variables que no sean menores a los 10 pies (3 m).

Empaques de caucho y lubricantes: Los empaques y lubricantes proyectados para usarse con la tubería de PVC, deberán ser fabricados de material que sean compatibles el uno al otro con el material de plástico, cuando son usados juntos. El material no deberá soportar el crecimiento de bacterias ni adversamente afectar la calidad potable del agua que está siendo transportada.

5.2. Accesorios PVC

Todos los accesorios serán cédula 40, de extremos lisos (Slip x Slip) para junta cementada. Los adaptadores hembra (female adapter) y adaptadores machos (male adapter) de 1/2" tendrán un extremo liso y el otro extremo roscado S. T. (Slip x THREAD). Para el caso de las abrazaderas de 2" * 1/2", rosca recta en la boca de servicio, deberá cumplir la norma ASTM D-2466-74, para una presión de trabajo de 250 psi. Otros nombres utilizados para las abrazaderas son collares de derivación o silletas roscadas (threaded services addle). Los pernos y tuercas utilizados serán de bronce o acero con tratamiento especial anticorrosivo.

5.3. Pegamento PVC

El pegamento a suministrarse debe cumplir con la norma D-2564, la cual rige las especificaciones para cemento solvente. Esta es una solución de PVC clase 12454-B que debe suministrarse en recipientes de 1/4 de galón o menor.

6. Especificaciones para válvulas de hierro fundido y bronce

6.1. Válvulas de pase de bronce (CURB STOP)

El material de fabricación de las válvulas será de una aleación de bronce, que contenga un 85% de cobre y un 5% de estaño, plomo y zinc, de acuerdo a los requerimientos mecánicos y químicos de ASTM B62 o ASTM B584. Serán diseñadas, fabricadas y probadas según la norma ANSI/AWWA C800, última revisión.

Las válvulas de 1/2" serán similares a los modelos FORD ZX11-111 y MUELLER H-10202. Las válvulas de 2" serán del tipo de bola, de 1/4 de vuelta, extremos roscados hembra, similares a los modelos FORD B11- 777 y MUELLER B-20283 o SIMILAR.

6.2. Válvulas de compuerta de hierro fundido

Serán fabricadas conforme a las Normas AWWA C-509-87. Las válvulas de compuerta ofertadas serán del tipo de cierre elástico de vastago no-levadizo (NRS RESILIENT SEATED GATE VALVE), con la compuerta o cuña de hierro fundido, encapsulada en elastómero, diseñadas para una presión de trabajo de 200 psi, vástago de bronce no levadizo, con cierre en sentido de las manecillas del reloj.

Las válvulas vendrán provistas de tuerca de operación de 2" x 2" con extremos con empaque de hule, con un diámetro interior igual al diámetro exterior del tubo suministrado (PVC SDR-17 o 26), llevarán interior y exteriormente un revestimiento protector. Las válvulas con extremos de bridas serán según especificaciones ANSI B-16.1, clase 125, con sus respectivos compañeros de brida de hierro fundido con rosca hembra I.P. (Female Iron Pipe Threads), pernos, tuercas y empaques.

7. Especificaciones para tuberías y accesorios de Hierro Galvanizado (HG)

La tubería de hierro galvanizado será del tipo estándar cédula 41, debiendo ajustarse a las especificaciones ASTM 120-65 y ASTM A 90-39. Será suministrada en longitud de 6 metros, con rosca estándar en cada extremo y las respectivas uniones. Esta última consistirá en una camisa de hierro galvanizado con rosca standard para roscarse en el extremo del tubo. Los accesorios de hierro galvanizado se ajustarán a las especificaciones ASTM, tendrán rosca hembra del tipo IRON PIPE (I.P.) y deberán ser diseñados para acoplarse a tubería de HG.

RESULTADOS

1) Diagnostico socioeconómico

El diagnostico socioeconómico reflejó:

- La distribución de géneros es bastante equitativa, correspondiendo a un 52% de habitantes del sexo masculino y 48% del sexo femenino.
- El 25.8% de los hombres es analfabeta o solo saben leer y el 28.1% de las mujeres se encuentran en esta misma situación.
- Con relación a la vivienda, el tipo de construcción es tradicional, con materiales de la zona (madera y barro).
- En la comunidad no hay servicio de alcantarillado sanitario, las aguas servidas provenientes de lavado, baño y cocina son descargadas superficialmente sobre los patios.
- No existe un mecanismo comunitario de eliminación de desechos, por lo que cada familia se encarga de despejar los desechos de sus viviendas, el 70% de las población quema la basura.
- El 77% de las familias no tiene una letrina propia, por lo que se ven en la necesidad de prestar o de hacer sus necesidades al aire libre. Además solamente el 29% de las letrinas se encuentran en óptimas condiciones y otro 29% yacen en malas condiciones. Este resultado refleja la necesidad de implementar a corto plazo un proyecto de saneamiento rural.
- El único servicio público básico con el que cuenta la comunidad es el suministro de energía eléctrica.
- La principal actividad económica es la agricultura, destacándose el cultivo de maíz y frijol.
- Las expectativas de la población están puestas en una mejora en la calidad del agua para consumo humano. El 96% de la población demanda un sistema con conexiones domiciliarias y solamente un 4% muestra conformidad hacia un sistema con tomas públicas.
- En cuanto a los niveles de pobreza y estilo de vida, la comunidad pertenece a la subregión III de Teustepe, catalogada por el INIDE como en extrema pobreza.

- La población económicamente activa dentro de la comunidad es de 193 personas, que representa el 39% de la población total (solamente el 8% son mujeres). El 96% de las personas trabaja dentro de la comunidad y solamente el 4% trabaja fuera de ella.
- El diagnóstico socioeconómico reflejó que la población de la comunidad Los bajos de cerro de piedra cuenta con la suficiente capacidad económica, para hacer frente a un proyecto de MABE, si bien los ingresos familiares son bajos por las características de los trabajos que desempeñan, un ingreso familiar promedio de C\$ 1907.00 (Un mil novecientos siete córdobas netos) resulta suficiente para cubrir la cuota establecida para labores de administración, operación y mantenimiento de un sistema con estas características, cuota que convencionalmente oscila los C\$ 30.00 (Treinta córdobas).

2) Estudio hidrológico

❖ Análisis de la calidad del agua

Los resultados del análisis de la calidad del agua en términos generales son satisfactorios, los parámetros físico-químicos, organolépticos, hierro y arsénico, se encuentran dentro de los límites permisibles por las normas CAPRE y el INAA; en cuanto a los parámetros bacteriológicos, se encontró una concentración excedente de coliformes totales con un valor de 30 NPM/100ml, sin embargo la ausencia de coliformes fecales asegura la utilización del agua del pozo para consumo humano.

❖ Balance hídrico

De la aplicación del balance hídrico se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los registros de precipitación de la estación considerada muestran que la zona del proyecto presenta inviernos muy lluviosos, con registros de precipitaciones más altos al final del periodo.
- Se deduce, basado en los altos niveles de infiltración, la existencia de un predominio de suelos con alta permeabilidad.
- La evapotranspiración se encuentra en niveles relativamente normales, ocasionado por el equilibrio entre los factores que aumentan o disminuyen este fenómeno, entre estos tenemos: las bajas temperaturas que se

desarrollan, la topografía relativamente llana y la cubierta vegetal que impide el arrollamiento de las aguas.

- Se obtuvo un porcentaje de recarga del 16.44% de la precipitación con potencial de infiltración.

3) Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se llevó a cabo adoptando las recomendaciones brindadas por FISE en el documento "Manual de Administración del Ciclo de Proyecto Municipal (MACPM) - Capítulo VII: Agua y Saneamiento Rural".

El trabajo de campo tuvo resultados satisfactorios, permitiendo el plasmar en plano con el suficiente detalle las características generales del terreno, como accidentes topográficos, estructuras públicas y privadas, entre otros. Además de la altiplanimetría para la modelación de la superficie de los caminos y el recorrido de la línea de conducción.

4) Diseño de los componentes del sistema

❖ Fuente de abastecimiento

Como resultado del análisis del caudal explotable del pozo de interés realizado en la sección (5.6.2.), se determinó que el grado de explotación entrado en funcionamiento el proyecto será mínimo, lo que garantiza la durabilidad de esta fuente y un suministro de agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población.

❖ Equipo de bombeo

El equipo de bombeo consistirá en una bomba sumergible de 1.6 HP para bombear un caudal de $5 \text{ m}^3/\text{h} \approx 22 \text{ gpm}$. El equipo deberá ser reemplazado al finalizar el primer periodo de 10 años con otro equipo de iguales características.

El resumen de los resultados obtenidos en la sección (5.7.) se muestra en la siguiente tabla:

Concepto	Valor calculado
Diámetro interno de la tubería	2 Pulgadas
Nivel de Bombeo (NB)	23.15 m
Carga Estática de Descarga (CED)	26.14 m
Pérdidas friccionantes en la columna de bombeo ($hf_{columna}$)	1.31 m
Pérdidas friccionantes en la descarga (hf_{desc})	2.33 m
Carga Total Dinámica (CTD)	173.61 Pies
Potencia hidráulica de la bomba (calculada)	1.6 HP
Potencia del motor	1.84 HP

Tabla 68: Resumen de resultados para la estación de bombeo.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ Línea de conducción

La línea de conducción del sistema de abastecimiento se diseñó considerando tubería de PVC cédula SDR-26 de 2" para presiones de trabajo de hasta 112 m.c.a, la velocidad se encuentra en el rango recomendados por la normativa $0.6 < v < 1.5$ m/s, por lo tanto no hay riesgos por acumulación de sedimentos en la tubería. El golpe de ariete no resulta un problema a tener en consideración para el tipo de tubería.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados obtenidos en la sección (5.8.):

Concepto	Valor calculado	Valor de referencia	Observación
Velocidad	0.68 m/s	$0.6 \text{ m/s} < v < 1.5 \text{ m/s}$	Cumple
Golpe de ariete	58.7 m	112 m.c.a.	Cumple

Tabla 69: Resumen de resultados para la línea de conducción.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ Red de distribución

La red de distribución se construirá con tubería de PVC SDR-26 de 2". Con la finalidad de garantizar un óptimo funcionamiento hidráulico se han diseñado obras especiales como pasos elevados, así como la instalación de válvulas de compuerta y válvulas de limpieza, cuyas características y localización se amplían en las especificaciones técnicas y planos constructivos.

❖ Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento será construido de concreto ciclópeo con una capacidad de 27.9 m³. Los aspectos constructivos se detallan en los planos y especificaciones técnicas.

A continuación se resumen las características de la estructura:

Concepto	Dimensión	Observación
Volumen	27.9 m ³	Considerando el 35% del CPDT
Altura	2.50 m	Incluyendo un reboce de 40 cm
Lado	3.7 m	El tanque será de sección cuadrada
En base a las dimensiones constructivas el volumen final del depósito será de 34.2 m ³		

Tabla 70: Dimensiones finales del tanque de almacenamiento.
Fuente: Elaboración propia. (2015).

❖ Análisis hidráulico del sistema

- El análisis hidráulico del sistema se realizó con el programa EPANET, con el que se evidenció la necesidad de garantizar un bombeo continuo de un mínimo de 12 horas.
- Las presiones obtenidas para las diferentes condiciones de trabajo consideradas fueron satisfactorias, el sistema solamente presenta dos nodos con problema de bajas presiones (nodo 56 y nodo 61), problema que sería percibido únicamente por 2 viviendas. Dicho problema deberá ser objeto de una solución particular para cada caso, esto en vista de que no existe un terreno más elevado en donde reubicar el tanque de almacenamiento, además de que esta acción podría ocasionar que las presiones en algunos sectores se acerquen o excedan la presión máxima de 50 m.c.a., por lo que podría resultar en un inconveniente más que una solución.
- La solución propuesta es instalar un tanque plástico de 35 galones de capacidad elevado sobre una estructura metálica a un altura mínima de 3.5 metros, localizado lo más cerca posible del sitio destinado para colocar la toma de patio, esto para disminuir las pérdidas en la tubería de ½". El depósito deberá ser llenado durante la noche después de las siete, cuando las presiones alcancen su máximo.

- Las bajas velocidades que presenta el sistema indican la inevitable necesidad de colocar válvulas de limpieza para prevenir la acumulación de sedimentos, pues la gran mayoría de las tuberías presenta velocidades por debajo de 0.2 m/s. La localización de las válvulas de limpieza se especifica en los planos constructivos, además de la localización de las válvulas de pase para el cierre de ramales durante las labores de mantenimiento del sistema.

5) Estudio de impacto ambiental

El Estudio de Impacto Ambiental refleja que el proyecto tendría poca incidencia en el deterioro ambiental de la zona. Los impactos negativos se presentaran principalmente en las etapas de corte y relleno, por la alteración a la integridad de los suelos y la calidad del aire, aunque son susceptibles a ser controlados mediante la aplicación de medidas de mitigación y/o corrección. El principal impacto positivo será la mejora de la calidad de vida en la comunidad.

CONCLUSIONES

- ❖ El estudio y diseño del Miniacueducto por Bombeo Eléctrico para la comarca El bajo de cerro de piedra del municipio de Teustepe, departamento de Boaco, se ha efectuado adoptando las "Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09001-99)", emitidas por el INAA.
- ❖ Con la implementación del sistema de abastecimiento de agua potable los habitantes de la comunidad mejorarían de forma sustancial las condiciones higiénico-sanitarias en que habitan, haciendo énfasis en el mejoramiento de la higiene personal, habitacional y salud en general. Sin embargo la comunidad presenta una calidad ambiental desmejorada en cuanto a la contaminación de suelos y posible contaminación de las corrientes superficiales y aguas subterráneas, por efecto de la deposición superficial de las aguas grises sobre los patios y la falta de letrinas que obliga a la disposición de excretas al aire libre, así como también los desechos sólidos domésticos depositados en los patios. Con la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable, éstas condiciones no mejorarían sustancialmente, más aún, podrían ser mayores por las consiguientes descargas de aguas grises en mayor cantidad sobre la superficie de los patios, situación que obliga a contemplar a corto plazo la implementación de un proyecto de saneamiento rural que complemente el sistema propuesto, de tal manera que permita a los pobladores ser protagonistas de su propio bienestar.
- ❖ Según todo lo abordado en este documento se concluye que el sistema propuesto es el más adecuado, habiendo considerado el escenario socioeconómico que se desarrolla dentro de la comunidad, características hidrológico y topográficas del sitio, y las posibles afectaciones al medio ambientales local.

RECOMENDACIONES

- 1) La Alcaldía de Teustepe y la comunidad Los bajos de cerro de piedra, deben trabajar conjuntamente en la organización adecuada de los comunitarios, a través de sus líderes. Los pobladores deben ser capacitados y educados para que logren construir, mantener y operar su propio proyecto de agua.
- 2) Se recomienda coordinación con las autoridades responsables de ENACAL y el MINSA, para que se imparta a los beneficiarios, diversos cursos y seminarios que aborden el manejo, operación y mantenimiento del sistema, sus aspectos técnicos, financieros y de salud.
- 3) También se deberán realizar capacitaciones periódicas en temas de ambiente y salubridad, para aprovechar de manera íntegra los beneficios del nuevo sistema de agua.
- 4) Se debe conformar un Comité de Agua Potable (CAP), que vele por el manejo, cuidado y mantenimiento del servicio. El comité deberá sostener reuniones periódicas a lo interno.
- 6) Los comunitarios en general deben apropiarse del proyecto y adquirir, compromisos a fin de lograr un beneficio pleno con el sistema, cumpliendo con las recomendaciones que emanen de las reuniones que celebre el Comité de Agua Potable.
- 7) Es recomendable realizar monitoreo sistemático del grado de contaminación de las aguas, para regular la dosificación de cloro a utilizar. Estos análisis deben realizarse en coordinación con el departamento de higiene y epidemiología del MINSA, trimestralmente como promedio.
- 8) Se deberá consumir el agua exclusivamente para las necesidades humanas y actividades domésticas, no utilizar el agua para el cultivo, ni para el consumo y baño de grandes animales; o cualquier actividad no considerada durante el diseño o que resulte inapropiada a saber por el CAP.
- 9) El Comité de Agua Potable designara a los encargados de realizar las labores de operación y mantenimiento del sistema, para las que deberán recibir capacitaciones por parte del Programa de Agua y Saneamiento de la alcaldía municipal. Dentro las personas encargadas de manipular y brindar mantenimiento al sistema se recomienda que al menos uno de ellos sea fontanero.
- 10) Se recomienda mantener un fondo monetario para enfrentar reparaciones eventuales del sistema.

- 11) Realizar limpieza constante en del tanque de almacenamiento e hipoclorador de carga constante. Se deberá coordinar con la alcaldía municipal de Teustepe en caso de necesitar una desinfección completa del sistema.
- 12) Mantener un stock de herramientas y accesorios para reparaciones inmediatas del sistema.

BIBLIOGRAFIA

- Agüero, P. R. (1997). *Sistemas de abastecimiento sin tratamiento*. Lima, Perú.
- Arocha, S. (1977). *Abastecimientos de agua, teoría y diseño*. Venezuela.
- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2014). *Ley No. 217, Ley general del medio ambiente y los recursos naturales*. Managua, Nicaragua: Gaceta.
- Baltodano, J. (2003). *Folleto de abastecimiento de agua potable, del curso de explotación y administración de recursos hídricos*. Managua, Nicaragua: Facultad de Tecnología de Construcción, UNI-RUPAP.
- Blanco, M. (2003). *Folleto de estaciones y equipos de bombeo. Curso de explotación y administración de recursos hídricos*. Managua, Nicaragua: Facultad de Tecnología de la Construcción, UNI-RUPAP.
- Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado. (1999). *Manual de normas y procedimientos técnicos para la implementación de proyectos de agua potable y saneamiento en el sector rural disperso de Nicaragua*. Managua, Nicaragua.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia. (2007). *Manual de administración del ciclo de proyecto municipal, Capítulo II: Preinversión*. Managua, Nicaragua.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia. (2007). *Manual de administración del ciclo de proyecto municipal, Capítulo VII: Agua y saneamiento rural*. Managua, Nicaragua.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia. (2008). *Manual de gestión ambiental*. Managua, Nicaragua.
- Gobierno de la República de Nicaragua. (2006). *Decreto No. 76-2006, Sistema de evaluación ambiental*. Managua, Nicaragua: Gaceta.
- Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado. (2001). *Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural, NTON 09001-99*. Managua, Nicaragua.
- Krasny, & Hecht. (1998). *Estudios hidrogeológicos e hidroquímicos de la región del central de Nicaragua* (INETER). Managua, Nicaragua.
- López, R. A. (1999). *Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición*. Bogotá, Colombia: Editorial Alfa y Omega.
- Netto, A., & Acosta, G. (1996). *Manual de Hidráulica*. Editorial Harla.

Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural*. Lima.

Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua*. Lima.

Organización Panamericana de la Salud. (2006). *Criterios básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos rural y de pequeñas ciudades*. Lima.

Piura, L. J. (2008). *Metodología de la investigación científica. Sexta edición*. Managua, Nicaragua: Editorial Xerox.

Tirado, V. R. (2009). *Apuntes de hidrología*. Managua, Nicaragua: Facultad de Ciencias e Ingeniería, UNAN-MANAGUA.

ANEXOS

Anexo 1: Informe de resultados del análisis fisicoquímico y parámetros organolépticos.



GOBIERNO DE RECONCILIACION
y Unidad Nacional
El Pueblo, Presidente!

NICARAGUA TRIUNFA!



ENACAL
Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios

INTERESADO:	COMUNIDAD	FECHA CAPT :	28/10/13
DEPARTAMENTO	BOACO	HORA CAPT :	PM
MUNICIPIO:	TEUSTEPE	PRESERV:	NO
COMUNIDAD	CERRO DE PIEDRA	TIPO FUENTE	SUBT.
PUNTO DE CAPTACION:	POZO PERFORADO		

RESULTADOS

PARAMETRO	PP COMUNIDAD	NORMAS CAPRE	
TEMPERATURA	26	18-30	°C
pH	7.7	6.5-8.5	
COND. ELECTRICA	360	1000	µS/cm
TURBIEDAD	3	5	NTU
COLOR	14	15	UC
SOLID. DISUELTOS	180	400	mg/l CaCO ₃
ALCALINIDAD	98.9	400	mg/l
CLORO RESIDUAL	0.0	0.5 A 3	mg/l
HIERRO	0.16	0.3	mg/l
NITRATOS	-	50	mg/l
BACTERIOLOGICO	15	0.0	100ML
ARSENICO TOTAL	-	10	µg/l

Nota: Como se observa en los resultados de las muestra todos los parámetros están dentro de NORMAS. El análisis Bacteriológico fue realizado por filtración de Membrana de 45mm y 0.45 µm. Con Resultado de 15 Coliformes fecales en 100ml de Agua. Con 0.0 mg/l de Cloro.

Recomendaciones: Desinfección con Hipoclorito de Calcio o Sodio, eliminación de posibles fuentes de contaminación.



Resp. Lab. Regional ENACAL SUR

Atentamente,

CC: Archivo

Fuente: ASOFENIX. (2013).

Anexo 2: Informe de resultados del análisis de arsénico.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales

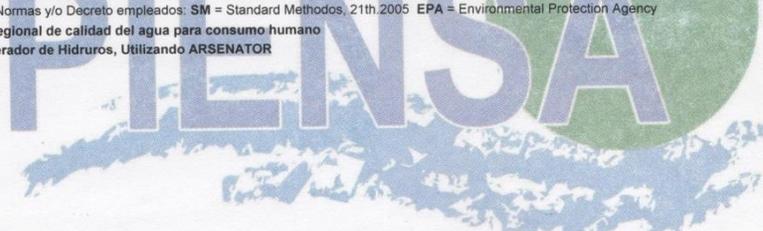
LABORATORIOS AMBIENTALES



CERTIFICADO DE ENSAYOS MP1311-0039

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELEFONO
Asociación Fenix		Residencial Montecrist		-
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Joel Aftreth		Practicante	asu-orden@yahoo.com	8442-6958
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA
06/11/2013	07/11/2013	07/11/2013	18/11/2013	1655
Fecha y Hora de Muestreo			06/11/2013 ; 05:00 p.m	
Muestreado por			Joel Aftreth	
Supervisor de Muestreo en Campo			Joel Aftreth	
Fuente			Pozo perforado	
Tipo de muestra			Agua Subterránea	
Observaciones de Ubicación			Cerro de piedra, Teustepe, Boaco	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA-1311-0761	
METODO	ENSAYO REALIZADO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	
SM // EPA	PARAMETRO		PUNTO DE MUESTREO 1	
G.H	Arsénico	mg/L	0.009	
			0.01	

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 <: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta. ND=No Detectado
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency
 * Norma regional de calidad del agua para consumo humano
 G.H: Generador de Hidruros, Utilizando ARSENIATOR



Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente



Ph.D. Ing. Leandro Páramo

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

0000174

Telefax: (505) 2278-1462 • Teléfono: (505) 2270-5613 / 2270-1517 • Celular: 8866-6702 / 8866-6705
 Email: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

Mesmo

Fuente: ASOFENIX. (2013).

Anexo 3: Informe de resultados del análisis bacteriológico.

LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS MB1409-0088

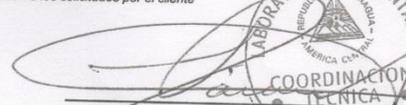
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELEFONO	
ASOFENIX		Residencial Monte Cristi		87428368	
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR	
Joel Altreth		Ingeniero de Proyectos	asu-orden@yahoo.com	87428368	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
31/10/13	01/11/13	01/11/13	12/11/13	1875	Una (1)
Fecha y Hora de Muestreo			01/10/13, 11:48 A.M		
Supervisor y muestreo de campo			NR		
Muestreado por			Joel Altreth		
Fuente			Pozo perforado		
Tipo de muestra			Agua subterránea		
Coordenadas			NR		
Observaciones de Ubicación			Cerro de piedra, Teustepe, Boaco		
Codificación PIENSA			LA-1409-0521		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Norma CAPRE*
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	30		Neg
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	Neg		Neg

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
 <: menor al Limite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, Neg= Negativo
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency

* Norma regional de calidad del agua para consumo humano

Los resultados de estos ensayos corresponden a los solicitados por el cliente


 MsC. Lic. Elda Escobar V.
 Resp. de Lab. Microbiología


 PhD. Leandro Rámo Aguilera
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio se reserva los derechos de confidencialidad e imparcialidad del informe.

R/c 060245
059074
Fact. 0328

FPT-5.10-01

Fuente: ASOFENIX. (2013).

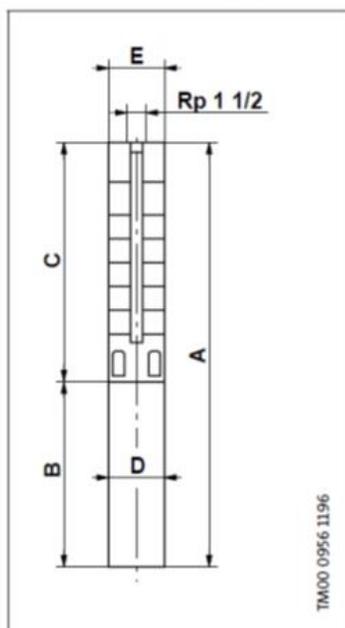
Anexo 4: Especificaciones técnicas de tuberías PVC.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TUBERIAS PVC									
PVC - CLASE 125 (SDR-32.5, ASTM-2241)									
Diámetro Nominal		Diámetro Interior	Diámetro Exterior	Espesor de Pared	Longitud		Peso	Presión de Trabajo	
pulg.	mm	mm	mm	mm	Pies	m	kg/tubo	PSI	kg/cm ²
3	75	83.42	88.90	2.74	20	6.1	6.32	125	8.8
4	100	107.28	114.30	3.51	20	6.1	10.38	125	8.8
6	150	157.92	168.28	5.18	20	6.1	22.58	125	8.8
8	200	205.62	219.08	6.73	20	6.1	38.19	125	8.8
10	250	256.24	273.05	8.41	20	6.1	58.81	125	8.8
12	300	303.94	323.85	9.96	20	6.1	82.6	125	8.8
PVC - SDR 57.5 (DRENAJE)									
Diámetro Nominal		Diámetro Interior	Diámetro Exterior	Espesor de Pared	Longitud		Peso	Presión de Trabajo	
pulg.	mm	mm	mm	mm	Pies	m	kg/tubo	PSI	kg/cm ²
4	100	110.3	114.3	2	20	6.1	6.05	Drenaje	
PVC - CLASE 160 (SDR-26, ASTM-2241)									
Diámetro Nominal		Diámetro Interior	Diámetro Exterior	Espesor de Pared	Longitud		Peso	Presión de Trabajo	
pulg.	mm	mm	mm	mm	Pies	m	kg/tubo	PSI	kg/cm ²
1	25	30.36	33.4	1.52	20	6.1	1.3	160	11.2
1 1/4	31	38.9	42.16	1.63	20	6.1	1.76	160	11.2
1 1/2	38	44.56	48.26	1.85	20	6.1	2.3	160	11.2
2	50	55.71	60.33	2.31	20	6.1	3.58	160	11.2
2 1/2	62	67.45	73.03	2.79	20	6.1	5.24	160	11.2
3	75	82.04	88.9	3.43	20	6.1	7.83	160	11.2
4	100	105.52	114.3	4.39	20	6.1	12.91	160	11.2
6	150	155.32	168.28	6.48	20	6.1	28	160	11.2
8	200	202.22	219.08	8.43	20	6.1	47.47	160	11.2
10	250	252.07	273.05	10.49	20	6.1	72.8	160	11.2
12	300	298.95	323.85	12.45	20	6.1	102.44	160	11.2
PVC - CLASE 250 (SDR-17, ASTM-2241)									
Diámetro Nominal		Diámetro Interior	Diámetro Exterior	Espesor de Pared	Longitud		Peso	Presión de Trabajo	
pulg.	mm	mm	mm	mm	Pies	m	kg/tubo	PSI	kg/cm ²
¾	18	23.53	26.67	1.57	20	6.1	1.06	250	17.6
1	25	29.48	33.4	1.96	20	6.1	1.64	250	17.6
1 1/4	31	37.18	42.16	2.49	20	6.1	2.64	250	17.6
1 1/2	38	42.58	48.26	2.84	20	6.1	3.45	250	17.6
2	50	53.21	60.33	3.56	20	6.1	5.39	250	17.6
2 1/2	62	64.45	73.03	4.29	20	6.1	7.88	250	17.6
3	75	78.44	88.9	5.23	20	6.1	11.7	250	17.6
4	100	100.84	114.3	6.73	20	6.1	19.35	250	17.6
6	150	148.46	168.28	9.91	20	6.1	41.92	250	17.6
8	200	193.28	219.08	12.9	20	6.1	71.09	250	17.6
10	250	240.95	273.05	16.05	20	6.1	110.13	250	17.6
12	300	285.75	323.85	19.05	20	6.1	154.99	250	17.6

Fuente: López, R. A. (1999). Diseño de acueductos y alcantarillados. Segunda edición. Bogotá, Colombia: Editorial Alfa y Omega.

Anexo 5: Datos técnicos bombas GRUNDFOS modelos SP 5A de 50Hz.

Dimensiones y pesos



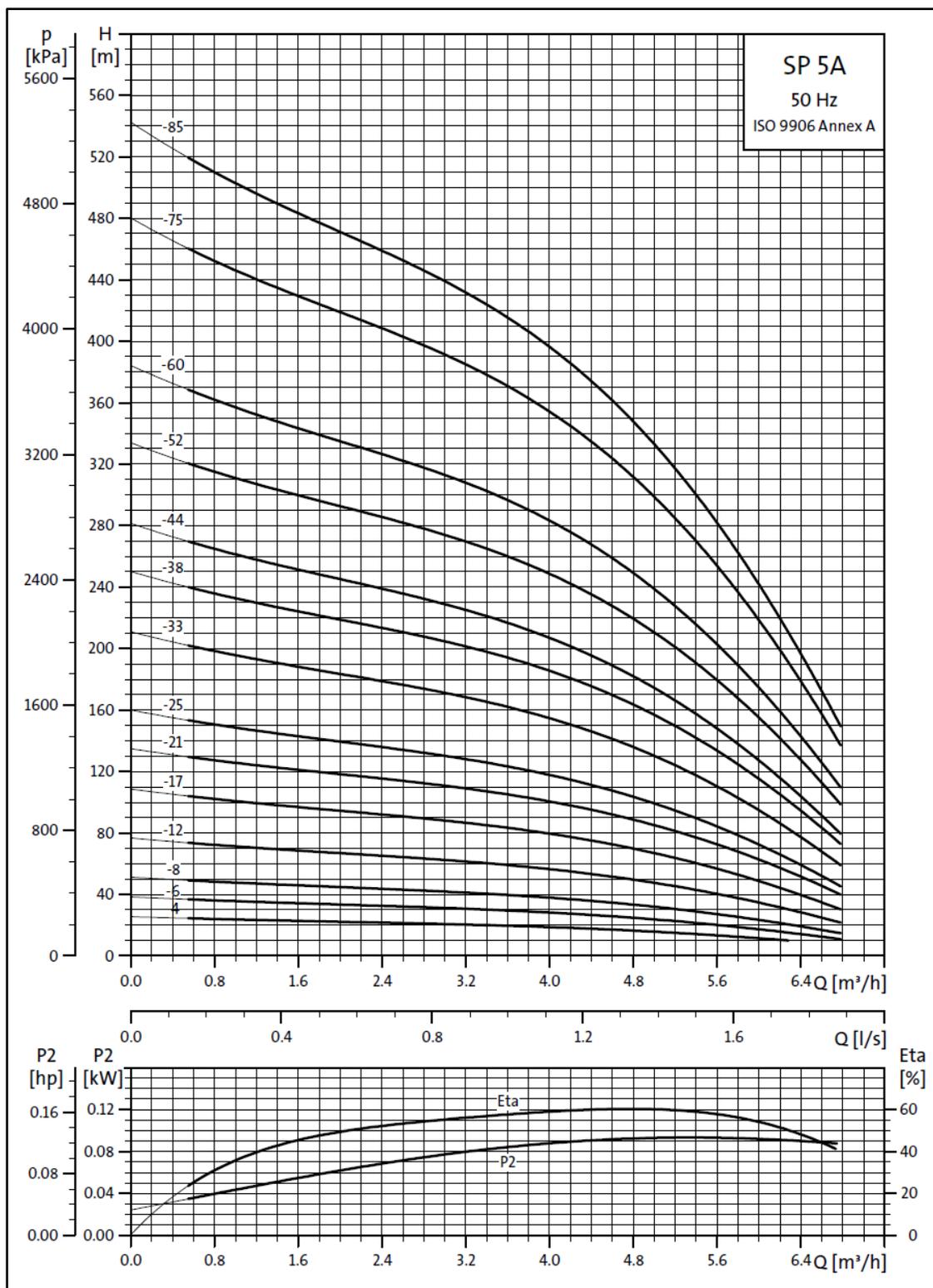
SP 5A-75 y SP 5A-85 están encamisadas para conexión R 1 1/2.

Tipo de bomba	Motor		Dimensiones [mm]							Peso neto [kg]	
	Tipo	Potencia [kW]	C	B		A		D	E	1x230V	3x230V/3x400V
				1x230V	3x230V/3x400V	1x230V	3x230V/3x400V				
SP 5A-4	MS 402	0.37	240	256	226	496	466	95	101	10	8
SP 5A-4N	MS 4000R	2.2	284	573		857		95	101	25	
SP 5A-4N	MS 4000R	0.75	284		398		682	95	101		17
SP 5A-6	MS 402	0.55	282	291	241	573	523	95	101	11	10
SP 5A-6N	MS 4000R	2.2	326	573		899		95	101	26	
SP 5A-6N	MS 4000R	0.75	326		398		724	95	101		18
SP 5A-8	MS 402	0.75	324	306	276	630	600	95	101	13	11
SP 5A-8N	MS 4000R	2.2	368	573		941		95	101	27	
SP 5A-8N	MS 4000R	0.75	368		398		766	95	101		19
SP 5A-12	MS 402	1.1	408	346	306	754	714	95	101	15	13
SP 5A-12N	MS 4000R	2.2	452	573		1025		95	101	28	
SP 5A-12N	MS 4000R	1.1	452		413		865	95	101		21
SP 5A-17	MS 402	1.5	513	346	346	859	859	95	101	17	16
SP 5A-17N	MS 4000R	2.2	557	573		1130		95	101	29	
SP 5A-17N	MS 4000R	1.5	557		413		970	95	101		22
SP 5A-21	MS 4000	2.2	597	573		1170		95	101	27	
SP 5A-21	MS 402	2.2	597		346		943	95	101		18
SP 5A-21N	MS 4000R	2.2	641	573	453	1214	1094	95	101	30	25
SP 5A-25	MS 4000	2.2	681	573		1254		95	101	28	
SP 5A-25	MS 402	2.2	681		346		1027	95	101		19
SP 5A-25N	MS 4000R	2.2	725	573	453	1298	1178	95	101	32	27
SP 5A-33	MS 4000	3.0	849		493		1342	95	101		26
SP 5A-33N	MS 4000R	3.0	893		493		1386	95	101		30
SP 5A-38	MS 4000	4.0	998		573		1571	95	101		36
SP 5A-38N	MS 4000R	4.0	998		573		1571	95	101		36
SP 5A-44	MS 4000	4.0	1124		573		1697	95	101		38
SP 5A-44N	MS 4000R	4.0	1124		573		1697	95	101		38
SP 5A-52	MS 4000	5.5	1292		673		1965	95	101		46
SP 5A-52N	MS 4000R	5.5	1292		673		1965	95	101		46
SP 5A-60	MS 4000	5.5	1460		673		2133	95	101		48
SP 5A-60N	MS 4000R	5.5	1460		673		2133	95	101		48
SP 5A-52	MS 6000	5.5	1354		541		1895	138	138		60
SP 5A-52N	MS 6000R	5.5	1354		541		1895	138	138		60
SP 5A-60	MS 6000	5.5	1522		541		2063	138	138		63
SP 5A-60N	MS 6000R	5.5	1522		541		2063	138	138		63
SP 5A-75	MS 6000	7.5	2146		571		2717	138	140		86
SP 5A-85	MS 6000	7.5	2356		571		2927	138	140		92

E = Diámetro máximo de la bomba incl. protector de cable y motor..

Fuente: GRUNDFOS España S.A. (2013). Catálogo de bombas sumergibles modelos SP A, SP de 50Hz. España.

Anexo 6: Curvas características bombas GRUNDFOS modelos SP 5A de 50Hz.



Fuente: GRUNDFOS España S.A. (2013). Catálogo de bombas sumergibles modelos SP A, SP de 50Hz. España.

Anexo 7: Registro de precipitaciones estación HMO 69084.



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación:	BOACO /	Código:	69084
Departamento:		Municipio:	BOACO
Latitud:	12°28'12"	Longitud:	85°39'18"
Años:	1971-2011	Elevación:	400 msnm
Parámetro:	Precipitación (mm)	Tipo:	HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1971	104.4	15.3					148.5	158.9	221.0	133.1	21.0	68.9	871.1
1972	38.3	14.7	1.3	1.3	107.8	83.8	195.6	146.7	159.7	74.8	59.4	56.7	940.1
1973	9.7	2.9	1.8	0.2	248.5	167.6	167.7	133.9	215.2	273.2	84.7	19.3	1,324.7
1974	52.3	7.6	22.6	22.6	30.2	138.8	72.9	159.4	299.0	163.5	13.2	51.2	1,033.3
1975	82.0	4.0	4.9	8.5	87.6	130.7	121.9	201.5	204.3	152.1	94.6	22.9	1,115.0
1976	37.3	13.3	20.0	0.8	57.6	242.6	150.3	124.9	73.6	59.6	61.8	52.7	894.5
1977	5.0	9.4	0.0	2.2	143.4	289.9	165.7	62.0	195.1	92.0	49.6	34.4	1,048.7
1978	20.7	0.2	2.2	0.3	168.1	175.9	248.4	135.4	152.3	148.9	44.4	56.5	1,153.3
1979	60.5	1.6	20.2	287.0	60.4			96.0	214.6	219.5	36.7	78.0	1,074.5
1980	26.5	5.4	4.1	0.0	310.3	190.5	226.5	59.0	193.5	245.4	239.1	40.7	1,541.0
1981	0.0	27.7	58.1	13.6	128.7	505.1	79.2	266.9	109.2	167.5	49.4	19.8	1,425.2
1982	36.5	37.9	23.2	39.3	497.3	242.3	222.8	115.6	139.5	117.5	37.7	34.0	1,543.6
1983	5.4	10.2	3.2	1.9	37.3	197.9	161.1	175.1	203.2	146.5	64.3	72.8	1,078.9
1984	17.3	13.1	15.7	0.5	65.5	167.2	190.6	191.1	237.9	190.9	25.8	85.9	1,201.5
1985	24.5	42.0	25.9	1.2	92.5	241.5	144.9	114.7	124.7	195.6	90.5	76.1	1,174.1
1986	11.1	7.4	0.4	3.8	197.1	281.0	196.0	117.5	118.1	65.2	121.8	31.6	1,151.0
1987	13.2	0.6	0.0										13.8
1994	37.9	24.3	4.7	31.9	172.3	109.9	113.6	121.1	186.4	204.2	141.4	37.9	1,185.6
1995	27.7	19.1	22.2	68.2	109.1	279.1	178.6	390.0	271.4	215.2	71.8	54.5	1,706.9
1996	17.4	4.7	3.9	0.9	188.1	183.5	211.4	399.8	180.9	201.6	162.5	33.3	1,588.0
1997	17.0	17.6	23.3	12.5	2.4	336.9	203.3	139.7	141.9	253.6	178.2	0.0	1,326.4
1998	4.0	0.0	15.2	4.0	127.7	144.0	121.5	179.5	240.6	761.9	178.5	55.1	1,832.0
1999	43.1	19.9	11.7	8.9	250.1	108.0	208.9	101.1	147.2	276.2	99.9	2.8	1,277.8
2000	23.2	29.9	3.6	0.0	36.5	236.6	137.3	207.0	344.9	124.4	65.9	39.5	1,248.8
2001	9.5	34.4	0.0	0.0	104.0	117.4	184.6	190.2	174.7	120.3	11.5	8.1	954.7
2002	25.8	33.0	6.1	4.8	210.8	292.5	251.1	140.2	138.5	127.8	58.1	28.3	1,317.0
2004	59.8	27.9	51.5	25.6	175.4	189.4	168.8	119.3	220.8	72.4	128.8	20.1	1,259.8
2005	16.0	2.8	0.0	14.3	139.3	371.8	190.4	172.1	176.9	330.0	65.4	29.0	1,508.0
2006	76.4	11.7	16.2	0.0	38.6	217.4	217.2	97.2	143.0	96.1	137.4	49.1	1,100.3
2007	30.3	5.2	1.3	25.7	67.8	157.9	232.0	250.0	318.3	338.6	93.9	37.4	1,558.4
2008	48.8	7.6	4.6	9.2	190.2	333.1	309.0	227.6	264.0	389.6	9.0	20.0	1,812.7
2009	15.8	15.9	0.0	0.0	249.4	151.3	225.0	181.4	82.3	119.3	40.7	0.0	1,081.1
2010	0.0	0.0	0.0	96.6	214.0	251.5	179.8	588.7	365.9	98.9	59.2	9.3	1,863.9
2011	8.2	15.8	4.7	17.5	148.8	226.0	226.5	155.1	234.1	229.2	103.9	87.3	1,457.1
Suma	1,020.0	486.4	381.1	717.3	4,743.5	7,088.9	6,018.2	6,036.5	6,632.3	6,509.1	2,755.2	1,327.3	43,715.8
Media	29.1	13.9	11.2	21.7	143.7	221.5	182.4	177.5	195.1	191.4	81.0	39.0	1,249.0
Max	104.4	42.0	58.1	287.0	497.3	505.1	309.0	588.7	365.9	761.9	239.1	87.3	1,863.9
Min	4.0	0.6	1.3	0.5	2.4	83.8	72.9	59.0	73.6	59.6	9.0	2.8	13.8

Fuente: INETER. (2014). Dirección general de meteorología. Managua, Nicaragua.

Anexo 8: Registro de temperaturas estación HMO 69084.



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación:	BOACO /	Código:	69084
Departamento:		Municipio:	BOACO
Latitud:	12°28'12"	Longitud:	85°39'18"
Años:	1971-1987	Elevación:	400 msnm
Parámetro:	Temperatura Media (C°)	Tipo:	HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1971	21.7	23.3	25.3				23.9	24.4	23.7	24.3	23.9	22.9	23.7
1972	22.7		25.7	26.8	26.1	25.4	24.6	24.1	24.6	24.9	24.3	23.5	24.8
1973	23.7	24.5	26.8	28.0	27.1	24.7	24.4	24.8	24.2	24.2	23.7	22.2	24.9
1974	22.3	22.4	24.4	25.0	26.4	25.0	24.1	23.8	24.2	23.6	23.6	22.9	24.0
1975	22.4	23.1	25.1	26.4	27.6	25.1	24.2	23.8	23.9	24.0	23.2	22.1	24.2
1976	22.2	22.7	23.9	25.6	26.0	24.6	24.1	24.4	24.5	25.1	24.2	23.6	24.2
1977	23.2	24.3	26.2	27.0	26.9	24.2	24.3	24.7	24.7	25.0	24.8	23.7	24.9
1978	23.3	24.4	26.2	27.5	27.0	24.4	23.9	24.6	24.5	24.6	24.2	23.2	24.8
1979	23.2	24.2	25.7	25.9	26.4			24.6	24.4	24.4	24.6	23.4	24.7
1980	23.4	23.9	25.2	27.2	27.3	25.1	24.4	24.7	24.6	24.4	24.1	23.3	24.8
1981	23.2	24.2	26.2	26.2	26.3	25.0	25.0	24.6	25.0	25.0	24.5	24.0	24.9
1982	23.8	24.1	25.8	27.5	26.6	25.2	24.2	24.8	24.3	24.5	24.4	23.7	24.9
1983	24.3	25.4	27.6	28.8	29.4	26.8	24.5	25.1	25.1	25.2	25.2	24.2	26.0
1984	23.6	24.6	26.2	28.5	27.5	26.7	25.8	25.2	25.0	25.5	25.2	24.8	25.7
1985	24.4	24.4	26.3	28.8	28.2	25.7	26.2	26.0	26.0	25.4	24.9	24.0	25.9
1986	23.8	24.9	26.0	28.1	28.3	24.9	24.5	25.1	24.9	25.3	24.6	25.0	25.4
1987	24.7	26.0	29.7										26.8
Suma	396.0	386.4	442.1	407.4	407.0	352.8	368.0	394.6	393.6	395.3	389.3	376.6	424.6
Media	23.3	24.2	26.0	27.2	27.1	25.2	24.5	24.7	24.6	24.7	24.3	23.5	25.0
Max	24.7	26.0	29.7	28.8	29.4	26.8	26.2	26.0	26.0	25.5	25.2	25.0	26.8
Min	21.7	22.4	23.9	25.0	26.0	24.2	23.9	23.8	23.7	23.6	23.2	22.1	23.7

Fuente: INETER. (2014). Dirección general de meteorología. Managua, Nicaragua.

Anexo 9: Encuesta socioeconómica.

Departamento: _____ Municipio: _____

Comunidad: _____ Fecha: _____

Quien es Responsable del Hogar:
Padre _____ Madre _____ Otro _____

Nombre de la persona Encuestada: _____

Tipo de Proyecto: _____

Datos personales:
(Iniciar con responsable del hogar)

Nombre y Apellido	Parentesco	Sexo		Edad					Nivel de escolaridad	Ocupación
		M	F	1-5	6-15	16-25	26-35	+36		

I. CONDICIONES DE LA VIVIENDA (Preg. 2, 3, 4, marcar con X una o más repuestas)

- La vivienda es: a) Propia _____ b) Prestada _____ c) Alquilada _____
- Las paredes son: a) Bloque _____ b) Ladrillo _____ c) Madera _____ d) Otros _____
- El piso es : a) Madera _____ b) Tierra _____ c) Ladrillo _____ d) Otros _____
- El techo es : a) Zinc _____ b) Teja _____ c) Madera _____ d) Palma _____ e) Otros _____
- Cuántas divisiones tiene la vivienda: a) Tres _____ b) Dos _____ c) No tiene _____
- Resumen del estado de la vivienda: a) Buena _____ b) Regular _____ c) Mala _____

II. SITUACIÓN ECONOMICA DE LA FAMILIA

- ¿Cuántas Personas del hogar trabajan? (escribir)
Dentro de la Comunidad: H _____ M _____ Total _____
Fuera de la comunidad: H _____ M _____ Total _____
¿Cuál es el ingreso económico del mes, en este Hogar?
C\$ _____
¿De cuánto fue el último pago de energía eléctrica, realizado en el hogar? _____
- ¿En que trabajan las personas del hogar?
a) Ganadería _____ b) Agricultura _____
c) Jornaleros _____ Otros _____ Cual? _____
- ¿Qué cultivos realizan?
a) Arroz _____ b) Frijoles _____ c) Maíz _____ d) Otros _____
- ¿Tienen Ganado? Sí _____ No _____
Cuánto: a) Vacuno _____ b) Equino _____ c) Caprino _____

Anexo 9: Encuesta socioeconómica (continuación).

11. ¿Tienen animales de crianza? Sí _____ No _____

Cuantos: a) Cerdos _____ b) Gallinas _____

12. Los animales están

a) Encerrados _____ b) Amarrados _____ c) Sueltos _____

18. ¿Existen charcas en el patio?

a) Si _____ (pasar # 19) b) No _____

19. ¿Cómo eliminan las charcas?

a) Drenando _____ b) Aterrando _____ c) Otros _____

III. SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (Observar, verificar)

14. ¿Tienen Letrina?

Si _____ En qué estado se encuentra? a) Buena _____
b) Regular _____ c) Mala _____ (verificar)

No _____ ¿Estaría dispuesto/a en construir su letrina?

a) Sí _____ b) No _____

15. ¿Quiénes usan la Letrina? a) Adultos _____

b) Niños/as _____ c) Otros familiares _____

16. La letrina está construida en suelo a) Rocoso _____

b) Arenoso _____ c) Arcilloso _____

17. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa?

a) La riegan _____ b) La dejan correr _____ c) Tienen zanja
de drenaje _____ d) Tiene filtro para drenaje _____

IV. PROGRAMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RURAL (PASR)

27. ¿Conoce el Programa de Agua Potable y Saneamiento Rural del FISE?

a) Si _____ b) No _____ c) Poco _____ ¿Que sabe? _____

28. ¿Le gustaría tener servicio de agua potable en su hogar?

a) Si _____ b) No _____ c) Porque _____

29. ¿Cuánto estaría dispuesto/a en pagar por este servicio? (marcar una)

a) C\$ 20 a 35 _____ b) C\$ 36 a 50 _____

c) C\$ 51 a más _____ d) No estaría dispuesto/a _____
¿Porque? _____

Fuente: FISE. (2007). Manual de Administración del Ciclo de Proyecto Municipal (MACPM), Capítulo II: Preinversión. Managua. Nicaragua.

Anexo 10: Encuesta para el diagnóstico de la condición del servicio.

I. USOS DOMÉSTICOS (marcar con una X)

1. ¿Cuáles son los usos domésticos que le dan al agua del pozo? (marcar varias)

- a) Preparación de alimentos _____ b) Bebida _____
c) Lavado de platos _____ d) Ducha _____ e) Lavado de manos y dientes _____
f) Aseo de la Vivienda _____
g) Lavado de ropa _____ h) Otros usos domésticos _____

2. ¿En situaciones de escasas para que actividades priorizan el agua del pozo? (marcar dos)

- a) Preparación de alimentos _____ b) Bebida _____
c) Lavado de platos _____ d) Lavado de manos y dientes _____

3. ¿En promedio cuánta agua del pozo usan en su vivienda por día? (marcar una)

- a) Cuatro baldes _____ b) Cinco baldes _____ c) Seis baldes _____
d) más de seis baldes _____

4. ¿Utilizan otras fuentes de agua para labores domésticas? Sí _____ No _____

Cuáles son esas fuentes: a) Pozo excavado _____
c) Manantial _____ d) Vertiente _____ e) Otro _____

8. ¿Los animales grandes se abastecen de agua en? (marcar una)

- a) Manantial _____ b) Quebrada _____ c) Pozo excavado _____

9. ¿Los pequeños o que no salen de la vivienda a beber, de que fuente se abastecen? (marcar varias)

- a) Manantial _____ b) Quebrada _____ c) Pozo excavado _____
d) Pozo perforado _____

III. DEMANDA DE AGUA PARA MICROEMPRESAS CASERAS (marcar con una X)

10. ¿Tiene algún negocio en su vivienda?

Si _____ b) No _____ (En caso de un no, omitir sección)

5. ¿Cuáles son los usos domésticos que le dan al agua de esas fuentes? (marcar varias)

- c) Lavado de platos _____ d) Ducha _____ f) Aseo de la Vivienda _____
g) Lavado de ropa _____ h) Otros usos domésticos _____

6. ¿En promedio cuánta agua de esas fuentes usan en su vivienda para esas labores domésticas? (marcar una)

- a) Cuatro baldes _____ b) Cinco baldes _____ c) Seis baldes _____
d) más de seis baldes _____

II. DEMANDA DE AGUA DE LOS ANIMALES (marcar con una X)

7. ¿Tiene animales? Sí _____ No _____

Cuantos tiene: a) Gallinas _____ b) Cerdos _____
c) Caballos _____ d) Burro _____ e) Mula _____
f) Cabras _____ g) Novillos _____ h) Conejo _____
i) Vaca _____ j) Gato _____ k) Perro _____
l) Otros _____

a) Menos de 200 _____ b) Entre 200 a 400m _____
c) Mas de 400m _____

17. ¿Cuáles son sus fuentes secundarias? (marcar varias)

- a) Pozo excavado _____ b) Manantial _____ c) Vertiente _____
d) No usamos fuente secundaria _____

18. ¿Qué tan lejos están estas fuentes de la vivienda?

- a) Menos de 500m _____ b) Entre 500 a 1000m _____
c) Mas de 1000m _____

19. ¿A qué horas acostumbra acarrear agua del pozo? (marcar varias)

- a) 4am-6am _____ b) 6am-8am _____ c) 8am-10am _____
d) 10am-12pm _____ e) 12pm-2pm _____
f) 2pm-4pm _____ g) 4pm-6pm _____ h) 6pm-8pm _____
i) 8pm-10pm _____

Anexo 10: Encuesta para el diagnóstico de la condición del servicio (continuación).

¿Qué tipo de negocio tiene? a) Pulpería _____
b) Panadería _____ c) Venta de almuerzos _____ d)
Otros (especifique el tipo de negocio) _____

11. ¿Utiliza agua del pozo para su negocio?

a) Sí _____ b) No _____

12. ¿Cuánta agua del pozo utiliza al día?

a) Cuatro baldes _____ b) Seis baldes _____
c) Ocho baldes _____ d) Más de ocho baldes _____

13. ¿Utiliza agua de otra fuente para su negocio?

Sí _____ No _____

¿Cuál es esa fuente? Manantial _____ Quebrada _____
Pozo excavado _____

14. ¿Cuánta agua utiliza de esa fuente?

a) Cuatro baldes _____ b) Seis baldes _____
c) Ocho baldes _____ d) Más de ocho baldes _____

IV. CONDICIÓN DE SERVICIO (marcar con una X)

15. ¿Cuál es su principal fuente de abastecimiento?
(marcar una)

a) Pozo excavado _____ b) Pozo perforado _____
c) Manantial _____

16. ¿Qué tan lejos está de la vivienda?

Fuente: Elaboración propia. (2014).

20. ¿Cuántas veces se debe ir a traer agua en el día?

a) Una _____ b) Dos _____ c) Tres _____

21. ¿Considera adecuada la cantidad de agua
abastecida? a) Sí _____ b) No _____

22. ¿Cuánta agua considera necesita en realidad para
los diferentes usos?

a) Siete baldes _____ b) Ocho baldes _____ c) Nueve
baldes _____ d) más de nueve baldes _____

V. ESPECTATIVAS (marcar con una X)

23. ¿Considera necesario mejorar el nivel de servicio de
agua potable? a) Sí _____ b) No _____

24. ¿Cuál es la principal mejora que esperaría con un
nuevo servicio? (marcar una)

a) Cantidad de agua _____ b) Calidad _____ c) Mejor
accesibilidad _____

25. ¿Estaría dispuesto a pagar por un mejor servicio de
agua? a) Sí _____ b) No _____

26. ¿Cuánto pagaría? a) C\$ 20 a 35 _____
b) C\$ 36 a 50 _____ c) C\$ 51 a mas _____

27. ¿Qué tipo de servicio esperaría por el pago?

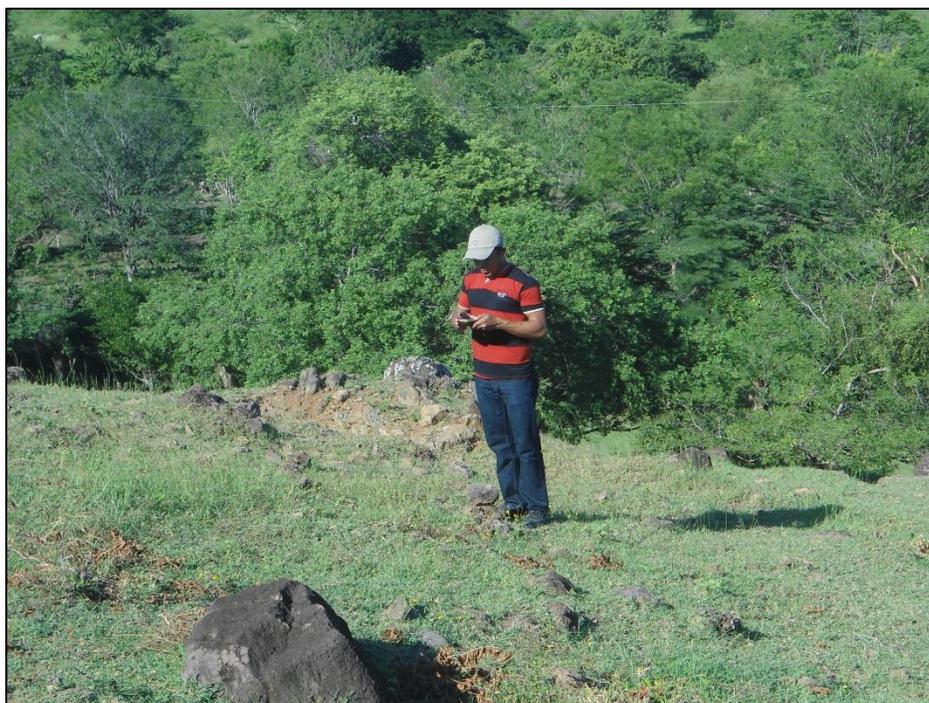
a) Tomas publicas _____ b) Conexiones
domiciliarias _____

Anexo 11: Predio del tanque de almacenamiento.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 12: Levantamiento del predio del tanque.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 13: Panorama de la comunidad desde el predio del tanque.



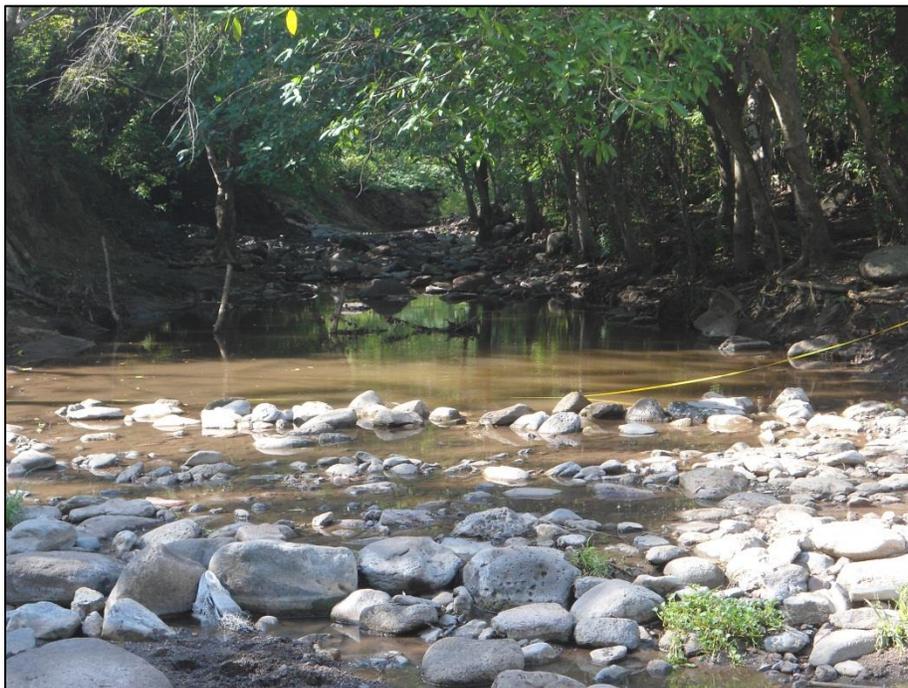
Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 14: Vista de la pendiente de la línea de conducción.



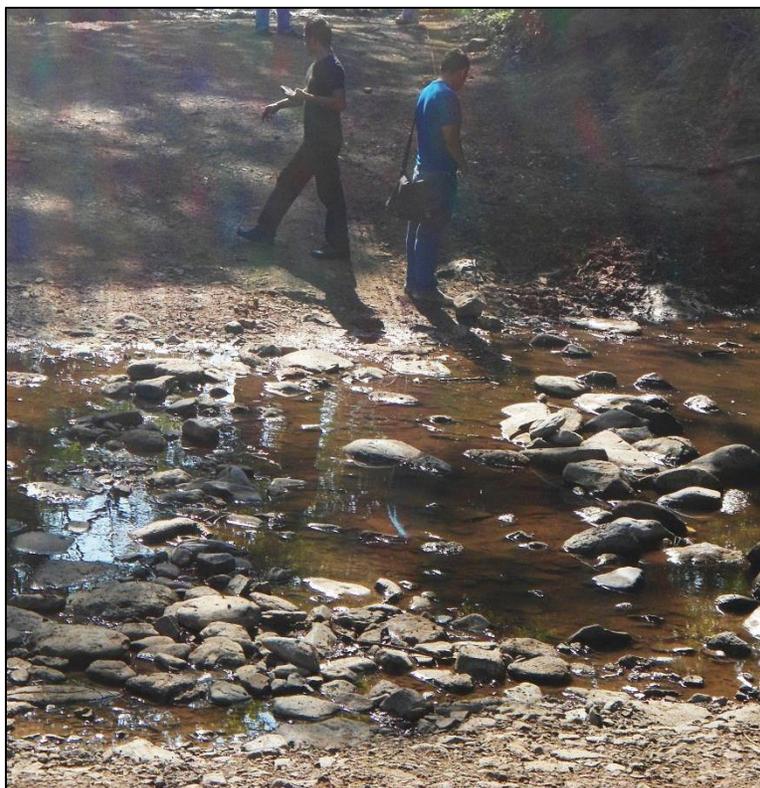
Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 15: Vista en perspectiva de la primer quebrada.



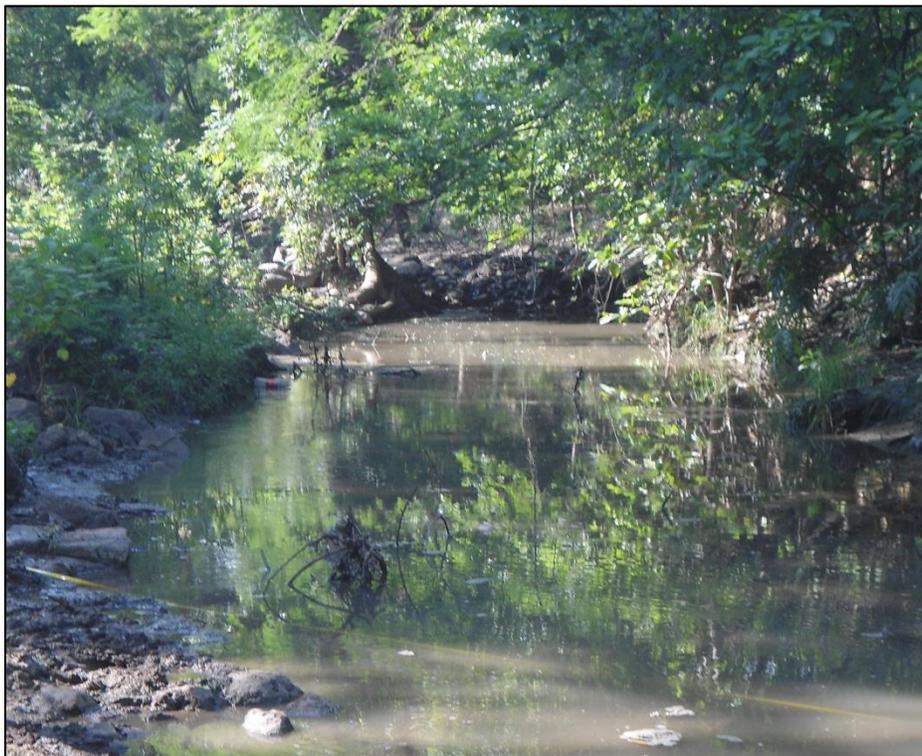
Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 16: Sitio para cruce vehicular a través de la primer quebrada.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 17: Vista en perspectiva de la segunda quebrada.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 18: Sitio para cruce vehicular a través de la segunda quebrada.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 19: Calle de acceso a la comunidad El bajo de cerro de piedra.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 20: Alumbrado público en el sector de la plaza.



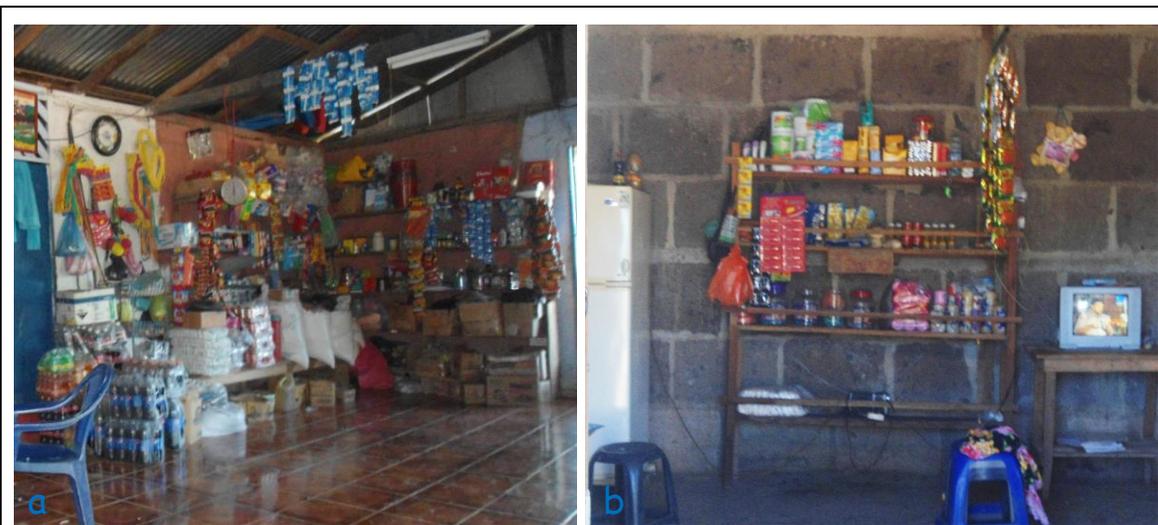
Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 21: Centro escolar Pablo Antonio Cuadra.



Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 22: Negocios caseros en la comunidad El bajo de cerro de piedra.



a: Pulpería de Miguel Flores.

b: Pulpería de Marta Gonzáles.

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Anexo 23: Presupuesto del proyecto.

Para el análisis de costos se utilizó como referencia el catálogo de etapas y sub-etapas del FISE para proyectos de sistemas de agua potable y las normas de rendimiento horario establecida por esta misma entidad.

❖ Estructura del presupuesto

a) Costo directo

Son las atribuciones directas a la ejecución del proyecto y se definen en la mano de obra calificada y no calificada, materiales locales y no locales y costo de herramienta y transporte. Estos costos son integrados a través de los correspondientes costos unitarios.

b) Costos indirectos

Serán costos a los que se incurrirá de manera global para realizar la construcción, mantenimiento o reparación de un punto dañado de la red en un plazo establecido, sin que vayan a ser aplicados directamente en la realización de una actividad o un concepto de obra. Entre los costos indirectos tenemos los siguientes grupos:

Costos administrativos: Son los costos en que se incurre por mantener el personal administrativo de campo el tiempo que dure el proyecto. Estos generalmente son:

- Salinos, prestaciones sociales, transporte, alimentación y dormida del personal de campo.
- Mobiliario y equipo de oficina.
- Formatos y papelería.
- Impresiones y fotocopias de informes y avalúos.

Costos de utilidad: Son los costos previos que un contratista espera obtener como ganancia por ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento de un "sitio crítico" de la red (terrestre o acuática) en la jurisdicción de una municipalidad en un plazo establecido. Este costo se presenta en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos, indirectos y de administración central, con un rango entre el 3% y el 20% (no establecido). Este costo fluctúa en la medida en que se comporta oferta y la demanda del sector construcción.

Costos de operación: Son los costos en que se incurre permanentemente para operar el tiempo que dure el proyecto. Estos generalmente son:

- Movilización y desmovilización.
- Equipo liviano y herramientas.
- Alquileres de bienes inmuebles.
- Combustibles y lubricantes.
- Señalamiento preventivo.
- Seguridad, protección e higiene ocupacional.
- Medidas de mitigación de impactos ambientales.

Costos por servicios especializados: Son los costos en que se incurre por la contratación de servicios profesionales. Estos generalmente son:

- Laboratorio de materiales.
- Informática de proyectos.
- Mantenimiento preventivo especializado de equipos.
- Supervisión de trabajos.
- Asesoría Jurídica.
- Asesoría técnica.

Costos imprevistos: Son los costos en que se incurre por acontecimientos o circunstancias no previstas. Estos generalmente son:

- Errores de diseño.
- Errores de presupuesto.
- Ampliación injustificada de plazo.
- Incremento de costos no reconocibles.

Costos de administración central: Son los costos previstos en que puede incurrir un contratista al atender y monitorear con su administración central la construcción, reparación o mantenimiento de un "sitio crítico" de la red en un plazo establecido.

Impuestos: Se presentan en forma de porcentaje de la sumatoria de los costos directos, indirectos, de administración central y de utilidad, siendo actualmente el 1% del impuesto municipal y el 15% del impuesto de valor agregado, que se aplica a la misma sumatoria anterior, pero agregándole el impuesto municipal.

❖ Criterios considerados durante la elaboración del presupuesto

a) Materiales

El costo de materiales se determinó en base a cotizaciones con proveedores específicos (no locales), en combinación con los valores de referencia encontrados en el manual de costo del FISE.

b) Mano de obra

Los costos de mano de obra fueron estimados teniendo como referencia el manual de costos del FISE del año 2013, proyectados al año 2015, considerados los reajustes efectuados al salario mínimo en el sector construcción en los años 2014 y 2015.

c) Transporte

Los costos de transporte del material se estimaron como el 8% del total de costos de los materiales, considerando con esto el aumento de costos que implica el trabajar con proveedores no locales.

d) Equipos y herramientas

El costo en equipos y herramientas se incorporó considerando el 3% del costo de los materiales.

e) Impuestos

- Costos indirectos de operación: 15% del sub total de los costos directos.
- Impuestos sobre el valor agregado: 15% del sub total de los costos directos.
- Impuesto municipal: 1% del sub total de los costos directos.
- Imprevistos: 10% del sub total de los costos directos.
- Gastos administrativos y utilidades: 15% del sub total de los costos directos.

Etapa	Subetapa	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costos Unitarios (C\$)		Costo Total (C\$)		Total (C\$)
					Materiales	Mano de obra	Materiales	Mano de obra	
1		Preliminares							C\$ 18,854.54
	1.1	Limpieza inicial	m2	41.0		3.50	0.00	143.50	C\$ 143.50
	1.2	Trazo y nivelación	m.l	2923.6	4.25	2.15	12,425.30	6,285.74	C\$ 18,711.04
2		Línea de conducción							C\$ 77,165.41
	2.1	Excavación para tubería	m3	120.4		91.50		11,016.60	C\$ 11,016.60
	2.2	Tubería de 2" x 20' PVC SDR-26	m.l	334.5	51.60	25.20	17,260.20	8,429.40	C\$ 25,689.60
	2.3	Bloques de reacción	c/u	3.0	101.76	95.75	305.28	287.25	C\$ 592.53
	2.4	Válvulas y accesorios							
	2.4.1	Codo 2" de diámetro de 90° grados de PVC	c/u	1.0	51.80	30.00	51.80	30.00	C\$ 81.80
	2.4.2	Codo 2" de diámetro de 45° grados de PVC (salida de sarta)	c/u	2.0	51.80	30.00	103.60	60.00	C\$ 163.60
	2.4.3	Estructura válvula de limpieza con tubería de 2" y válvula de H°F°	c/u	2.0	3,653.44	350.00	7,306.88	700.00	C\$ 8,006.88
	2.5	Relleno y compactación	m3	120.4	135.60	96.70	16,326.24	11,642.68	C\$ 27,968.92
	2.6	Prueba hidrostática en tubería diámetro hasta 4" con bomba manual	c/u	2	1,301.96	520.78	2,603.92	1,041.56	C\$ 3,645.48
3		Línea de distribución							C\$ 589,086.80
	3.1	Excavación para tubería	m3	932.1		91.50		85,287.15	C\$ 85,287.15
	3.2	Tubería de 2" de diámetro PVC SDR-26	ml	2589.1	51.60	25.20	133,597.56	65,245.32	C\$ 198,842.88
	3.3	Bloques de reacción	c/u	26	101.76	95.75	2,645.76	2,489.50	C\$ 5,135.26
	3.4	Válvulas y accesorios							
	3.4.1	Válvula de pase H°F° de 2"	c/u	11	3,227.00	350.00	35,497.00	3,850.00	C\$ 39,347.00
	3.4.2	Estructura válvula de limpieza con tubería de 2" y válvula de H°F°	c/u	5	3,653.44	350.00	18,267.20	1,750.00	C\$ 20,017.20
	3.4.3	Tee 2" x 2" x 2" (S-40)	c/u	4	185.72	30.00	742.88	120.00	C\$ 862.88
	3.4.4	Codo 2" de diámetro de 45° grados de PVC	c/u	5	51.80	30.00	259.00	150.00	C\$ 409.00
	3.4.5	Yee 2" PVC SDR-26	c/u	3	110.32	30.00	330.96	90.00	C\$ 420.96
	3.4.6	Tapón hembra PVC 2"	c/u	6	36.09	30.00	216.54	180.00	C\$ 396.54
	3.4.7	Junta dresser	c/u	4	1,659.11	150.00	6,636.44	600.00	C\$ 7,236.44
	3.5	Relleno y compactación	m3	932.1	135.60	96.70	126,392.76	90,134.07	C\$ 216,526.83

	3.6	Prueba hidrostática en tubería diámetro hasta 4" con bomba manual.	c/u	9	1,301.96	320.78	11,717.64	2,887.02	C\$ 14,604.66
4		Tanque de almacenamiento							C\$ 154,598.15
	4.1	Concreto ciclópeo (considerando compra de piedra bolón)	m3	36.3	2,717.25	244.55	98,636.18	8,877.26	C\$ 107,513.43
	4.2	Columna de concreto de 3000 PSI de 15 x 20 cm, incluye formaleta	m.l	2.6	383.24	57.49	996.42	149.46	C\$ 1,145.89
	4.3	Viga de concreto de 3000 PSI de 20 x 30cm, incluye formaleta	m.l	3.7	363.39	54.51	1,344.54	201.68	C\$ 1,546.22
	4.4	Losa de techo de concreto reforzado de 3000 PSI de 15 cm de espesor	m2	15.4	635.75	95.36	9,790.55	1,468.58	C\$ 11,259.13
	4.5	Losa de fondo de concreto reforzado de 3000 PSI de 15 cm de espesor	m2	39.7	635.75	95.36	25,239.28	3,785.89	C\$ 29,025.17
	4.6	Viga de borde de concreto de 3000 PSI de 15 x 15 cm, incluye formaleta	m.l	15.8	290.75	43.61	4,593.85	689.08	C\$ 5,282.93
	4.7	Zapata de concreto 3000 PSI de 1 x 1 m y 25 cm de espesor	c/u	1	826.25	123.94	826.25	123.94	C\$ 950.19
	4.8	Aditivos							
	4.8.1	Impermeabilizante	gals	2	580.00	52.20	1,160.00	104.40	C\$ 1,264.40
	4.9	Entra y salida							
	4.9.1	Unión de tracción de H°G° a PVC	c/u	2	371.19	33.41	742.38	66.81	C\$ 809.19
	4.9.2	Tubería de H°G° de 2"+ codo de H°G° para entrada al tanque	c/u	1	3,853.22	77.17	3,853.22	77.17	C\$ 3,930.39
	4.9.3	Bridas	c/u	5	23.17	11.59	115.85	57.93	C\$ 173.78
	4.9.4	Tubería de H°G° de 2"+ codo de H°G° para salida del tanque	c/u	1	3,853.22	77.17	3,853.22	77.17	C\$ 3,930.39
	4.10	Tapadera de acero completa	c/u	1	6,738.03	606.42	6,738.03	606.42	C\$ 7,344.45
	4.11	Canal perimetral de piedra cantera de 20 x 40 x 60 cm	m.l	35.6	208.11	18.73	7,408.72	666.78	C\$ 8,075.50
	4.12	Anden perimetral de 80 X 8 cm	m2	18.9	330.29	29.73	6,242.48	561.82	C\$ 6,804.30
	4.13	Respiradero de tubo de H°G° de 3"	c/u	1	944.69	85.02	944.69	85.02	C\$ 1,029.71
	4.14	Tubería de rebosadero							
	4.14.1	tubería de H°G° de 2"	m.l	3	481.42	77.17	1,444.26	231.51	C\$ 1,675.77
	4.14.2	Codo 45° H°G°	c/u	2	489.64	30.00	979.28	60.00	C\$ 1,039.28
	4.15	Hipoclorador de plástico Cap.=33 galones	c/u	1	6,750.00	1,565.45	6,750.00	1,565.45	C\$ 8,315.45

5		Estación de bombeo							C\$ 196,135.96
	5.1	Bomba							
	5.1.1	Bomba sumergible de 1.6 HP y 25 gpm	Global	2	25,176.31	10,000.00	50,352.62	20,000.00	C\$ 70,352.62
	5.2	Sarta de la bomba							
	5.2.1	Columna de bombeo $\phi 3''$ H°G°	m.l	26.2	778.43	92.60	20,394.76	2,426.12	C\$ 22,820.88
	5.2.2	Tee 2'' x 2'' x 2'' H°G°	c/u	2	150.00	40.00	300.00	80.00	C\$ 380.00
	5.2.3	Unión dresser universal $\phi 1''$ H°G°	c/u	2	913.45	225.26	1,826.90	450.52	C\$ 2,277.42
	5.2.4	Medidor maestro 2'' H°F°	c/u	1	2,297.00	703.25	2,297.00	703.25	C\$ 3,000.25
	5.2.5	Válvula Check 2'' H°F°	c/u	1	1,755.00	514.25	1,755.00	514.25	C\$ 2,269.25
	5.2.6	Válvula de compuerta 2'' H°F°	c/u	2	2,025.00	608.75	4,050.00	1,217.50	C\$ 5,267.50
	5.2.7	Manómetro de carga de 200 PSI	c/u	1	1,252.48	313.12	1,252.48	313.12	C\$ 1,565.60
	5.2.8	Tubería H°G° de 2''	m.l	2	481.42	77.17	962.84	154.34	C\$ 1,117.18
	5.3	Caseta de bombeo							
	5.3.1	Pared de adobe estabilizado, reforzada	m2	21	1,200.00	420.00	25,200.00	8,820.00	C\$ 34,020.00
	5.3.2	Zapa corrida de piedra cantera de 20 X 40 X 60 cm	m.l	9.6	145.60	25.00	1,397.76	240.00	C\$ 1,637.76
	5.3.3	Repellos y finos corriente	m2	42	151.31	12.60	6,355.02	529.20	C\$ 6,884.22
	5.3.4	Cubierta de techo de lámina ondulada de zinc cal.26 sobre estructura metálica	m2	14.4	251.60	207.80	3,623.04	2,992.32	C\$ 6,615.36
	5.3.5	Piso de concreto de 2500 PSI, espesor =0.075 m (embaldosada)	m2	4	427.00	125.00	1,708.00	500.00	C\$ 2,208.00
	5.3.6	Puerta de madera roja solida de 0.90 x 1.80 m, con marco de madera + bisagra + cerradura	c/u	1	3,763.18	158.35	3,763.18	158.35	C\$ 3,921.53
	5.3.7	Ventana de marco de aluminio con forro de vidrio fijo escarchado espesor = 6mm	m2	1	889.05	129.56	889.05	129.56	C\$ 1,018.61
	5.4	Instalaciones eléctricas	Global	1	37,648.00		37,648.00	0.00	C\$ 37,648.00
6		Costo de herramientas y equipos (3% del costo total de los materiales)							C\$ 22,143.65
7		Costo de transporte (8% del costo total de los materiales)							C\$ 59,049.74
		Total de costos directos en C\$							C\$ 1117,034.26
		Costos indirectos de operación (15% del total de costos directos en CS)							C\$ 167,555.14
		IVA (15% del total de costos directos en CS)							C\$ 167,555.14

	Impuestos municipales (1% del subtotal de costos directos en CS)								C\$ 11,170.34
	Imprevistos (10% del total de costos directos en CS)								C\$ 111,703.43
	Administración y utilidades (15% del total de costos directos en CS)								\$167,555.14
	Costo total de la obra en CS								C\$ 1742,573.45
	Costo total de la obra en \$								\$64,230.50