



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

**Monografía**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y  
SANEAMIENTO PARA LA COMUNIDAD EL BALSAMO, DEL MUNICIPIO DE  
TERRABONA, DEPARTAMENTO DE MATAGALPA**

Para optar al Título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Ballardo José Artola Ruiz

Br. William Johan Obando Baltodano

**Tutor**

Ing. Keyling Ninoska Pérez Blandón

Managua, Agosto de 2021

## DEDICATORIA

Primeramente, a **Dios** por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, darme lo necesario para seguir adelante día a día, para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre **Catalina Ruiz Laguna** por ser el pilar fundamental, por sus consejos, sus palabras de aliento para que siguiera adelante y siempre ser perseverante y cumpla con mis metas.

A mi esposa **Thelma Salgado Suarez** por brindarme el apoyo en todo momento, por sus motivaciones constante que me ha permitido llegar hasta este logro.

A mis **Hijos y Nietos** por ser mi fuente de motivación para poder superar cada día más y así poder luchar para que la vida nos prepare un mejor futuro y poder llegar hacer el mejor ejemplo de su Vida.

A mi gran amigo **David Antony Meza** que con su gran apoyo y consejo durante este trayecto me animo a seguir adelante y no claudicar.

A nuestra Tutora **Ing. Keyling Ninoska Pérez Blandón**, por darnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos, para poder lograr en conjunto este logro importante.

**Ballardo José Artola Ruiz**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico a **Dios**, quién supo guiarme por el buen camino darme fuerza para seguir adelante, y no desmayar en medio de los problemas que se presentaban, ensañándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad y la fe ante nada.

A mi **Familia** y **Esposa Sonia Vásquez**, por ellos he llegado hasta aquí, doy gracias por su apoyo, consejos comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles.

A cada **Maestro** que me han dado todo lo que soy como persona, mis valores y principios, la perseverancia, quienes me ayudaron a forjar mi carácter, ponerle empeño a todo aquello que hagamos y coraje para conseguir cada objetivo.

**William Johan Obando Baltodano**

## **Agradecimiento**

Primeramente, damos gracias a Dios, por permitirnos tener una hermosa experiencia en estos 5 años que transcurrimos con esfuerzo y dedicación en nuestra Universidad; damos gracias a la universidad por darnos la oportunidad de convertirnos en un ser profesional en lo que tanto nos apasiona.

Gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado este grupo, y como recuerdo y prueba viviente en la historia; esta tesis que perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Gracias a nuestras familias, amistades y personajes especiales en nuestras vidas, porque este gran logro es parte gracias a ustedes; hemos logrado concluir con éxito un proyecto más.

El desarrollo de esta tesis no la podemos catalogar como algo fácil, pero lo que, si podemos hacer, es afirmar que durante todo este tiempo pudimos disfrutar cada momento, cada investigación, proceso y proyectos que se realizaron dentro de esta. En estos momentos especiales esperamos, perdure el tiempo, no solo en la mente de las personas a quienes agradecemos, sino también a quienes invirtieron su tiempo para a portarnos un poco de su conocimiento en nuestro proyecto.

*“Siembra una buena y sincera amistad, y muy probablemente el tiempo te permitirá disfrutar de una agradable cosecha”*

***Ballardo, William***

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe trata de brindar de forma concisa, la descripción del proyecto diseño de un mini acueducto de agua potable y sistema de saneamiento para la comunidad El Bálsamo, municipio de Terrabona, departamento de Matagalpa.

El sistema es diseñado a partir de las normas rurales para el abastecimiento de agua potable a través de análisis y estudio socioeconómico de la comunidad establecido por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), con el objetivo de que se construya un sistema de agua y saneamiento que pueda ser apto y sostenible para la comunidad.

El documento también contiene la memoria de diseño y los demás aspectos considerados durante la etapa de estudio, así como los datos recolectados durante investigación de campo. Este documento consta de seis capítulos los cuales son los siguientes:

**Capítulo I.** Generalidades: Se presenta la información general del municipio y la comunidad, también se encuentran la introducción, antecedentes, justificación y objetivos generales y específicos.

**Capítulo II.** Marco teórico: Contiene la parte conceptual del proyecto que se está realizando.

**Capítulo III.** Diseño metodológico: Se presenta los pasos a seguir para generar la información que el proyecto requiera, así como formulas y pasos a realizar en la elaboración del documento para obtener resultados.

**Capítulo IV.** Análisis y resultados: Se describen todos los resultados obtenidos y cálculos realizados en cada una de las etapas del proyecto. El proyecto consta de seis etapas para su realización:

Estudio socioeconómico: Se realizaron visitas de campo en el cual se aplicó encuestas para determinar la situación socioeconómica de la comunidad del Bálsamo.

Evaluación de la fuente de abastecimiento: Mediante métodos de aforos se conoce el caudal de la fuente y se identifica si esta apropiada para abastecer la comunidad.

Calidad de agua: Conforme a los resultados obtenidos por los estudios se define si el agua esta apta para consumo humano.

Cálculos hidráulicos: Se desarrollan las ecuaciones y la modelación en el programa EPANET para valorar el sistema listo.

Sistema de saneamiento: se propone el más adecuado para el bienestar de la comunidad y las familias.

Presupuesto: Estimación de costo del proyecto.

**Capítulo V.** Conclusiones y recomendaciones: Se presenta la parte final del proyecto donde con argumentación y en forma resumida se datan los resultados del análisis efectuado. En las recomendaciones se muestran sugerencias respecto a la forma de mejorar y optimizar el proyecto en general.

## **ANEXOS**

Anexo N° I: Macro localización del proyecto.

Anexo N° II: Micro localización del proyecto.

Anexo N° III: Encuesta socioeconómica (Modelo nuevo FISE).

Anexo N° IV: Aforo fuente.

Anexo N° V: Resumen meteorológico anual 1970 – 2007.

Anexo N° VI: Parámetros y resultados de calidad de agua.

Anexo N° VII: Clasificación de recursos hídricos.

Anexo N° VIII: Análisis de parámetros de velocidad y presión de la red.

Anexo N° IX: Planos constructivos.

- 01 – Portada.
- 02 – Topográfico.
- 03 – Plano con proyecto.
- 04 – Obra de captación.
- 05 – Desarenador.
- 06 – Pre filtro sedimentador.
- 07 – Línea de conducción.
- 08 – Línea de distribución.
- 09 – Predio del tanque de almacenamiento.
- 10 – Tanque de almacenamiento.
- 11 – Sistema de saneamiento.
- 12 – Plano de detalles.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. ANTECEDENTES</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4. OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
<b>1.5. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>5</b>
1.5.1. Localización.....	5
1.5.1.1. Macrolocalización .....	5
1.5.1.2. Microlocalización .....	5
1.5.1.3. Demografía.....	5
1.5.1.4. Clima .....	5
1.5.1.5. Temperatura .....	5
1.5.1.6. Precipitación.....	6
1.5.1.7. Antecedentes climáticos .....	6
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Línea base</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. Estudio hidrológico</b> .....	<b>7</b>
2.2.1. Estudio geológico .....	7
2.2.2. Estudio hidrogeológico .....	7
<b>2.3. Calidad del agua</b> .....	<b>8</b>
2.3.1. Análisis físico.....	8
2.3.2. Análisis químico.....	8
<b>2.4. Estudio hidráulico</b> .....	<b>8</b>
2.4.1. Fuente de abastecimiento.....	9
<b>2.5. Diseño hidráulico</b> .....	<b>9</b>
2.5.1. Levantamiento topográfico.....	9
2.5.2. Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable.....	9
2.5.2.1. Por gravedad (mini acueducto por gravedad) .....	9
2.5.2.2. Por bombeo (mini acueducto por bombeo eléctrico) .....	10
<b>2.5.3. Parámetros de diseño</b> .....	<b>10</b>
2.5.3.1. Periodo de diseño.....	10
2.5.3.2. Variaciones de consumo .....	10
2.5.3.3. Presiones máximas y mínimas .....	11
2.5.3.4. Pérdidas de agua en el sistema.....	11
2.5.4. Obra de captación .....	11
2.5.5. Elementos de una obra de captación para aguas superficial .....	12
2.5.6. Línea de conducción.....	12
2.5.7. Red de distribución .....	12
2.5.8. Tanque de almacenamiento .....	13
2.5.9. Tipos de tanques de almacenamiento .....	13

2.5.9.1. Tanques enterrados .....	13
2.5.9.2. Tanques semienterrados .....	13
2.5.9.3. Tanques superficiales .....	13
2.5.9.4. Tanques elevados .....	14
2.5.10. Golpe de ariete .....	14
<b>2.6. Saneamiento e higiene .....</b>	<b>14</b>
<b>2.7. Presupuesto .....</b>	<b>15</b>
<b>2.8. Planos constructivos.....</b>	<b>15</b>
2.8.1. Funciones de planos.....	15

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO                    17**

<b>3.1. Tipo de investigación .....</b>	<b>17</b>
3.1.1. Universo y muestra (ecuación) .....	17
3.1.1.1. Variables a estudiar .....	17
3.1.2. Técnicas de recolección y análisis de información .....	17
3.1.2.1. La encuesta .....	17
<b>3.2. Estudio hidrológico .....</b>	<b>17</b>
3.2.1. Fases del estudio .....	17
<b>3.3. Fuente de abastecimiento .....</b>	<b>18</b>
3.3.1. Cantidad de agua .....	18
3.3.2. Calidad del agua.....	18
<b>3.4. Diseño del sistema .....</b>	<b>19</b>
3.4.1. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable .....	19
3.4.2. Levantamiento topográfico y diseño del sistema.....	19
3.4.3. Cálculo de la población.....	19
3.4.4. Variaciones de consumo .....	20
3.4.5. Cálculos hidráulicos para diseño .....	20
3.4.6. Diseño de obras hidráulicas.....	20
3.4.7. Obra de captación .....	21
<b>3.4.8. Diseño de bocatoma.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4.8.1. Diseño de la rejilla y el canal de aducción.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4.8.2. Rejillas.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4.8.3. Aguas abajo .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4.8.4. Aguas arriba .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4.8.5. Niveles en el canal de aducción .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4.8.6. Diseño de la cámara de recolección .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.8.7. Cálculo de la altura de los muros de contención.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.8.8. Cálculo de cotas.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.8.9. Lámina sobre la bocatoma .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.8.10. Canal de aducción.....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.8.11. Tubería de excesos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.8.12. Cálculo del caudal de excesos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.8.13. Cálculo de la tubería de excesos .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4.9. Diseño de la línea de conducción del bocatoma al desarenador.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4.10. Desarenador .....</b>	<b>30</b>
<b>3.4.10.1. Teoría de la sedimentación.....</b>	<b>30</b>

3.4.11. Línea de conducción por gravedad.....	33
<b>3.4.11.1. Cálculo de la sobrepresión por el Golpe de Ariete .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4.11.2. Cálculo de presión Máxima .....</b>	<b>35</b>
3.4.12. Almacenamiento.....	36
3.4.12.1. Volumen compensador.....	37
3.4.12.2. Volumen de reserva .....	37
<b>3.5. Red de distribución .....</b>	<b>37</b>
<b>3.6. Saneamiento e higiene .....</b>	<b>38</b>
<b>3.7. Cálculo de presupuesto .....</b>	<b>38</b>
3.6.1. Pasos para elaborar un presupuesto.....	38
<b>3.8. Elaboración de planos constructivos .....</b>	<b>39</b>

#### **4. ANÁLISIS Y RESULTADO 40**

<b>4.1. Línea base .....</b>	<b>40</b>
4.1.1. Características de la comunidad .....	42
4.1.1.1. Población .....	42
4.1.1.2. Situación de viviendas.....	43
4.1.1.3. Tendencia de propiedad y vivienda .....	44
4.1.1.4. Economía y empleo.....	45
4.1.1.5. Estructura económica del territorio .....	45
4.1.1.6. Acceso a servicio de salud .....	47
4.1.1.7. Acceso a servicio de educación .....	48
4.1.1.8. Otros servicios básicos en el territorio .....	49
4.1.1.9. Abastecimiento de agua de consumo.....	50
4.1.2. Evaluación cualitativa de impactos.....	51
<b>4.2. Estudio hidrológico.....</b>	<b>52</b>
4.2.1. Precipitación .....	52
4.2.2. Cuenca hidrográfica .....	53
4.2.3. Características hidrometría de la quebrada monte oscuro .....	54
4.2.4. Ubicación del sitio de captación .....	54
4.2.5. Estudio de aforo de la quebrada la lima .....	56
4.2.6. Balance hídrico de la cuenca .....	56
<b>4.3. Calidad de agua.....</b>	<b>58</b>
4.3.1. Resultados de la calidad de agua.....	58
4.3.2. Calidad físico - químico .....	58
4.3.3. Análisis e interpretación de resultados .....	60
4.3.4. Calidad bacteriológica .....	61
4.3.5. Sustancias toxicas inorgánicas .....	61
4.3.5. Tratamiento y desinfección del sistema agua potable .....	62
<b>4.4. Diseño hidráulico .....</b>	<b>62</b>
4.4.1. Tasa de crecimiento poblacional .....	62
4.4.2. Datos para estimar la tasa de crecimiento rural.....	63
4.4.3. Proyección de población y demanda.....	64
4.4.4. Estimación de consumo .....	65
4.4.5. Descripción del Proyecto.....	65
4.4.5.1. Diseño de obra de captación.....	68

4.4.5.1.1. Diseño de bocatoma .....	68
<b>4.4.5.1.2. Diseño de Desarenador .....</b>	<b>74</b>
4.4.6. Planta de tratamiento .....	80
4.4.7. Diseño línea de conducción .....	81
4.4.7.1. Cálculo del diámetro en las tuberías de conducción.....	81
4.4.7.2. Cálculos de la velocidad en la tubería de conducción .....	81
4.4.7.3 Cálculo de golpe de ariete.....	82
4.4.7.4. Cálculo de la sobrepresión por el golpe de ariete.....	82
4.4.8. Almacenamiento .....	83
4.4.8.1. Cálculo de tanque de almacenamiento.....	83
4.4.8.2. Dimensiones del tanque.....	84
4.4.7. Diseño red de distribución.....	84
4.4.8 Sin Consumo de la red.....	85
4.4.9. Análisis hidráulico del sistema con EPANET .....	85
4.4.10. Sistema de desinfección .....	92
<b>4.4.11. Dosificación del sistema .....</b>	<b>92</b>
<b>4.5. Elaboración de planos.....</b>	<b>93</b>
<b>4.6. Estudio técnico .....</b>	<b>93</b>
4.6.1. Sistema de saneamiento .....	93
4.6.1.1. Situación de saneamiento e higiene .....	93
4.6.1.2. Desechos sólidos .....	93
4.6.1.3. Demanda de saneamiento .....	94
4.6.1.4 Alternativas de saneamiento .....	94
4.6.2. Higiene.....	98
<b>4.7. Presupuesto del Proyecto .....</b>	<b>99</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>109</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>109</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>I</b>
Anexo N° I: Macro localización del proyecto .....	I
Anexo N° II: Micro localización del proyecto.....	II
Anexo N° III: Encuesta Socioeconómica (Modelo Nuevo Fise) .....	III
Anexo N° IV: Aforo de Fuente .....	IX
Anexo N° V: Resumen meteorológico anual 1970-2007.....	X
Anexo N° VI: Parámetros y resultados de calidad de agua .....	XI
Anexo N° VII: Clasificación de recursos hídricos.....	XV
Anexo N° VII: Análisis de parámetros de velocidad y presión en la red.....	XVI

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Población en la comunidad El Bálsamo .....	42
Gráfico N° 2: Rango de edad .....	43
Gráfico N° 3: Situación actual de las viviendas .....	43
Gráfico N° 4: Estado legal de las viviendas .....	44
Gráfico N° 5: Estado físico de viviendas.....	44
Gráfico N° 6: Actividad económica de la población .....	45
Gráfico N° 7: Principales cultivos .....	45
Gráfico N° 8: Ingreso mensual por familia .....	46
Gráfico N° 9: Enfermedades en la comunidad EL Bálsamo.....	47
Gráfico N° 10: Nivel de escolaridad en la comunidad El Bálsamo .....	48
Gráfico N° 11: Energía .....	49
Gráfico N° 12: Estado actual de saneamiento .....	49
Gráfico N° 13: Eliminación de aguas servidas.....	50
Gráfico N° 14: Abastecimiento de agua de consumo .....	50
Gráfico N° 15: Comportamiento del escurrimiento anual .....	57

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Relaciones hidráulicas para conductos circulares .....	28
Tabla N° 2: Viscosidad cinemática del agua.....	30
Tabla N° 3: Número de Hazen ( $V_s/V_o$ ).....	33
Tabla N° 4: Constante K para tanque de almacenamiento .....	37
Tabla N° 5: Componentes de la línea base .....	41
Tabla N° 6: Cantidad de ganado existente en la comunidad El Bálsamo .....	46
Tabla N° 7: Acceso al sistema de educación.....	48
Tabla N° 8: Evaluación cualitativa de impactos .....	51
Tabla N° 9: Resultados generales del aforo volumétrico .....	56
Tabla N° 10: Resumen de caudales para diferentes eventos de precipitación .....	56
Tabla N° 11: Datos anuales del escurrimiento.....	57
Tabla N° 12: Tasa de crecimiento del municipio de Terrabona.....	63
Tabla N° 13: Proyección de la población 20 años .....	64
Tabla N° 14: Proyección de población y consumo.....	64
Tabla N° 15: Cálculo de consumos máximos y almacenamiento.....	65
Tabla N° 16: Detalles de filtros sedimentadores.....	81
Tabla N° 17: Composición de tubería para línea de conducción .....	82
Tabla N° 18: Cálculo de volumen del tanque.....	83
Tabla N° 19: Dimensiones del tanque .....	83
Tabla N° 20: Análisis de parámetros de línea conducción.....	86
Tabla N° 21: Análisis de parámetros de la red de distribución.....	87
Tabla N° 22: Análisis de parámetros de la red de distribución(Continuación).....	88
Tabla N° 23: Análisis de parámetros de nodos de línea de conducción .....	89
Tabla N° 24: Análisis de parámetros de nodos de red distribución.....	90
Tabla N° 25: Análisis de parámetros de nodos de red distribución (Continuación) ....	91
Tabla N° 26: Aplicación soluciones secas .....	96
Tabla N° 27: Aplicación soluciones húmedas.....	97
Tabla N° 28: Resumen del costo del proyecto.....	99

Tabla N° 29: Costo de proyecto etapa (mitigación y prevención ambiental y preliminares) .....	98
Tabla N° 30: Costo de proyecto etapa (Línea de conducción).....	99
Tabla N° 31: Costo de proyecto etapa (Red de distribución) .....	100
Tabla N° 32: Costo de proyecto etapa (Continuación red de distribución) .....	101
Tabla N° 33: Costo de proyecto etapa (Tanque de almacenamiento) .....	102
Tabla N° 34: Costo de proyecto etapa (Continuación tanque de almacenamiento) .	103
Tabla N° 35: Costo de proyecto etapa (Fuente y obra de captación) .....	104
Tabla N° 36: Costo de Proyecto Etapa (Continuación fuente y obras de captación) .....	105
Tabla N° 37: Costo de Proyecto Etapa (Planta purificadora, conexiones y puesto público) .....	106
Tabla N° 38: Costo de Proyecto Etapa (Limpieza final y entrega) .....	107
Tabla N° 39: Costo de Proyecto Etapa (Letrinas y saneamiento) .....	108

## LISTAS DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación del proyecto en la cuenca hidrográfica de Nicaragua.....	53
Figura N° 2: Ubicación del proyecto en la cuenca hidrográfica del Río Grande de Matagalpa .....	54
Figura N° 3: Área de la micro-cuenca Quebrada Monte Oscuro .....	55
Figura N° 4: Ubicación del sitio de captación .....	55
Figura N° 5: Esquema del proyecto.....	67
Figura N° 6: Planta de tratamiento .....	80
Figura N° 7: Clorinador automático .....	92
Figura N° 8: Diseño de letrina .....	95
Figura N° 9: Diseño de lavadero .....	98

## **ACRÓNIMOS**

CAPRE	Calidad de agua para el consumo humano
CAPS	Comité de agua potable y saneamiento
ELB	Estudio de línea base
ENACAL	Empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillados
FISE	Fondo de Inversión Social de Emergencia
INAA	Instituto nicaragüense de acueducto y alcantarillados
INIDE	Instituto nacional de información y desarrollo
INETER	Instituto nicaragüense de estudio territoriales
MABE	Mini acueducto por bombeo eléctrico
MAG	Mini acueducto por gravedad
NTON	Norma técnica obligatoria nicaragüense
OMS	Organización mundial de la salud
ONG	Organismo No Gubernamental
OPS	Organización panamericana de la salud
PHCA	Proyecto Hidrometeorológico centroamericano
PIENSA	Programa de Investigación, estudios nacionales y servicio del ambiente
SRD	Documentos de referencia de sistemas
UMAS	Unidad municipal de agua y saneamiento
UTM	Universal Transverse Mercator

## **UNIDADES DE MEDIDAS**

Gpm	Galones por minutos
L/d	Litros día
L/s	Litros segundos
LPD	Litros por persona por día
m	Metros
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
m <sup>3</sup> /h	Metros cúbicos por hora
mnsn	Metros sobre el nivel del mar

## ABREVIATURAS

A	Área
B	Ancho
CMD	Consumo máximo diario
CMH	Consumo máximo horario
CPD	Consumo promedio diario
CPDT	Consumo promedio diario total
D	Diámetro
F	Capacidad adicional de reserva
FGD	Filtro grueso dinámico
H	Altura
H°G°	Hierro galvanizado
L	Largo
N	Numero de unidad
n	Periodo de diseño
Pb	Población
Pn	Población proyectada o último censo
Po	Población base inicial
PVC	Policloruro de vinilo
Q	Caudal
Qd	Caudal de diseño
TAC	Tasa anual de crecimiento
Vf	Velocidad de filtración



# CAPÍTULO I: GENERALIDADES

*Los científicos estudian el mundo tal como es; los ingenieros crean el mundo que nunca ha sido.*

*Theodore Von Karman (Físico húngaro-estadounidense)*

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso limitado y un bien público fundamental para la vida y la salud humana. La entrega de servicios de abastecimiento de agua y saneamiento en Nicaragua; en las zonas urbanas compete principalmente a la empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillados ENACAL y en el sector rural la tarea es asumida por los comités de agua potable y saneamiento CAPS. (Wheelock Díaz, Sonia).

En Nicaragua, la situación de los servicios de agua potable y saneamiento en el medio rural es, en general, deficiente en cantidad, continuidad y calidad. En solo aproximadamente un 48.5% de la población rural del país posee acceso a una fuente de agua confiable al año 2003 y un porcentaje igual al 66.1% al año posee alguna clase de letrina. (OPS-OMS, 2004).

Según registro de censo poblacional actualizado indica que la comunidad a beneficiar con el futuro sistema de agua potable tiene una población total de 375 habitantes, los cuales reciben un máximo 60 litros por persona al día. En la necesidad de suministrar agua potable a las comunidades, se ha implementado proyectos con pozos públicos que actualmente cubren 10 comunidades rurales en el municipio de Terrabona, Matagalpa.<sup>1</sup>

Este proyecto es de carácter social, se considera incluir en el rubro de Ingresos el concepto de ahorro social, el cual se define en valorar el esfuerzo realizado por la población al acarrear el agua diariamente desde el pozo existente hacia sus respectivas viviendas. Es por este fin que se propone el diseño de un sistema de

---

<sup>1</sup> Alcaldía Municipal de Terrabona, Caracterización municipal (2017)

abastecimiento de agua potable y el componente de saneamiento e higiene, que sea ideal para solventar la demanda del recurso en la comunidad durante todo el año y con un periodo de diseño que cumpla con los requisitos de las normas técnicas obligatorias nicaragüenses.

## **1.2. ANTECEDENTES**

En el año 2008 la alcaldía realizó un pozo a mano en la comunidad del Bálsamo, con el cual se abastecía la demanda de la población; dicha comunidad al estar ubicada en la ladera del “Cerro Mallorquín” ha ocasionado que el nivel freático descienda con gran rapidez.

En 2013 ENACAL a través de un programa nacional de abastecimientos de agua a los municipios que se encuentran en el corredor seco, en la comunidad del Bálsamo se ejecutó la perforación de un pozo, equipado con bomba manual conocida como bomba de mecate, pero solo en invierno es utilizado ya que en verano el agua se profundiza.

El gobierno municipal en el año 2015 perforó otro pozo en la comunidad, pero el resultado fue negativo igual a los pozos anteriores. Por tal razón, parte de la comunidad se abastece de agua de la quebrada Monte Oscuro, que pasa a unos cincuenta metros de la comunidad del Bálsamo, que en época de verano de igual manera se seca. Estos factores que no solo afectan la cantidad, sino que también contribuyen a empeorar la calidad de vida de los habitantes de esta comunidad.

Hoy en día la comunidad del Bálsamo, del municipio de Terrabona enfrenta graves problemas de abastecimiento de agua, por lo que; para poder obtener el vital líquido, emplean acciones como: almacenar agua de lluvia, acarrear de quebradas, ojos de agua y por último, se trasladan a comunidades vecinas para obtener el agua en sus casas, y en cuanto al saneamiento el 68.% no tienen letrinas lo que les obliga a defecar

en campo libre y el 32% de los habitantes que tienen letrinas has sido construidas y donadas por ONG y alcaldía municipal.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La población de esta comunidad al no tener acceso al agua potable de calidad, enfrenta problemas graves en cuanto a salud, economía, y desarrollo, ya que esta situación es un riesgo para la salud de los pobladores y especialmente en las mujeres embarazadas, ancianitos y los niños y niñas que son los más vulnerables y perjudicados en cuanto a enfermedades gastrointestinales y virus por la contaminación principalmente del agua y debido a las exposición de las heces fecales de los pobladores que no tienen letrinas.

No es posible que la población se abastezca de la quebrada Monte Oscuro sin ningún sistema, ya que esto repercute en el bienestar de la salud de cada uno de ellos, de tal manera que es necesario enfocarse en la solución de diseñar y proponer un modelo nuevo de abastecimiento del vital líquido e higiene personal para el 68% que no tienen letrinas, minimizando las enfermedades epidémicas que suelen atacar la salud humana.

Las comunidades están organizadas a través de un comité de agua potable y saneamiento (CAPS), la cual ha gestionado ante el gobierno municipal de Terrabona a través de la unidad municipal de agua y saneamiento (UMAS), la construcción del sistema de agua potable, y la construcción de letrina que permita mejorar las condiciones de agua y saneamiento de la comunidad del Bálsamo.

Cabe señalar que se cuenta con un plan municipal de agua potable y saneamiento elaborado por la alcaldía con apoyo del nuevo FISE, elaborado en febrero del año 2015, donde se plantean las necesidades como comités de agua potable y

saneamiento de acuerdo a líneas estratégicas y su nivel de prioridad, en donde está planteado este proyecto como prioridad número uno por esta población.<sup>2</sup>

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento para la comunidad El Bálsamo, del municipio de Terrabona, departamento de Matagalpa.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- 1) Obtener una línea base para cada uno de los indicadores que permitan identificar las condiciones de acceso a saneamiento e higiene de los pobladores.
- 2) Desarrollar un estudio hidrológico de micro cuenca quebrada Monte Oscuro.
- 3) Caracterizar la calidad de agua de la quebrada la Lima, mediante un análisis físico – químico.
- 4) Generar el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento y analizarlo mediante el software EPANET.
- 5) Elaborar un estudio técnico y proponer una infraestructura adecuada a la demanda de saneamiento e higiene, que cumpla y contribuya a mejorar las condiciones de vida de las comunidades.
- 6) Estimar los costos de la realización del sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento.

---

<sup>2</sup> Alcaldía Municipal de Terrabona, Caracterización municipal (2017)

## **1.5. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO**

### **1.5.1. Localización**

#### **1.5.1.1. Macrolocalización**

La comunidad el Bálsamo está ubicada a 12 Km de la cabecera municipal de Terrabona y cuenta con un camino de todo tiempo.

#### **1.5.1.2. Microlocalización**

El Bálsamo las coordenadas de la comunidad son 618975.12E y 1403017.72N (referencia la escuela) y a una altura promedio sobre el nivel del mar de 468 msnm. La localidad es de tipo rural concentrada en un 81% y dispersa en un 19%.

#### **1.5.1.3. Demografía**

El Bálsamo la población total es: 375 habitantes.

#### **1.5.1.4. Clima**

Para caracterizar la climatología se usaron los mapas publicados recientemente por INETER y estudios en el ámbito de todo el país. Generalmente el clima del área de interés es de tipo seco (tropical de sabana), la temporada de lluvias se extiende hasta noviembre.

#### **1.5.1.5. Temperatura**

La temperatura varía de una mínima de 16.10 °c en el mes de enero a una máxima de 30.4 °c en el mes de abril, para un promedio anual de 23.13 °C, la temporada más calurosa se dan en los meses de febrero a octubre y los meses de noviembre a febrero son los más fríos del año.

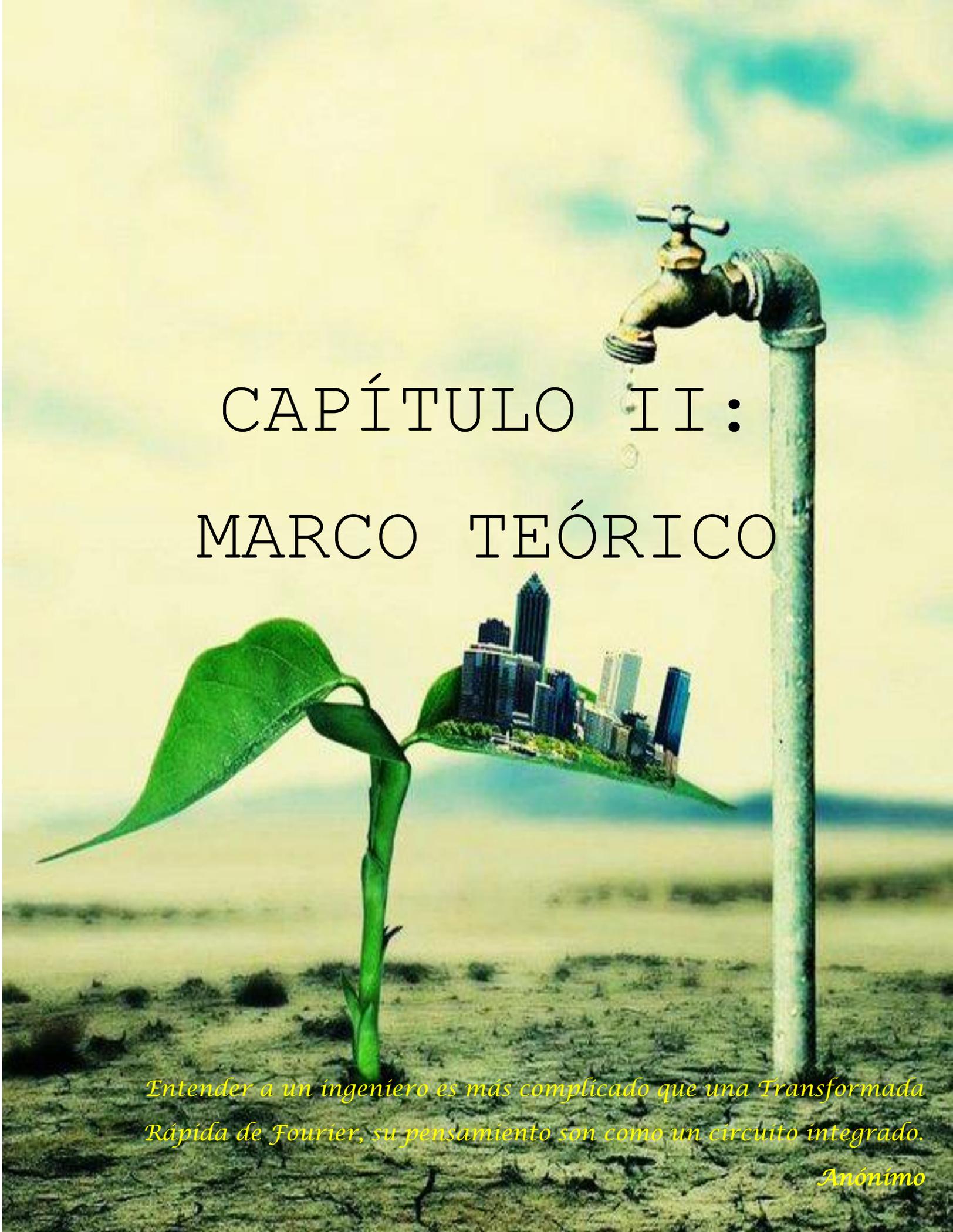
#### **1.5.1.6. Precipitación**

La precipitación varía desde un mínimo de 600 mm en los valles montañosos de la región norte, hasta un máximo de 2000 mm.

#### **1.5.1.7. Antecedentes climáticos**

La comunidad El Bálsamo ha quedado manifestada ante la presencia de los fenómenos ocurridos en los últimos años, tal es el caso del huracán Joan (1988), tormenta tropical Bret (1993), así como el huracán Mitch (1998), entre otros; generando cuantiosos daños humanos y materiales, con graves afectaciones a la ecología y al medio ambiente.

Esta situación se complementa con la alta accidentalidad del terreno, dada la existencia de cerros y elevaciones montañosas en el territorio, que ante torrenciales aguaceros y la inestabilidad del suelo se tornan en potenciales generadores de deslizamientos y deslaves, con altas probabilidades de afectar dicha comunidad.



CAPÍTULO II:  
MARCO TEÓRICO

*Entender a un ingeniero es más complicado que una Transformada Rápida de Fourier, su pensamiento son como un circuito integrado.*

*Anónimo*

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Línea base**

El Estudio de línea de base (en adelante, ELB) es una investigación aplicada, realizada con la finalidad de describir la situación inicial de la población objetivo de un proyecto, así como del contexto pertinente, a los efectos de que esta información pueda compararse con mediciones posteriores y de esta manera evaluar objetivamente la magnitud de los cambios logrados en virtud de la implementación de un proyecto. (Burga) S.F.

### **2.2. Estudio hidrológico**

Delimita los parámetros de la cuenca, se definirá el tamaño de la cuenca; la cuenca es la superficie total sobre las precipitaciones acaban por drenaje en ese curso objeto de estudio, si el curso fluvial aguas arribas no tiene otros cursos que sobre el que vierta sus aguas suponiendo que no hay subcuenta y si la hay, se contabilizaran también dentro de la cuenca. Posteriormente hay que calcular el umbral de escorrentía que es el porcentaje de precipitación que acaban en el curso respecto de las que infiltradas en el terreno y para esto debemos calcular un coeficiente para cada zona de cuenca, diferenciarlo si hay vegetación, tipo de suelo etc. (sioingenieria).

#### **2.2.1. Estudio geológico**

Analiza todas las características geológicas del suelo en un lugar en el que se va a realizar un vertido, perforación, cimentación y, en general, cualquier obra de algún tipo. Por lo tanto, en este caso al referirnos a estudio geológico vamos a hablar de algo orientado básicamente hacia la práctica, hacia su utilización en el campo de la ingeniería de obras, y no desde un punto de vista científico. (certicalia) S.F.

#### **2.2.2. Estudio hidrogeológico**

Es el que integra en un territorio sus características; climatológicas, hidrológicas, geológicas, la estructura del subsuelo facilitada por la geofísica, hidrodinámicas,

geoquímicas e hidroquímicas para la definición de los acuíferos existentes (masas de agua o embalses subterráneos) en sus aspectos geométrico y de funcionamiento hidrogeológico, definiéndose sus balances hídricos. Para proponer el uso adecuado de la fuente de agua a estudiar (Evren) S.F.

### **2.3. Calidad del agua**

Es un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano: de ella depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc. Por tanto, la calidad del agua es también un factor influyente en la determinación de la pobreza o riqueza de un país. (ecured) S.F.

#### **2.3.1. Análisis físico**

Es un estudio que indica cuales han de ser los análisis de autocontrol y los análisis en el grifo del consumidor para ver la calidad de agua y determina los Aspecto - color - olor - sabor - turbiedad - sólidos disueltos totales - dureza total alcalinidad F - alcalinidad M - cloruros (Cl) - sulfatos (SO<sub>4</sub>) - hierro (Fc) - manganeso (Mn) - amonio (N114) - nitritos (NO<sub>2</sub>) - nitratos (NO<sub>3</sub>) - fluoruro (F) - arsénico (As) - plomo (Pb) y vanadio (V), nos garantizan de manera concreta que nuestra agua es apta para el consumo humano.

#### **2.3.2. Análisis químico**

Es el estudio que nos permitirá realizar la medición de los componentes tanto químicos como los minerales y compuestos presentes, disueltos o en suspensión de la fuente de abastecimiento de agua propicia para el consumo de la población de la comunidad del Bálsamo.

### **2.4. Estudio hidráulico**

Consiste en determinar el comportamiento hidráulico de los cauces a su paso por la zona objeto de estudio, de modo que se compruebe la idoneidad de la sección del cauce en caso de avenida.

### **2.4.1. Fuente de abastecimiento**

Es el conjunto de sistemas que proporciona agua donde se utilizará una vez que ha sido recogida y almacenada desde un punto lejano de abastecimiento.

Existen una gran diversidad de fuentes de abastecimiento de agua dependiendo de la orografía, topografía y las características de la zona en cuestión sobre la que se desee preparar una fuente de abastecimiento de agua potable.<sup>3</sup>

## **2.5. Diseño hidráulico**

### **2.5.1. Levantamiento topográfico**

Consiste en describir un terreno desde el punto de vista topográfico. A través de la utilización de instrumental especializado, el topógrafo realiza un escrutinio de la superficie del terreno y procede a la toma de datos, generalmente con un teodolito o estación total. Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se realizan mapas o planos específicos de un lugar, describiendo particularmente las características del terreno, como los relieves o diferencias de altura que pueda haber. (pymet) S.F.

### **2.5.2. Tipos de sistemas de abastecimiento de agua potable.**

Existen dos tipos de sistema de abastecimiento de agua potable el cual se clasifica por gravedad (MAG) y por bombeo (MABE).

#### **2.5.2.1. Por gravedad (mini acueducto por gravedad)**

Es un sistema en el que el agua es captada de una fuente superficial localizada a mayor altura que las viviendas y transportada en tuberías hasta un tanque de almacenamiento ubicado también a mayor altura que las viviendas y después por su

---

<sup>3</sup> “Fuentes de abastecimiento de agua potable para uso y consumo humano”, Recuperado de <https://fuentesde.com/abastecimiento-de-agua/>

propio peso (por gravedad), el agua baja por tuberías a los puestos domiciliarios o públicos de donde se abastece la población.<sup>4</sup>

### **2.5.2.2. Por bombeo (mini acueducto por bombeo eléctrico)**

Esta opción será considerada solo en los casos en que exista: (1) Disponibilidad de fuente de abastecimiento; (2) Disponibilidad de energía eléctrica y (3) Capacidad de pago de la comunidad. Si no se puede aplicar ésta opción se procurará adoptar cualquiera de los otros tipos de sistemas. Si no existe otra opción técnica y económicamente más aceptable entonces se realizará la perforación de uno o más pozos.

### **2.5.3. Parámetros de diseño**

#### **2.5.3.1. Periodo de diseño**

Cuando se trata de diseñar este sistema de abastecimiento de agua potable, tratamos de fijar la vida útil de todos los componentes del sistema. Además el periodo económico del proyecto al número de años para el cual se diseñara la obra de abastecimiento de agua potable considerando que durante ese periodo se proporcionara un servicio de calidad y eficiente, sin incurrir en costos innecesarios y optimizando la economía del proyecto sin descuidar los elementos técnicos y de sostenibilidad.

#### **2.5.3.2. Variaciones de consumo**

Por lo general el consumo no es constante durante todo el año, inclusive se presentan variaciones durante el día, esto hace necesario que se calculen gastos máximos diarios y máximos horarios, para el cálculo de estos es necesario utilizar Coeficientes de Variación diaria y horaria respectivamente.

---

<sup>4</sup> “Operación y Mantenimiento de un Mini Acueducto Gravedad (MAG)”, Recuperado de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/operacion3b3n-y-mantenimiento-de-un-mini-acueducto-por-gravedad-mag-fise.pdf>

Un sistema es eficiente cuando en su capacidad está prevista la máxima demanda de una población. Para diseñar las diferentes partes de un sistema, se necesita conocer las variaciones mensuales, diarias y horarias del consumo. Interesan las demandas medias, las máximas diarias y las máximas horarias

#### **2.5.3.3. Presiones máximas y mínimas**

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

Presión mínima: 5.0 metros

Presión máxima: 50.0 metros (INAA, inaa.gob.ni, 2002)

#### **2.5.3.4. Pérdidas de agua en el sistema**

La existencia de pérdidas de agua en un sistema de abastecimiento rural es un problema de deficiencia operacional, que debe ser estudiado de forma integral ya que comprende múltiples facetas. Es de vital importancia identificar las pérdidas que ocurren en sus procesos de captación, conducción, potabilización y distribución de agua a todos sus usuarios. Esto se puede lograr a través de un balance hídrico en la fuente superficial, que permite contabilizar cada componente de agua que se suministra y se extrae de un sistema de abastecimiento de agua potable dentro de un período definido.

El control de pérdidas es el conjunto de acciones de planeamiento integrado destinado al manejo eficiente del volumen de agua suministrado y entregado a los usuarios de los sistemas de abastecimiento a costos compatibles con los beneficios obtenidos.

#### **2.5.4. Obra de captación**

Las obras de captación son las obras civiles y equipos electromecánicos que se utilizan para reunir y disponer adecuadamente del agua superficial o subterránea.

Dichas obras varían de acuerdo con la naturaleza de la fuente de abastecimiento su localización y magnitud.

Es necesario separar en el término general de “obra de captación” el dispositivo de captación propiamente dicho y las estructuras complementarias que hacen posible su buen funcionamiento.

#### **2.5.5. Elementos de una obra de captación para aguas superficial**

- ✓ Bocatoma
- ✓ Rejilla
- ✓ Canal de aducción
- ✓ Cámara de recolección
- ✓ Vertedero de excesos
- ✓ Tubería de excesos
- ✓ Desarenador

#### **2.5.6. Línea de conducción**

Se entiende por línea de conducción al tramo de tubería que transporta agua desde la captación hasta la planta potabilizadora, o bien hasta el tanque de regularización, dependiendo de la configuración del sistema de agua potable.

Una línea de conducción debe seguir, en lo posible, el perfil del terreno y debe ubicarse de manera que pueda inspeccionarse fácilmente. Esta puede diseñarse para trabajar por gravedad o bombeo.

#### **2.5.7. Red de distribución**

Una red de distribución (que en lo sucesivo se denominará red) es el conjunto de tubos, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta la toma domiciliaria o hidrantes públicos. Su finalidad es

proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como extinguir incendios.

La red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada.

### **2.5.8. Tanque de almacenamiento**

Depósito diseñado para almacenar o procesar líquidos y gases, generalmente a presión atmosférica o presión internas relativamente bajas.

### **2.5.9. Tipos de tanques de almacenamiento**

Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto para su uso posterior y/o comercialización. Los tanques de almacenamiento, se clasifican en:

#### **2.5.9.1. Tanques enterrados**

Estos tanques se construyen bajo el nivel del suelo. Se emplean preferentemente cuando existe terreno con una cota adecuada para el de la red de distribución y de fácil excavación. Los tanques enterrados tienen como principal ventaja proteger el agua de las variaciones de temperatura y una perfecta adaptación al entorno.

#### **2.5.9.2. Tanques semienterrados**

Los tanques semienterrados tienen parte de su estructura bajo el nivel del terreno y parte sobre el nivel del terreno. Se emplean generalmente cuando la altura topográfica respecto al punto de alimentación es suficiente y el terreno presente dificultad para excavación.

#### **2.5.9.3. Tanques superficiales**

Estas son estructuras que pueden ser de diferente forma y que se construyen con mampostería de piedra o con hormigón simple u hormigón armado, dependiendo de

su capacidad, de su estabilidad estructural y de las disponibilidades del material que exista en la zona. Este tipo de tanques se construirán cuando la topografía del terreno permita satisfacer los requerimientos hidráulicos del sistema y cuando los requerimientos de capacidad son grandes.

Los tanques se construyen directamente sobre el terreno natural, su ubicación dependerá de la topografía de la zona a construir, condicionándose a que la presión en la red de distribución esté comprendidos bajos los requerimientos de la NTON 09002-99. (INAA, inaa.gob.ni, 2002)

#### **2.5.9.4. Tanques elevados**

Son aquellos cuya base está por encima del nivel del suelo y se sustenta a partir de una estructura. Generalmente son construidos en localidades con topografía plana donde no se dispone en su proximidad de elevaciones naturales con altimetría apropiada. El tanque elevado refiere una estructura integral que consiste en el tanque, la torre y la tubería de alimentación y descarga.

#### **2.5.10. Golpe de ariete**

Es un aumento repentino de la presión causado por un cambio rápido en la velocidad de caudal de la tubería. Este fenómeno se denomina "golpe de ariete" porque los aumentos repentinos de la presión suelen ir acompañados de un ruido semejante al que haría la tubería si se golpease con un martillo. El golpe de ariete se refiere a las fluctuaciones causadas por un repentino incremento o disminución de la velocidad del flujo. Estas fluctuaciones de presión pueden ser lo suficientemente severas como para romper la tubería de agua.

### **2.6. Saneamiento e higiene**

Se entiende el suministro de instalaciones y servicios que permiten eliminar sin riesgo la orina y las heces. Los sistemas de saneamiento inadecuados constituyen una causa importante de mortalidad en todo el mundo. Se ha probado que la mejora del

saneamiento tiene efectos positivos significativos en la salud tanto en el ámbito de los hogares como el de las comunidades. El término saneamiento también hace referencia al mantenimiento de buenas condiciones de higiene, gracias a servicios como: la recogida de basura y la evacuación de aguas residuales.

## **2.7. Presupuesto**

Es la suma total de dinero asignado con el propósito de cubrir todos los gastos del proyecto durante un periodo de tiempo específico. El fin de la gerencia del presupuesto es controlar los costos del proyecto dentro del presupuesto aprobado y entregar las metas esperadas del proyecto.

## **2.8. Planos constructivos**

Son los documentos más utilizados del proyecto, y por ello han de ser completos, suficientes y concisos. Deben incluir la información necesaria para ejecutar la obra objeto del proyecto en la forma más concreta posible y sin dar información inútil o innecesaria.

### **2.8.1. Funciones de planos**

Los planos son el instrumento para cumplir las siguientes funciones:

1. Recoger los antecedentes que existan antes de realizarse el proyecto.
2. Definir de una manera exacta, unívoca y completa todos y cada uno de los elementos del proyecto, tanto en formas como dimensiones y características esenciales.

- Son el punto de partida de todas las construcciones

Los planos permiten a los ingenieros y arquitectos realizar los bocetos del diseño y evaluar la factibilidad de las propuestas. Para los profesionales, el plano, refleja de forma precisa todos los elementos del proyecto, en lo que respecta a dimensiones, distribución espacial y demás características fundamentales.

- Muestran la ubicación y condiciones del terreno

Los planos son de suma utilidad en lo que respecta a la ubicación de la construcción, ya que reflejan a detalle las condiciones del terreno: obstáculos, elevaciones, detalles de topografía, curvas de nivel, entre otros. Además, muestran explícitamente la influencia que ejerce la obra sobre los lugares adyacentes, considerando el diseño final de la obra y el impacto sobre el medio ambiente.

3. Detallan los elementos que forman parte de la obra

En el plano se muestran todos y cada uno de los elementos que forman parte del proyecto. Esto incluye la distribución de espacios, la colocación de mobiliario (fijo o removible) y la interacción entre elementos. También, se expresa la posibilidad de cambiar la obra, ya sea para ampliar o reducir espacios.

4. Son un punto de apoyo legal y financiero

Una vez terminada la obra, los planos pueden ser compartidos con entidades oficiales (alcaldías, gobernaciones, entre otros) y todos los ciudadanos podrían tener acceso a estos. En ese sentido, pueden ser una representación gráfica de carácter oficial, y algunas veces son tomados como punto de apoyo en el tratamiento de temas legales.

Además, son los documentos que permiten obtener financiamiento, permisos de construcción y materiales exactos. Normalmente, los bancos solicitan copias de los planos arquitectónicos de la obra en curso, para así constatar la descripción dada por la persona que solicita un crédito hipotecario.

The background features a bright sun in the top left corner, two white doves flying in the sky, and a globe with a faucet. The globe is positioned in the center, with a silver faucet attached to its right side. The globe shows green continents and blue oceans. The faucet is a standard kitchen-style faucet with a cross-shaped handle.

CAPÍTULO III:

DISEÑO

METODOLÓGICO

*Nunca consideres el estudio como una obligación, si no como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.*

*Albert Einstein*

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de Investigación se realizó con datos cualitativos y cuantitativos relacionados a los conocimientos, actitudes y se aplicó las técnicas de investigación cualitativa y cuantitativa que se definen a continuación.

##### **3.1.1. Universo y muestra (ecuación)**

Este estudio se tomó como referencia las viviendas establecidas en la comunidad a beneficiar, la información refleja a la cifra equivale al 100% de hogares a encuestar.

##### **3.1.1.1. Variables a estudiar**

Composición de las familias, condiciones de viviendas, saneamiento e higiene ambiental, manejo de desechos sólidos, acceso al agua y saneamiento, situación de las condiciones de salud, situación de la educación, participación y organización comunitaria.

##### **3.1.2. Técnicas de recolección y análisis de información**

##### **3.1.2.1. La encuesta**

Esta técnica cuantitativa de investigación se realizó sobre la comunidad afectada, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación donde conseguiremos mediciones cuantitativas sobre las afectaciones en dichas comunidades, los resultados fueron procesados mediante el programa Microsoft Excel, asignándoles un valor numérico mediante gráficos, para clasificar la información que permita priorizar el interés para la redacción de este documento. (Ver Anexo N° III. Encuesta).

#### **3.2. Estudio hidrológico**

##### **3.2.1. Fases del estudio**

Definir los territorios perjudicados del proyecto, esto tiene como objetivo definir el cauce de una cuenca hidrográfico y sus características físicas, se realizó estudio

hidráulico utilizando la información cartográfica como son los mapas topográficos a escala 1: 50,000, editados por INETER, 2006.

- Mapa cartográfico No 3054 – III, Sébaco Matagalpa
- Mapa cartográfico No. 3054 –IV, Terrabona San Dionisio

Así como la información hidrogeológica gráfico utilizada proviene del estudio hidrogeológico e hidroquímicas de la región del pacífico de Nicaragua y en este caso se utilizó el mapa hidrogeológico código # NC 16-15. Además de considerar la micro-cuenca del área y observaciones de campo. Con el objetivo de determinar la factibilidad de la fuente superficial existente y establecer su potencial hidrológico y calidad de la misma como futura fuente de abastecimiento para la comunidad del Bálsamo durante los siguientes 20 años.

### **3.3. Fuente de abastecimiento**

Se analizó mediante aforo la fuente, quebrada Monte Oscuro como alternativa de solución para el componente de agua a ser diseñado para la comunidad el Bálsamo, tomando en cuenta los aspectos: técnicos (tipo de fuente explotable, condiciones geomorfológicas de la zona, capacidad hídrica de la fuente), acompañado con una alternativa de saneamiento que sea congruente con el sistema de agua diseñado y las condiciones particulares de la comunidad.

#### **3.3.1. Cantidad de agua**

La fuente de abastecimiento de agua estudiada debe suministrar el gasto máximo diario, para evitar el peligro de reducción por sequía u otra causa, por lo tanto, deberá cumplir con las necesidades inmediatas de la comunidad. Por lo cual se realizó aforo para determinar la cantidad de consumo de las comunidades a beneficiar.

#### **3.3.2. Calidad del agua**

Se realizó estudio con muestras de agua de la fuente en laboratorio PIENSA, para determinar la calidad del agua para consumo humano, con las normas aprobadas por

el Instituto nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA), tomando como referencia la norma NTON 05 007-98, este análisis físico químico determino los parámetros del agua tales como: aspecto, olor, turbiedad, color verdadero, PH, hierro, manganeso, sodio y sulfato.

### **3.4. Diseño del sistema**

#### **3.4.1. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable**

De acuerdo al estudio se determinó el sistema de abastecimiento de agua adecuado para la comunidad del Bálsamo.

#### **3.4.2. Levantamiento topográfico y diseño del sistema**

Se utilizó la hoja topográfica 2954 – I; 2954 – II y 2954 – IV; Sebaco, Matagalpa y San Dionisio Terrabona respectivamente, a escala 1: 50000, edición INETER 2006. Impresas para ser utilizadas en el campo. Para la ubicación espacial en el terreno se recurrirá al sistema global de posicionamiento satelital (GPS), aparato electrónico, digital-portátil, Marca: Garmin, modelo: E-trex, designando el sistema de coordenadas UTM y de navegación: Datum WGS84. Y se procesó con el software AutoCAD Civil3D, para obtener los planos topográficos.

#### **3.4.3. Cálculo de la población**

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

$$P_n = P_o (1+r)^n \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

$P_n$  = Población del año “n”

$P_o$  = 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.

Es conveniente conocer la tasa de crecimiento histórico pero si no se dispone de datos de población al inicio del período de diseño, se debe efectuar un censo poblacional, y compararla con los valores anuales que varían de 2.5% a 4%.<sup>5</sup>

#### **3.4.4. Variaciones de consumo**

Las variaciones de consumo son expresadas como factores de la demanda promedio diario.

Estos valores son los siguientes: (Ecuación 2 y 3)

Consumo máximo día (CMD) = 1.5 CPD + Qf (Consumo promedio diario + Caudal de fugas o pérdidas) (Ecuación 2)

Consumo máximo hora (CMH) = 2.5 CPD + Qf (Consumo promedio diario + Caudal de fugas o pérdidas) (Ecuación 3)

NTON 09002-99.

#### **3.4.5. Cálculos hidráulicos para diseño**

Para modelación y el análisis hidráulico de la red se utilizó el software EPANET 2.0.12 versión en español, utilizando la fórmula de Hazen Williams que implementa el programa, normas del INAA y el software Microsoft Excel para la recopilación de datos y cálculos.

#### **3.4.6. Diseño de obras hidráulicas**

En esta etapa se realizó los procedimientos y cálculos basados en las normas técnicas obligatorias nicaragüense de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural (NTON 09002-99).

---

<sup>5</sup> INAA – NTON 09001-99 Normativas relativas al Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural.

Se usaron los datos del estudio topográfico, la demanda de la población con ayuda del estudio socio económico y la modelación del sistema de red y datos obtenidos mediante el uso del software EPANET y luego se procedió a realizar el diseño de las obras hidráulicas.

#### **3.4.7. Obra de captación**

Un MAG, se compone de los siguientes elementos: Fuente de abastecimiento (generalmente fuentes superficiales o manantiales), Planta de Tratamiento, línea de conducción, depósito y red de distribución.

Al realizar estudio previo de la fuente más cercana y acta se determinó el tipo de captación a utilizarse en la comunidad a intervenir.

Se opta de acuerdo a los estudios realizados por un sistema de captación por gravedad; está conformado por tuberías, válvulas de aire y vacío, válvulas de limpieza y otros accesorios.

El INAA establece los siguientes criterios de aceptación para MAG:

- ❖ 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.
- ❖ El dato o datos de aforo, deberán corresponder al final del período seco de la zona y se tomará como base para el diseño, el mínimo valor obtenido.
- ❖ El caudal crítico de producción de la fuente deberá ser mayor o igual al consumo máximo diario de la población al final del período de diseño, de lo contrario se desechará su utilización, o se complementará con otra fuente disponible.

### 3.4.8. Diseño de bocatoma

El primer paso para el diseño de la bocatoma es verificar que el caudal de diseño, caudal máximo diario, sea inferior al caudal mínimo del río en el sitio de captación. Con el fin de obtener el caudal mínimo del río se puede recurrir a datos de medición de caudal en la cuenca, a mediciones de caudal directas o al estudio hidrológico de la cuenca. La presa y la garganta de la bocatoma se diseñan como un vertedero rectangular con doble contracción cuya ecuación corresponde a:

$$Q = 1.84 L H^{1.5} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Para determinar el valor de la lámina de agua para las condiciones de diseño ( $Q_{\text{máx}}$  diario) y para las condiciones máximas y mínimas de1 río, se despeja el valor de H de la ecuación:

La lámina del agua en las condiciones de diseño es de

$$H = \left( \frac{Q}{1.84 * L} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Debido a la existencia de las contracciones laterales, se debe hacer la correspondiente corrección de la longitud de vertimiento, según lo indicado:

La corrección por las dos contracciones laterales es:

$$L' = L - 0.2H \quad (\text{Ecuación 6})$$

En donde  $n$  es el número de contracciones laterales. La velocidad del agua al pasar sobre la rejilla será de:

$$V = \frac{Q}{L'H} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Y debe estar comprendida entre 0.3 m/s y 3 m/s de manera que puedan ser aplicables las ecuaciones del alcance del chorro presentadas a continuación (ecuaciones 8 y 9) para la determinación del ancho del canal de aducción.

### 3.4.8.1. Diseño de la rejilla y el canal de aducción

El ancho del canal de aducción será:

$$X_s = 0.36 V_r^{\frac{2}{3}} + 0.60 H^{\frac{4}{7}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$X_i = 0.18 V_r^{\frac{4}{7}} + 0.74 H^{\frac{3}{4}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$B = X_s + 0.10 \quad (\text{Ecuación 10})$$

En donde:

$X_s$  = alcance filo superior (m)

$X_i$  = alcance filo inferior (m)

$V_r$  = velocidad del río (m/s)

$H$  = profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m)

$B$  = ancho del canal de aducción (m)

### 3.4.8.2. Rejillas

La longitud de la rejilla y el número de orificios será:

Se adopta barrotes de ½" (0.0127m) y separación entre ellos de 5 cm.

Por otra parte, se supone la velocidad entre barrotes igual a 0.10 m/s.

$$A_n = \frac{Q}{K V_b} = A_n = \frac{a}{a+b} B L_r \quad (\text{Ecuación 11 y 12})$$

En donde:

$K$ : 0.9 para el flujo paralelo a la sección.

$V_b$ : velocidad entre barrotes (máxima de 0.2 m/s).

$$L_r = \frac{A_n * (\text{separacion entre barrotes} + \text{diametro de barrote})}{\text{separacion de barrotes} * B} \quad (\text{Ecuación 13})$$

El número de orificios es de:

$$N = \frac{A_n}{\text{separacion/barrote} * B} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Se adopta el número de orificios separados a 5 cm entre sí, con lo cual se tienen las siguientes condiciones finales:

$$A_n = \text{separacion de rejillas} * B * \text{numero de orificios.} \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$V_b = \frac{Q}{0.9 * A_n} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Los niveles de agua en el canal de aducción son:

### 3.4.8.3. Aguas abajo

Para que la entrega a la cámara de recolección se haga en descarga libre, se debe cumplir que:

$$h_c = \left( \frac{Q^2}{gB^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ecuación 17})$$

### 3.4.8.4. Aguas arriba

$$L_c = L_r + \text{espesor del muro} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Nota: se adopta  $i = 3\%$

### 3.4.8.5. Niveles en el canal de aducción

Asumiendo que todo el volumen de agua es captado al inicio del canal indicado, el nivel de la lámina aguas arriba es obtenido por medio del análisis de cantidad de movimiento en el canal:

$$h_a = \left[ \left[ 2h_c^2 + \left( h_c - \frac{iL_r}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} i L_r \right] \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$H_a = h_a + BL \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$H_c = h_c + (h_a - h_c) + iL_c + BL \quad (\text{Ecuación 21})$$

La velocidad del agua al final del canal será:

$$V_c = \frac{Q}{B * h_c} \quad (\text{Ecuación 22})$$

Nota: la velocidad a la entrega de la cámara de recolección,  $V_{cr}$  debe ser mayor de 0,3 m/s y menor de 3,0 m/s.

#### **3.4.8.6. Diseño de la cámara de recolección**

Nuevamente, se aplican las ecuaciones del alcance de un chorro de agua reemplazando los términos por los de la condición de entrada a las cámaras indicadas.

$$X_x = 0.36 V_r^{\frac{2}{3}} + 0.60 H^{\frac{4}{7}} \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$X_i = 0.18 V_r^{\frac{4}{7}} + 0.74 H^{\frac{3}{4}} \quad (\text{Ecuación 24})$$

$$B_{camara} = X_x + 0.30 \quad (\text{Ecuación 25})$$

Para facilidad de acceso y mantenimiento, se adopta el diseño de la cámara conveniente al sitio.

El borde libre de la cámara por lo general será de 15 cm, se propone una cabeza de 0.60 m que debe ser verificada una vez realizado el diseño de la conducción al desarenador.

#### **3.4.8.7. Cálculo de la altura de los muros de contención**

Se asume el caudal máximo del río.

Se aplica  $H = \left(\frac{Q}{1.84 * L}\right)^{\frac{2}{3}}$  (Ecuación 5); depende el resultado se deja el borde libre y se obtiene la altura de los muros.

#### **3.4.8.8. Cálculo de cotas**

Fondo del río en la captación: valor leído de los planos topográficos

#### **3.4.8.9. Lámina sobre la bocatoma**

Diseño:  $F_{cap} + H =$  altura de la cresta

Máxima:  $F_{cap} + H_{max} =$  cresta máxima

Promedio:  $F_{cap} + H_e$

Corona de los muros de contención:  $F_{cap} + 1$

#### 3.4.8.10. Canal de aducción

Fondo aguas arribas:  $F_{cap} - H_a$

Fondo aguas abajo:  $F_{cap} - H_e$

Laminas aguas arribas: fondo aguas arribas +  $h_a$

Laminas aguas abajo: fondo aguas abajo +  $h_e$

Cámara de recolección:

Cresta del vertedero de excesos: fondo aguas abajo – borde libre

Fondo: cresta del vertedero de excesos – 0.60

Se adopta en esta etapa del diseño un valor de 60 cm correspondientes a las pérdidas en la conducción de la bocatoma al desarenador.

#### 3.4.8.11. Tubería de excesos

Cota de entrada: fondo

Cota del río en la entrada: valor leído de los planos topográficos \*

Cota de salida: Cota del río en la entrada + 0.30

La cota del río en el punto de descarga corresponde a la cota máxima del río, 50 metros aguas abajo de la captación.

#### 3.4.8.12. Cálculo del caudal de excesos

$$Q_{captación} = C_d A_{neta} \sqrt{2gH} \quad (\text{Ecuación 26})$$

$$Q_{excesos} = Q_{captación} - Q_{diseño} \quad (\text{Ecuación 27})$$

$$V_{excesos} = \left( \frac{Q_{excesos}}{H_{excesos} * B_{camara}} \right) \quad (\text{Ecuación 28})$$

El vertedero de excesos estará colocado a 0.80 m de la pared de la cámara de recolección.

### 3.4.8.13. Cálculo de la tubería de excesos

$$i = \frac{\text{fondo-cota del río en la entrada}}{50} * 100 \quad (\text{Ecuación 29})$$

$$i = j \quad (\text{Ecuación 30})$$

$$Q = 0.2785 * C * D^{2.63} * J^{0.54} \quad (\text{Ecuación 31})$$

$$D = \left( \frac{Q}{0.2785 * C * J^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}} \quad (\text{Ecuación 32})$$

### 3.4.9. Diseño de la línea de conducción del bocatoma al desarenador

El desarenador debe ubicarse lo más cerca posible de la bocatoma, con fin de evitar una larga conducción de agua no tratada que puede presentar problemas como la obstrucción por material sedimentable. Generalmente esta conducción está comprendida entre 50 y 300 metros.

Tradicionalmente, la ecuación de diseño para conductos con flujo por gravedad ha sido la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{3}}}{n} \quad (\text{Ecuación 33})$$

En donde:

Q = Caudal ( $m^3/s$ )

A = Área de la sección de flujo ( $m^2$ )

R = Radio hidráulico =  $R = \frac{A}{P} = \frac{\pi D^2}{4 \pi D} = \frac{D}{4}$

P = Perímetro mojado (m)

D = Diámetro de la tubería (m)

S = Pendiente de la tubería (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

$$Q = \frac{\left( \frac{\pi D^2}{4} \right) \left( \frac{D}{4} \right) S^{\frac{1}{2}}}{n} = 0.312 \left( \frac{D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} \right) \quad (\text{Ecuación 34})$$

Y despejando el diámetro de la tubería, se tiene:

$$D = 1.548 \left( \frac{nQ}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (\text{Ecuación 35})$$

Al calcular el diámetro de la tubería por medio de la ecuación 35, se tiene que seleccionar el diámetro comercial superior. Con este nuevo valor del diámetro comercial, se calcula el caudal a tubo lleno,  $Q_o$ , utilizando la ecuación 34 de donde se obtienen las relaciones  $v/v_o$  y  $d/D$ , donde  $v$  es la velocidad real de la tubería y  $d$  la lámina de agua en esta.

**Tabla Nº 1: Relaciones hidráulicas para conductos circulares**  
( $n_o/n$  variable)

$Q/Q_o$	Rel.	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	$V/V_o$	0.000	0.292	0.362	0.400	0.427	0.453	0.473	0.492	0.505	0.520
	$d/D$	0.000	0.092	0.124	0.148	0.165	0.182	0.196	0.210	0.220	0.232
	$R/R_o$	0.000	0.239	0.315	0.370	0.410	0.449	0.481	0.510	0.530	0.554
0.1	$V/V_o$	0.540	0.553	0.570	0.580	0.590	0.600	0.613	0.624	0.634	0.645
	$d/D$	0.248	0.258	0.270	0.280	0.289	0.298	0.308	0.315	0.323	0.334
	$R/R_o$	0.586	0.606	0.630	0.650	0.668	0.686	0.704	0.716	0.729	0.748
0.2	$V/V_o$	0.656	0.664	0.672	0.680	0.687	0.695	0.700	0.706	0.713	0.720
	$d/D$	0.346	0.353	0.362	0.370	0.379	0.386	0.393	0.400	0.409	0.417
	$R/R_o$	0.768	0.780	0.795	0.809	0.824	0.836	0.848	0.860	0.874	0.886
0.3	$V/V_o$	0.729	0.732	0.740	0.750	0.755	0.760	0.768	0.776	0.781	0.787
	$d/D$	0.424	0.431	0.439	0.447	0.452	0.460	0.468	0.476	0.482	0.488
	$R/R_o$	0.896	0.907	0.919	0.931	0.938	0.950	0.962	0.974	0.983	0.992
0.4	$V/V_o$	0.796	0.802	0.806	0.810	0.816	0.822	0.830	0.834	0.840	0.845
	$d/D$	0.498	0.504	0.510	0.516	0.523	0.530	0.536	0.542	0.550	0.557
	$R/R_o$	1.007	1.014	1.021	1.028	1.035	1.043	1.050	1.056	1.065	1.073
0.5	$V/V_o$	0.850	0.855	0.860	0.865	0.870	0.875	0.880	0.885	0.890	0.895
	$d/D$	0.563	0.570	0.576	0.582	0.588	0.594	0.601	0.608	0.615	0.620
	$R/R_o$	1.079	1.087	1.094	1.100	1.107	1.113	1.121	1.125	1.129	1.132
0.6	$V/V_o$	0.900	0.903	0.908	0.913	0.918	0.922	0.927	0.931	0.936	0.941
	$d/D$	0.626	0.632	0.639	0.645	0.651	0.658	0.666	0.672	0.678	0.686
	$R/R_o$	0.136	1.139	1.143	1.147	1.151	1.155	1.160	1.163	1.167	1.172
0.7	$V/V_o$	0.945	0.951	0.955	0.959	0.961	0.965	0.969	0.972	0.975	0.980
	$d/D$	0.692	0.699	0.705	0.710	0.719	0.724	0.732	0.738	0.743	0.750
	$R/R_o$	1.175	1.179	1.182	1.184	1.188	1.190	1.193	1.195	1.197	1.200
0.8	$V/V_o$	0.984	0.987	0.990	0.993	0.997	1.001	1.005	1.007	1.011	1.015
	$d/D$	0.756	0.763	0.770	0.778	0.785	0.791	0.798	0.804	0.813	0.820
	$R/R_o$	1.202	1.205	1.208	1.211	1.214	1.216	1.219	1.219	1.215	1.214
0.9	$V/V_o$	1.018	1.021	1.024	1.027	1.030	1.033	1.036	1.038	1.039	1.040
	$d/D$	0.826	0.835	0.843	0.852	0.860	0.868	0.876	0.884	0.892	0.900
	$R/R_o$	1.212	1.210	1.207	1.204	1.202	1.200	1.197	1.195	1.192	1.190
1.0	$V/V_o$	1.041	1.042	1.042	1.042						
	$d/D$	0.914	0.920	0.931	0.942						
	$R/R_o$	1.172	1.164	1.150	1.138						

Fuente: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados (Ricardo López Cualla)

$$Q_{ll} = 0.312 \frac{D^{8/3} S^{1/2}}{n} \quad (\text{Ecuación 36})$$

$$V_{ll} = \frac{Q_{ll}}{A_{ll}} \quad (\text{Ecuación 37})$$

$\frac{Q}{Q_{ll}}$  (Este valor se entra a la tabla de relaciones hidráulicas para conductos  $(n_o/n \text{ variable})$  y se obtiene:  $V_r / V_{ll}$  y  $d / D$ . (Ecuación 38)

Verificación de la cota a la salida de la bocatoma:

$$d + 1.5 \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Ecuacion 39})$$

Caudal de excesos máximo previsto:

$$Q_{excesos} = Q_{ll} - Q_{diseño} \quad (\text{Ecuacion 40})$$

En donde:

Q = Caudal de diseño

$Q_{ll}$  = Caudal a tubo lleno

V = Velocidad de diseño

$V_{ll}$  = Velocidad a tubo lleno

d = Lámina de agua en la tubería

D = Diámetro comercial de la tubería

R = Radio hidráulico al caudal de diseño

$R_{ll}$  = Radio hidráulico a tubo lleno

n = Numero de Manning a caudal de diseño

$n_{ll}$  = Numero de Manning a tubo lleno

### 3.4.10. Desarenador

#### 3.4.10.1. Teoría de la sedimentación

Esta teoría fue desarrollada por Hazen y Stokes; su modelo de sedimentación de partículas se resume en la siguiente ecuación, de donde se concluye que la velocidad de sedimentación de una partícula es directamente proporcional al cuadrado del diámetro de esta:

$$V_s = \frac{g}{18} \frac{(\rho_s - \rho)}{\mu} d^2 = K d^2 \quad (\text{Ecuación 41})$$

En donde:

$V_s$  = Velocidad de sedimentación de la partícula (cm/s)

$g$  = Aceleración de la gravedad (981 cm/s)

$\rho_s$  = Peso específico de la partícula (Arena = 2.65)

$\rho$  = Peso específico del fluido (Agua = 1.00)

$\mu$  = Viscosidad cinemática del fluido ( $cm^2/s$ )(Tabla N° 2: Viscosidad cinemática del agua)

**Tabla N° 2: Viscosidad cinemática del agua**

Temperatura (°C)	Viscosidad cinemática (cm <sup>2</sup> /s)	Temperatura (°C)	Viscosidad cinemática (cm <sup>2</sup> /s)
0	0.01792	18	0.01059
2	0.01763	20	0.01007
4	0.01567	22	0.00960
6	0.01473	24	0.00917
8	0.01386	26	0.00876
10	0.01308	28	0.00839
12	0.01237	30	0.00804
14	0.01172	32	0.00772
15	0.01146	34	0.00714
16	0.01112	36	0.00713

Fuente: Acueductos y alcantarillados (Ricardo López Cualla)

Adicionalmente se desarrolla el estudio suponiendo que se ha de remover una partícula cuyo diámetro es  $d$  y para ello se analizará la trayectoria de dicha partícula a lo largo del tanque; las partículas con velocidad de sedimentación  $V_s$ , menor que velocidad vertical  $V_o$ , podrán ser removidas dependiendo de su nivel de entrada al tanque,  $h$ .

Por semejanza de triángulos se tiene:

$$\frac{L}{V_h} = \frac{H}{V_o} \rightarrow \frac{L W}{V_h W} = \frac{H}{V_o} \rightarrow \frac{V}{Q} = \frac{H}{V_o} \quad (\text{Ecuación 42})$$

Siendo  $V$ = volumen del tanque y  $Q$ = caudal. La velocidad de la partícula crítica,  $V$  será:

$$V_o = \frac{H Q}{V} \rightarrow V_o = \frac{Q}{A} \quad (\text{Ecuación 43})$$

La remoción de partículas es también función de la profundidad del tanque, ya que si ésta se disminuye se retendrá la partícula con diámetro en un tiempo menor, lo que equivale a decir que se retendrá un número mayor de partículas con  $V_s$ , menor que  $V_o$ . La relación  $Q/A$  es llamada "carga hidráulica superficial ( $q$ )" y es igual la velocidad de sedimentación de la partícula crítica,  $V_o$ .

Por otra parte, la relación  $V/Q$  es llamada "períodos de retención hidráulicos," y  $H/V_o$  es el tiempo que tarda la partícula crítica en ser removida ( $t$ ). En teoría, para remover esta partícula se debe cumplir que:

$$\frac{V}{\frac{Q}{H}} = 1 \quad (\text{Ecuación 44})$$

En la realidad, el flujo no se distribuye uniformemente debido a la limitación de las pantallas difusoras, a que las velocidades no son constantes porque existen corrientes térmicas y zonas muertas, el viento crea contracorrientes en la superficie y, finalmente, existe la resuspensión de partículas que han llegado al fondo. Debido a que no se

cumplen las suposiciones iniciales del desarrollo de la teoría, habrá partículas removidas con  $V_s$  menores que  $V_o$ .

Se adopta entonces un factor de seguridad en función de:

1. Porcentaje de remoción de partículas con  $V_s < V_o$ :

$$\% \text{ Remocion} = \frac{N^\circ \text{particulas con } V_s < V_o}{N^\circ \text{particulas con } V_s \geq V_o} \times 100 \quad (\text{Ecuación 45})$$

2. Grado del desarenador (n) :

La calificación de la eficiencia de las pantallas deflectoras se hace a través del grado  $n$  del desarenador.

$n = 1$  : Deflectores deficientes o sin ellos.

$n = 2$  : Deflectores regulares.

$n = 3$  : Deflectores buenos.

$n = 5 \text{ a } 8$  : Deflectores muy buenos.

$n = - > \infty$  : Casos teóricos.

La igualdad anterior queda así:

$$\frac{\theta}{t} = \frac{\frac{V}{Q}}{\frac{H}{V_s}} = \frac{V_s V}{H Q} = V_s \frac{A}{Q} = \frac{V_s}{\frac{Q}{A}} = \frac{V_s}{V_o} \quad (\text{Ecuación 46})$$

Siendo:

$V_s$  = Velocidad de sedimentación efectiva

$V_o$  = Velocidad de sedimentación teorica =  $Q/A$

$\frac{V_s}{V_o}$  = Numero de Hazen

El factor  $\theta/t$  o del número de Hazen se determina por medio de la Tabla N° 3: Número de Hazen ( $V_s/V_o$ ), con el fin de operar adecuadamente el desarenador, se hacen las siguientes recomendaciones:

1.  $V_h < 20 V_s$
2.  $9 < \frac{V_h}{V_o} < 15$
3. La velocidad horizontal debe ser menor que la velocidad de arrastre de las partículas con el fin de evitar la resuspensión de sedimento.

$$V_h < V_r = \sqrt{\frac{8k}{f}} g(\rho_s - \rho)d \quad (\text{Ecuación 47})$$

Para el caso de sedimentación de arenas, el valor de k es igual a 0.04 y para sedimentación por la simple acción de la gravedad (no hay coagulación) el valor de f es igual a 0.03 (todo lo demás términos como se definieron en la ecuación 41).

**Tabla Nº 3: Número de Hazen (Vs/Vo)**

Remoción (%)								
Condiciones	87.5	80	75	70	65	60	55	60
n = 1	7.00	4.00	3.00	2.30	1.80	1.50	1.30	1.00
n = 3	2.75		1.66					0.76
n = 4	2.37		1.52					0.73
Máximo teórico	0.88		0.75					0.50

Fuente: Acueductos y alcantarillados (Ricardo López Cualla)

### 3.4.11. Línea de conducción por gravedad

En el diseño de la línea de conducción por gravedad se dispone, para transportar el caudal requerido aguas abajo, de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las pérdidas por fricción originadas en el conducto al producirse el flujo. Se debe de tener en cuenta los aspectos siguientes:

- ✓ Se diseñó para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario más caudal de fugas o pérdidas.

(CMD= 1.5 \* CPD + Qf).

(Ecuación 48)

$$\frac{H}{L} = S = \frac{10.679Q^{1.852}}{C^{1.852}D^{4.87}}$$

Donde:

H = Pérdidas (m).

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

C = Coeficiente de rugosidad de tubería (adimensional).

L = Longitudes en metros (m).

D = Diámetro de tubería (m).

S = Perdida de carga en (m/m).

✓ Para determinar el diámetro más económico se aplicó la fórmula de Bresse con K = 0.9 Y n = 0.45 detallado a continuación.

$$D = 0.9(Q)^{0.45}$$

(Ecuación 49)

Donde:

D = Diámetro de tubería de descarga (m)

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

Para el cálculo del golpe de ariete considerando la celeridad de la Onda en Tubería viene definida por la Formula de Joukowski.

Calculo de Velocidad de propagación de las Ondas "a"

$$a = \frac{\sqrt{kp}}{\sqrt{1+kE*D\delta}}$$

(Ecuación 50)

Donde:

a = es la celeridad de la onda elástica del fluido en la tubería, [m/s] –SI.

K = es el módulo de elasticidad del fluido (módulo de Bulk), [2.03x10<sup>9</sup>N/m<sup>2</sup>] –SI.

$\rho$  = es la densidad del líquido, [1000 Kg/m<sup>3</sup>] –SI.

D = es el diámetro de la tubería, [0.0508m] – SI.

E = es el módulo de elasticidad de la tubería PVC, [2.9x10<sup>9</sup>N/m<sup>2</sup>] – SI.

$\delta$  = es el espesor de la tubería, [0.0023m] –SI.

El numerador de la ecuación [3] es la celeridad de la onda elástica en el fluido. Algunos autores (Mataix) la denotan como  $a_0$  Para el agua,  $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$  y  $k = 2.03 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ , este valor es:

$$a_0 = \sqrt{\frac{k}{\rho}} \quad (\text{Ecuación 51})$$

#### 3.4.11.1. Cálculo de la sobrepresión por el Golpe de Ariete

$$h = \frac{a \cdot v}{g} \quad (\text{Ecuación 52})$$

h = Sobrepresión del golpe de ariete.

a = es la celeridad de la onda elástica del fluido en la tubería, [m/s] –SI.

V = velocidad media del flujo (m/s).

g = valor de la gravedad.

#### 3.4.11.2. Cálculo de presión Máxima

$$p_{\text{máx}} = \text{Presión Estática} + \text{sobrepresión} \rightarrow P_{\text{máx}} < P_{\text{tubería}} \quad (\text{Ecuación 53})$$

- ✓ En los puntos críticos se debe mantener una presión de 5 m.c.a por lo menos. (NTON 09002-99)
  
- ✓ La presión estática máxima está en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizar, sin embargo se recomienda mantener una presión estática máxima de 70 m.c.a, incorporando en la línea pilas rompe presión donde sea necesario. (NTON 09002-99).

### 3.4.12. Almacenamiento

El método de diseño se realizó según las Normas (NTON 09002-99), se diseñó el tanque necesario para el almacenamiento, de tal manera que este sea todo el tiempo capaces de suplir las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema, además que también mantenga las reservas suficientes para hacerles frente, tanto a los casos de interrupciones en el suministro de energía, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento.

Se tendrá un tanque de distribución cuando el agua llegue a éste antes de llegar a la población, el cual 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.
- Como guía de pre-dimensionamiento, se puede emplear la siguiente relación empírica:

$$h = \frac{V}{3} + k \quad \text{(Ecuación 54)}$$

En donde:

h = Profundidad (m)

V = Capacidad (cientos de m<sup>3</sup>)

k = Constante en función de la capacidad (Tabla N° 4: constante de la capacidad del tanque de almacenamiento).

**Tabla N° 4: Constante K para tanque de almacenamiento**

<b>V (cientos de m<sup>3</sup>)</b>	<b>K</b>
<3	2.0
4 – 6	1.8
7 – 9	1.5
10 – 13	1.3
14 – 16	1.0
>17	0.7

Fuente: Elementos de diseños para acueductos y alcantarillados.

De la relación anterior se deduce que la profundidad mínima de un tanque de almacenamiento es de 2 m.

#### **3.4.12.1. Volumen compensador**

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

#### **3.4.12.2. Volumen de reserva**

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

De tal manera que la capacidad del tanque de almacenamiento se estimará igual a:

$$V_T = 35\% \text{ CPD} \quad (\text{Ecuación 55})$$

Según las Normas Rurales NTON 09001-99

### **3.5. Red de distribución**

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos. Su diseño depende de las condiciones de operación de la red de distribución como el trazado, el caudal, y las presiones del servicio.

El trazado de las redes obedecerá a la topografía del terreno. Antes de lograr un diseño de red de abastecimiento, deben considerarse los aspectos siguientes antes:

- a) Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario ( $CHM=2.5CPD$ , más las pérdidas).
- b) El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.
- c) La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

### **3.6. Saneamiento e higiene**

En cuanto al proceso de saneamiento en la comunidad, la misma consiste en visibilizar que tipos de prácticas posee la población para darle salida a las heces fecales. Como parte del interés de este estudio es profundizar los aspectos importantes como es el saneamiento, verificar el estado de las letrinas en cada uno de los hogares que posean letrinas todo esto se realizara mediante una encuesta y conforme a NTON 09002-99.

### **3.7. Cálculo de presupuesto**

Se realizó una memoria de cálculo (take off) para determinar volúmenes y cantidades de materiales pertenecientes a cada una de las etapas y se elaborará el presupuesto consultando el catálogo de etapas y sub-etapas que proporciona el nuevo FISE. Se hará uso del programa Microsoft Excel y se establecerán el total de costos directos de acuerdo a cada una de las actividades, los costos indirectos, además de los impuestos correspondientes.

#### **3.6.1. Pasos para elaborar un presupuesto**

- a) **Listado de precios básicos:** El presupuesto debe incluir la lista de precios básicos de materiales, equipos y mano de obra utilizados.

**b) Análisis unitarios:** Incluye indicaciones de cantidades y costo de materiales, transporte, desperdicios, rendimientos, costo de mano de obra, etc.

**c) Presupuesto por capítulo:** Los costos de la obra se presentan divididos por capítulos de acuerdo con el sistema de construcción.

**d) Componentes del presupuesto:** Se presenta el desglose del presupuesto con las cantidades y precios totales de sus componentes divididos en materiales, mano de obra, subcontratos, equipos y gastos generales. Finalmente, en costos directos y costos indirectos.

**e) Fecha del presupuesto:** Se debe indicar la fecha en la que se hace el estimativo, en caso de haber proyecciones de costos en el tiempo, se deben indicar.

### **3.8. Elaboración de planos constructivos**

Para la creación de los planos se usará el software especializado en elaboración de planos AutoCAD Civil 3D, tomando en cuenta los datos de campo obtenidos a través de la realización del levantamiento topográfico. Con los resultados del análisis hidráulico a realizarse en EPANET, se plasmarán los planos de los diferentes elementos que conforman un diseño hidráulico, referentes a la red de distribución y líneas de conducción detallados a continuación:

Sistema de bombeo, obra de almacenamiento, ductos o tuberías, accesorios.

Todos estos planos y diseño cumplirán con las normas técnicas vigentes para el desarrollo de proyectos de agua potable emitido por el INAA.



CAPÍTULO IV:  
ANÁLISIS Y  
RESULTADOS

*Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo.*

*Albert Einstein*

## **4. ANÁLISIS Y RESULTADO**

### **4.1. Línea base**

Se analizó la situación inicial de la población, donde se definieron un conjunto de datos socio económico que se consideran representativos para la ejecución del proyecto sistema de abastecimiento de agua potable; y de esta manera se evaluó la magnitud de este proyecto en el desarrollo de la comunidad.

Se identificaron tres indicadores de las condiciones de acceso a saneamiento e higiene de los pobladores, mediante instrumento de recolección de información que fue levantada con el liderazgo comunitario, los cuales se describen a continuación:

- Situación de acceso a servicios
- Disposición de recursos naturales en la comunidad
- Situación de las fuentes de agua.

Se aplicó además la ficha de encuesta socioeconómica y de censo a la totalidad de las familias de la comunidad El Bálsamo en la cual se recopiló información sobre:

- Composición de las familias
- Situación de las Familias
- Condiciones de viviendas de las familias
- Saneamiento e higiene ambiental a nivel de las familias
- Manejo de Desechos Sólidos
- Acceso al agua y al saneamiento
- Situación de las condiciones de Salud
- Organización y Participación Comunitaria

Se realizó estudio socioeconómico mediante una encuesta facilitada por el Nuevo FISE, con el objetivo de obtener la población actual y analizar la situación socioeconómica de los habitantes de la comunidad. (Ver Anexo N° III. Encuesta Socioeconómica (modelo Nuevo Fise)). Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla Nº 5: Componentes de la línea base**

<b>Categoría</b>	<b>Componente</b>	<b>Variables</b>
<b>Población</b>	Sexo	Mujeres
		Varones
<b>Vivienda</b>	Material	Tablas
		Adobes
		Ladrillos
		Ladrillos y tablas
		Piso de tierra
		Piso de concreto
		Piso cerámica
	Estado legal	Propia
		Prestada
	Estado físico	Buena
Mala		
Regular		
<b>Economía</b>	Empleo	Agricultura
		Ganadería
		Empleada doméstica
		Artesanía
		Ama de casa
	Principales cultivos	Frijoles
		Maíz
	Ingreso mensual	Menor a C\$ 1,000
		C\$ 1,001 a C\$ 2,000
		C\$ 2,001 a C\$ 3,000
C\$ 3,001 a C\$ 4,000		
	Mayor a C\$ 5,000	
<b>Salud</b>	Enfermedades	Diarrea
		Malaria
		Tos
		Dengue
		Parasitosis
		Preescolar
		Primaria
<b>Educación</b>	Nivel de escolaridad	Secundaria
		Estudios técnicos
		Educación superior
		Servicios básicos
		Energía
<b>Social</b>		Transporte
<b>Saneamiento</b>	Sistema actual	Letrina
		Letrina en mal estado
		No tienen letrina
	Eliminación de aguas servidas	Circulan
Las riegan		
<b>Agua potable</b>	Abastecimiento	Pozo propio
		Vecino

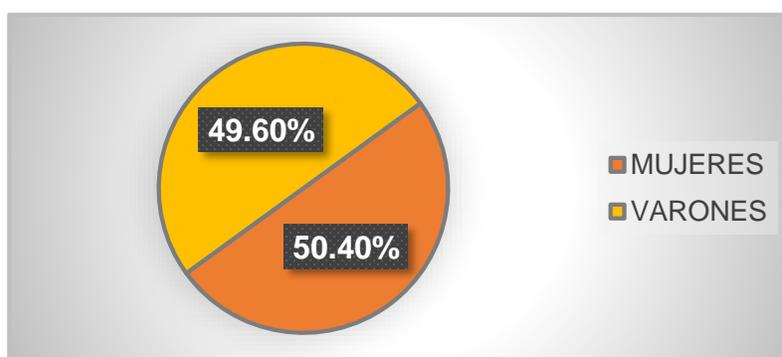
Fuente: Elaboración propia (2019)

#### 4.1.1. Características de la comunidad

##### 4.1.1.1. Población

La comunidad está integrada por su totalidad por la etnia los Matagalpa, siendo este territorio indígena. De acuerdo con los datos proporcionados por la encuesta socioeconómica; la población de la comunidad del Bálsamo es de 375 habitantes, distribuidos en 75 familias, de los cuales 186 son varones y 189 mujeres, que representan el 49.60% y 50.40% respectivamente del total de la población. (Ver Gráfico N°1: Población en la comunidad el Bálsamo).

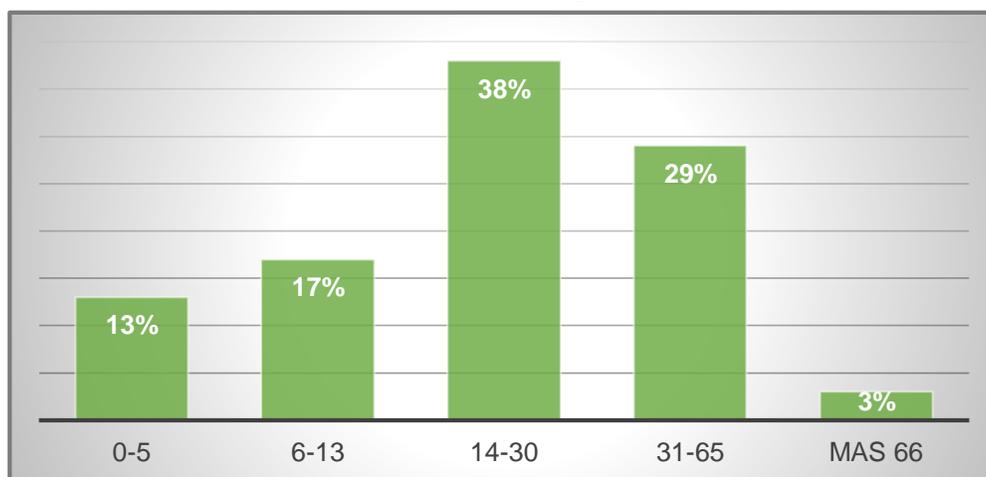
**Gráfico N° 1: Población en la comunidad El Bálsamo**



Fuente: Elaboración propia (2019)

La población que representa esta comunidad según grupos etarios, nos evidencia una población mayoritariamente joven, donde los niños y las niñas de 0 a 5 años alcanzan el 13% del total, de 6 a 13 años el 17%, los jóvenes de 14 a 30 años el 38%, de 31 a 65 años el 29% y más de 66 años con el 3%. En general 73% de la población es menor de 30 años. La población de 31 a 65 años representa el 23% y el grupo de 66 a más es de un 3%. (Ver Gráfico N° 2: Rango de edad).

**Gráfico N° 2: Rango de edad**

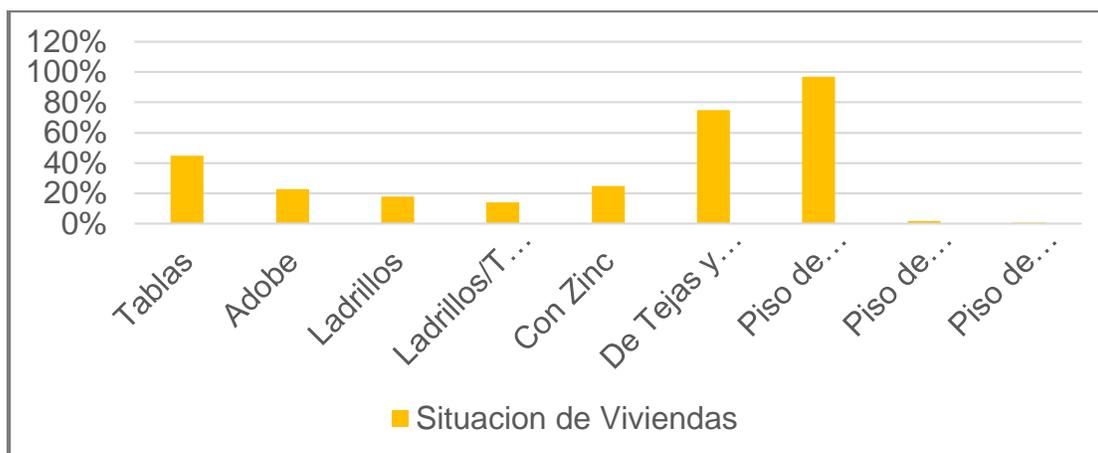


Fuente: Elaboración propia (2019)

#### 4.1.1.2. Situación de viviendas

En la comunidad del Bálsamo existen 61 viviendas de las cuales el 45% (27) de estas son de tablas, el 23% (14) de adobe, 18% (11) son de ladrillo y el 14 % (9) de ladrillo y tablas, el 25 % en estas viviendas tienen techo de zinc y 75% son de tejas y zinc; las viviendas de la comunidad el 97% (58) el piso es de tierra y el 2 % (2) tiene piso de concreto y un 1% (1) el piso es cerámico. (Ver Gráfico N°3: Situación actual de vivienda).

**Gráfico N° 3: Situación actual de las viviendas**

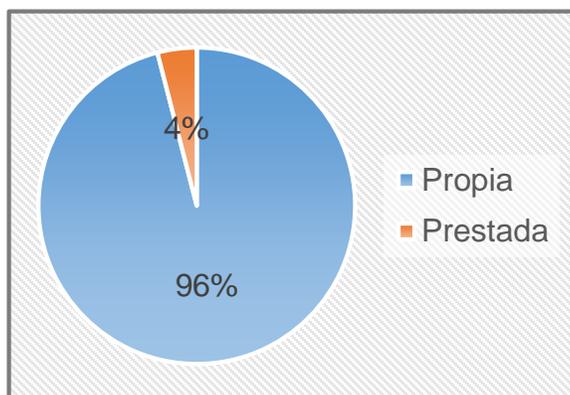


Fuente: Elaboración propia (2019)

#### 4.1.1.3. Tendencia de propiedad y vivienda

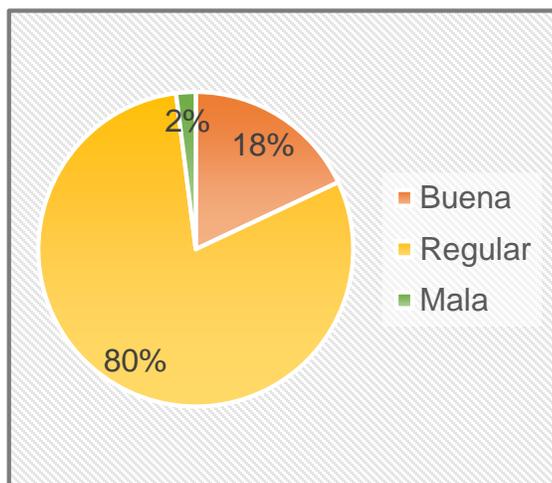
El 96% de las familias poseen viviendas propias y el 4% habitan en casas prestadas por familiares (abuelos); El 80% de las casas están regular y el 18% se encuentran en buen estado y el 2% mala (Ver gráfico N°4: Estado legal de viviendas y gráfico N°5: Estado físico de viviendas).

**Gráfico N° 4: Estado legal de las viviendas**



Fuente: Elaboración propia (2019)

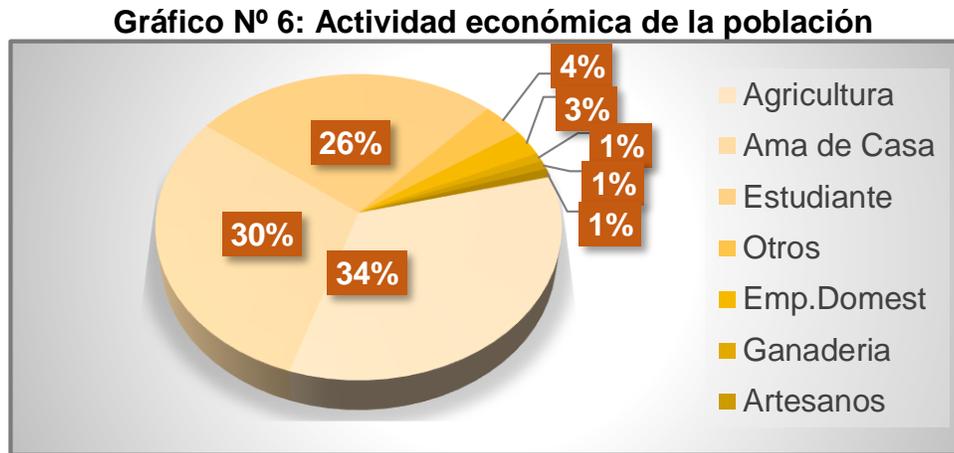
**Gráfico N° 5: Estado físico de viviendas**



Fuente: Elaboración propia (2019)

#### 4.1.1.4. Economía y empleo

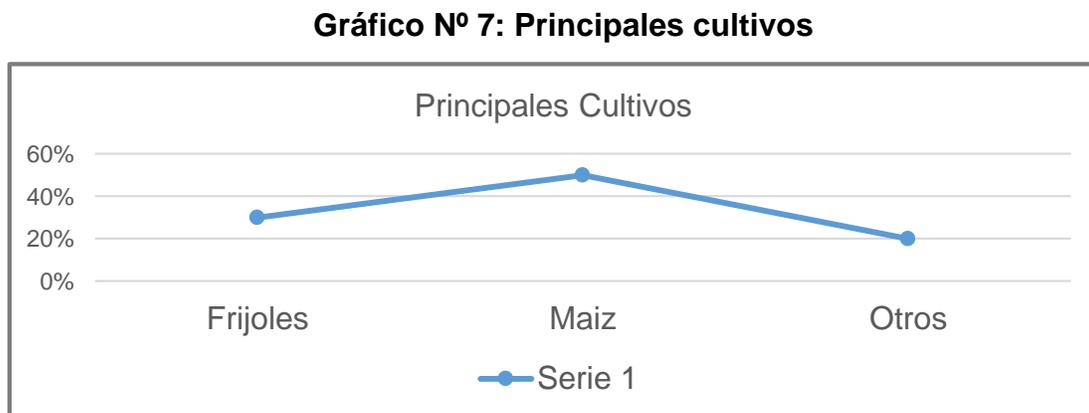
De los doscientos treinta y cuatro personas que realizan algún tipo de ocupación o empleo es predominantemente la agricultura con el 34% (86) seguido de ama de casa 30% (10) y en menor medida a la ganadería con un 1% (1), artesanos 1% (1), comerciantes con un 1% (3). (Ver gráfico N° 6: Actividad económica de la población).



Fuente: Elaboración propia (2019)

#### 4.1.1.5. Estructura económica del territorio

Los principales rubros de producción de las familias son, los frijoles, maíz y trigo en alguna importancia las musáceas (bananos, plátanos). En la comunidad existe gran cantidad de árboles de jocote, el cual en determinado momento es comercializado.



Fuente: Elaboración propia (2019)

Las familias que se dedican a la ganadería tienen en su mayoría ganado vacuno, seguido del equino y caprino, en lo que corresponde al ganado menor predominan las gallinas, el total de animales existentes se detalla en la Tabla N° 6: Cantidad de ganado existente en la comunidad.

**Tabla N° 6: Cantidad de ganado existente en la comunidad El Bálsamo**

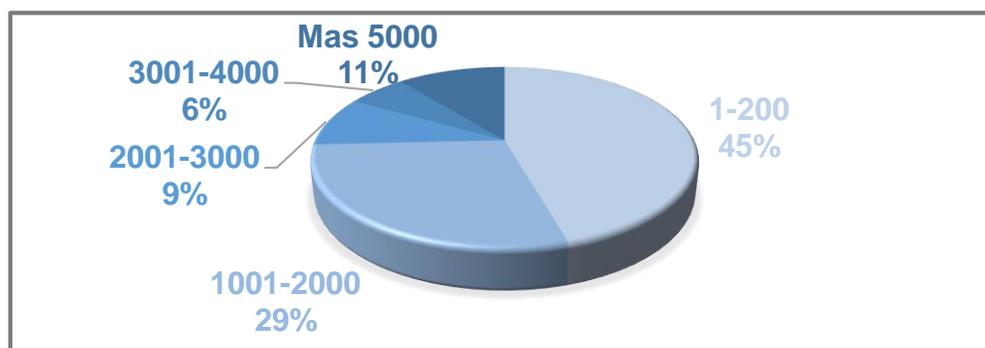
Vacuno	Equino	Caprino	Cerdos	Gallinas	Cabras
125	23	4	35	325	5

Fuente: Elaboración propia (2019)

Generalmente la producción agrícola es para el consumo familiar y el intercambio local, considerándose como un aspecto limitante para el desarrollo económico productivo de las comunidades, los altos costos del transporte de productos hacia mercados.

La comercialización de los granos básicos es una de las limitaciones de mayor impacto en la vida productiva de las comunidades, esta se ve mediada por comerciantes que poseen medios de transporte para el traslado de los productos y quienes pagan bajos precios debido a los altos costos de transporte de los mismos. El 45% de las familias de esta comunidad cuenta con un ingreso mensual no mayor de C\$1,000. (Un mil córdobas y solo un 29% recibe más de C\$1,000 a continuación se presenta en el (Gráfico N°8: Ingreso mensual por familia).

**Gráfico N° 8: Ingreso mensual por familia**



Fuente: Elaboración propia (2019)

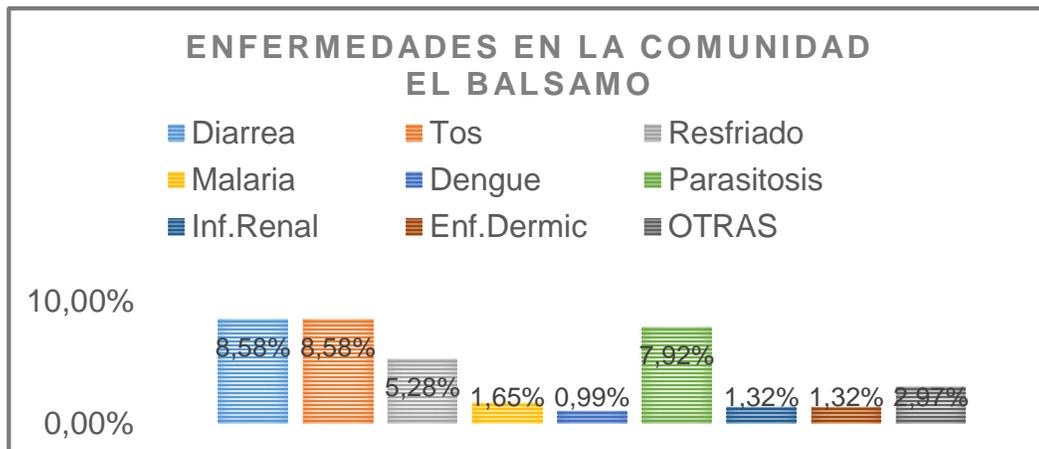
#### 4.1.1.6. Acceso a servicio de salud

En la comunidad El Bálsamo, no existe puesto de salud, los pobladores son atendidos por el puesto de salud en la comunidad de Montaña Grande o bien en el centro de salud del municipio de Terrabona, existe un brigadista de salud en la comunidad, que recibe capacitaciones por parte del ministerio de salud.

En el caso de emergencias graves, son atendidos en la cabecera municipal a 45 minutos de viaje terrestre. La población asume de manera considerable para su atención a padecimientos, las prácticas y tradiciones ancestrales, basada en el uso de medicina natural. Al momento de realizar la entrevista casa a casa fue notorio ver a mujeres y niños realizando limpiezas de pediculosis en el bello de la cabeza.

Las principales enfermedades padecidas por los miembros de las familias durante los últimos seis meses son: tos, diarrea, parasitosis, infecciones dérmicas y en menos frecuencia dengue, malaria, infección renal entre otras, en el gráfico N° 9 se muestra el comportamiento ante descrito.

**Gráfico N° 9: Enfermedades en la comunidad EL Bálsamo**



Fuente: Elaboración propia (2019)

#### 4.1.1.7. Acceso a servicio de educación

❖ **Información escolar:** En la comunidad el Bálsamo, existe una escuela con tres aulas en la que se imparte educación de pre-escolar y primaria a un total de setenta y cinco estudiantes de los cuales, el 49.33% son hombres y el 50.67% son mujeres. (Ver Tabla N° 7: Acceso al sistema de educación).

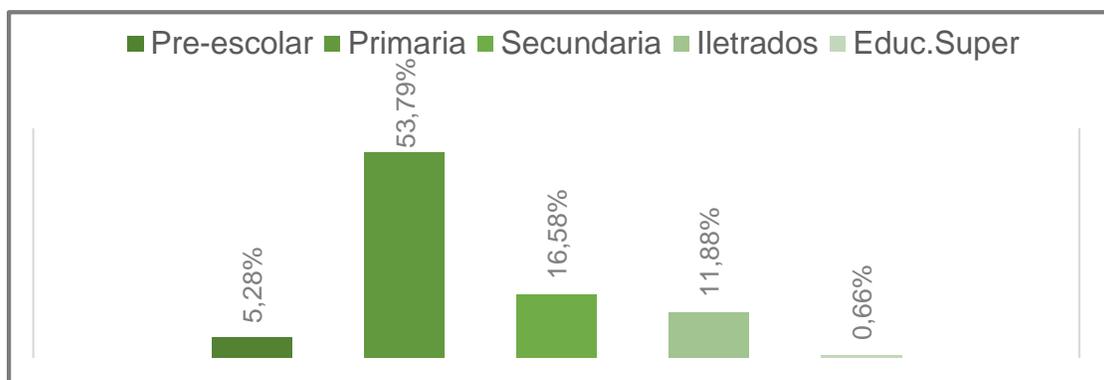
**Tabla N° 7: Acceso al sistema de educación**

Acceso al sistema de educación		
Escolaridad	Hombres	Mujeres
Preescolar	5	10
Primaria matutino	25	22
Primaria vespertina	7	6
Total	37	38

Fuente: Elaboración propia (2019)

❖ **Información escolar comunitaria:** De los 375 habitantes, 253 personas cuentan con un tipo de nivel académico, existe un 11.88% de iletrados, pre-escolar que representa el 5.28% (16), en la primaria 163 que representa el 53.79%, secundaria 51 que representa el 16.83%, estudios técnicos 1 que representa el 0.33% y educación superior 2 que representa al 0.66% a continuación se representa en el gráfico N° 10: Nivel de escolaridad en la comunidad el Bálsamo.

**Gráfico N° 10: Nivel de escolaridad en la comunidad El Bálsamo**

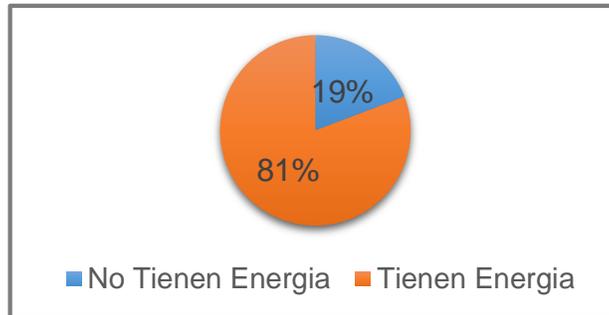


Fuente: Elaboración Propia (2019)

#### 4.1.1.8. Otros servicios básicos en el territorio

❖ **Energía:** La comunidad el Bálsamo, el 23.81% de la población cuenta con energía eléctrica y el 76.19% requiere del servicio de energía eléctrica o bien se la han cortado por distintas razones. Estas últimas e alumbran con candelas. (Ver Gráfico N° 11: Energía).

**Gráfico N° 11: Energía**

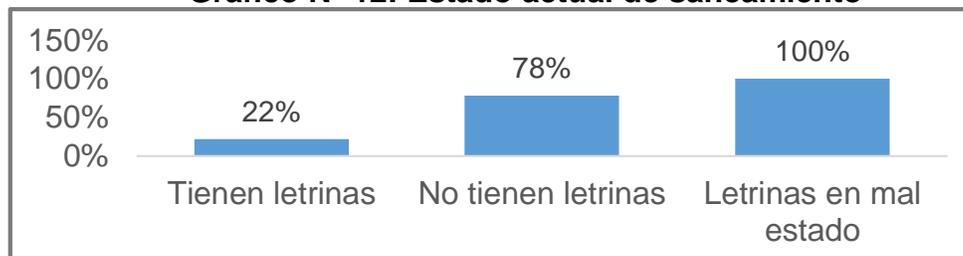


Fuente: Elaboración Propia (2019)

❖ **Transporte:** Esta comunidad no cuenta con el servicio de transporte público, cualquier traslado lo realizan a pie, bestias o vehículos de personas que logran el acceso a la comunidad, o bien salen a la comunidad el Arado, por donde pasa el bus hacia la cabecera municipal, Terrabona y estos hacia los departamentos.

❖ **Saneamiento:** de las 62 viviendas, el 78% no tienen letrina o alguna opción de saneamiento, un 22% tienen. De los que afirman tener saneamiento, el estado del mismo es malo. La opción de saneamiento con que cuentan estas familias es generalmente tradicional. (Ver Gráfico N°12: Estado actual de saneamiento).

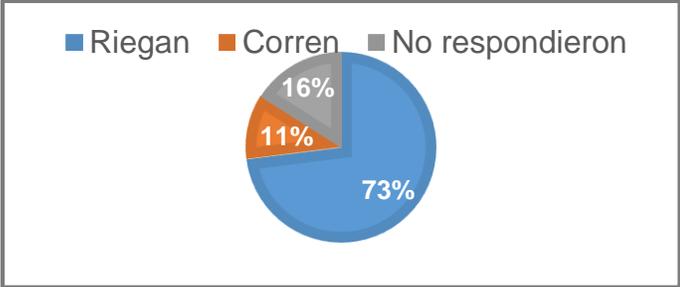
**Gráfico N° 12: Estado actual de saneamiento**



Fuente: Elaboración Propia (2019)

En cuanto el agua proveniente de las labores diarias del hogar (aguas servidas), 43 viviendas riegan las aguas grises, correspondiendo al 73%, el 11% (7 viviendas) dejan correr el agua, las otras 11 viviendas no supieron responder, correspondiendo al 16%. (Ver Gráfico N°13: Eliminación de aguas servidas).

**Gráfico N° 13: Eliminación de aguas servidas**



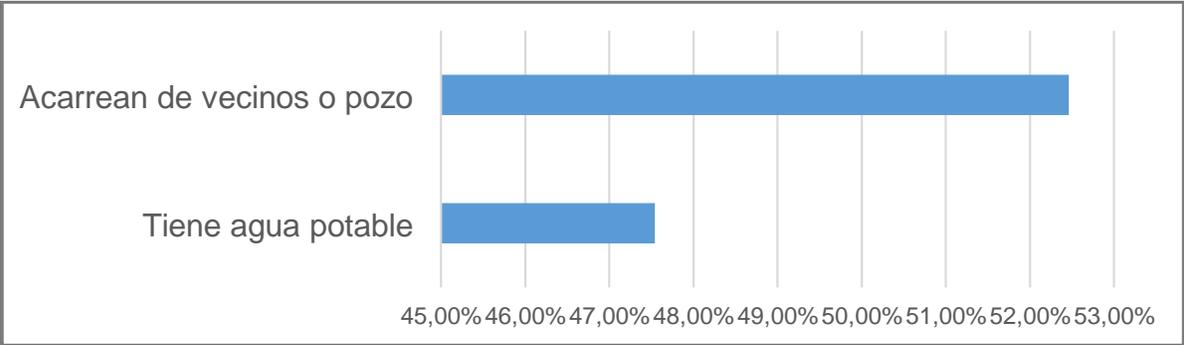
Fuente: Elaboración Propia (2019)

**4.1.1.9. Abastecimiento de agua de consumo**

La comunidad el Bálsamo, se abastece mediante un sistema de agua por gravedad, desde el año 2000, es un sistema que no cuenta con un tratamiento adecuado, únicamente atiende a 29 viviendas.

En la comunidad el Bálsamo, 29 viviendas dicen tener agua potable, con el 47.54% y el 52.46% acarrear el agua o de los vecinos o del pozo público. (Ver GráficoN°14: Abastecimiento de agua de consumo).

**Gráfico N° 14: Abastecimiento de agua de consumo**



Fuente: Elaboración Propia (2019)

#### 4.1.2. Evaluación cualitativa de impactos

A partir de la información analizada de la línea base, se logra evaluar la relevancia que tendría la ejecución de este sistema de abastecimiento y saneamiento en la Comunidad El Bálsamo. Contribuyendo al desarrollo y mejor calidad de vida de los habitantes de esta zona beneficiada. A continuación, en la Tabla N° 8, se presenta la evaluación cualitativa de los impactos que generaría el Proyecto en esta localidad.

**Tabla N° 8: Evaluación cualitativa de impactos**

<b>Etapa del proyecto</b>	<b>Tipo de efecto</b>	<b>Factor impactado</b>	<b>Efecto directo de la acción</b>
Construcción del sistema de agua potable	Positivo	Salud	Se contribuye con la erradicación de enfermedades causadas por el consumo de agua sin tratamiento adecuado
	Positivo	Abastecimiento	Todos contarán con el suministro hasta sus hogares
	Positivo	Economía	Mejorará las condiciones de vida de los habitantes y de la comunidad
Construcción del sistema de saneamiento	Positivo	Sistema actual	Se construirán letrinas a las viviendas que no cuentan con este sistema
	Positivo	Salud	Menos contaminación que afecta al ambiente y el entorno
	Positivo	Vivienda	Mejorará las condiciones de las viviendas y de los habitantes

Fuente: Elaboración propia (2019)

## **4.2. Estudio hidrológico**

Elabora el estudio hidrológico de la zona en estudio para valorar el potencial hídrico de la misma, tal como se presenta a continuación.

En el reconocimiento hidrológico del área en estudio solo se encontró una fuente de agua con la suficiente capacidad de abastecer de agua durante los próximos 20 años a esta comunidad, la constituye el riachuelo del Bálsamo, por tanto, se evaluó obteniendo lo siguiente:

### **4.2.1. Precipitación**

El establecimiento de las condiciones pluviométricas del área estudiada se hizo a partir de los registros pluviométricos de la estación de Terrabona/Terrabona (55026), ubicadas en las siguientes coordenadas geodésica: 12°43'42" Latitud norte y 85°57'54" longitud oeste a una elevación de 600 msm. Esta estación cuenta con registro histórico de precipitación del periodo de los años de 1970 a 2,005. Ver anexo N° V: Resumen meteorológico anual 1970 - 2007.

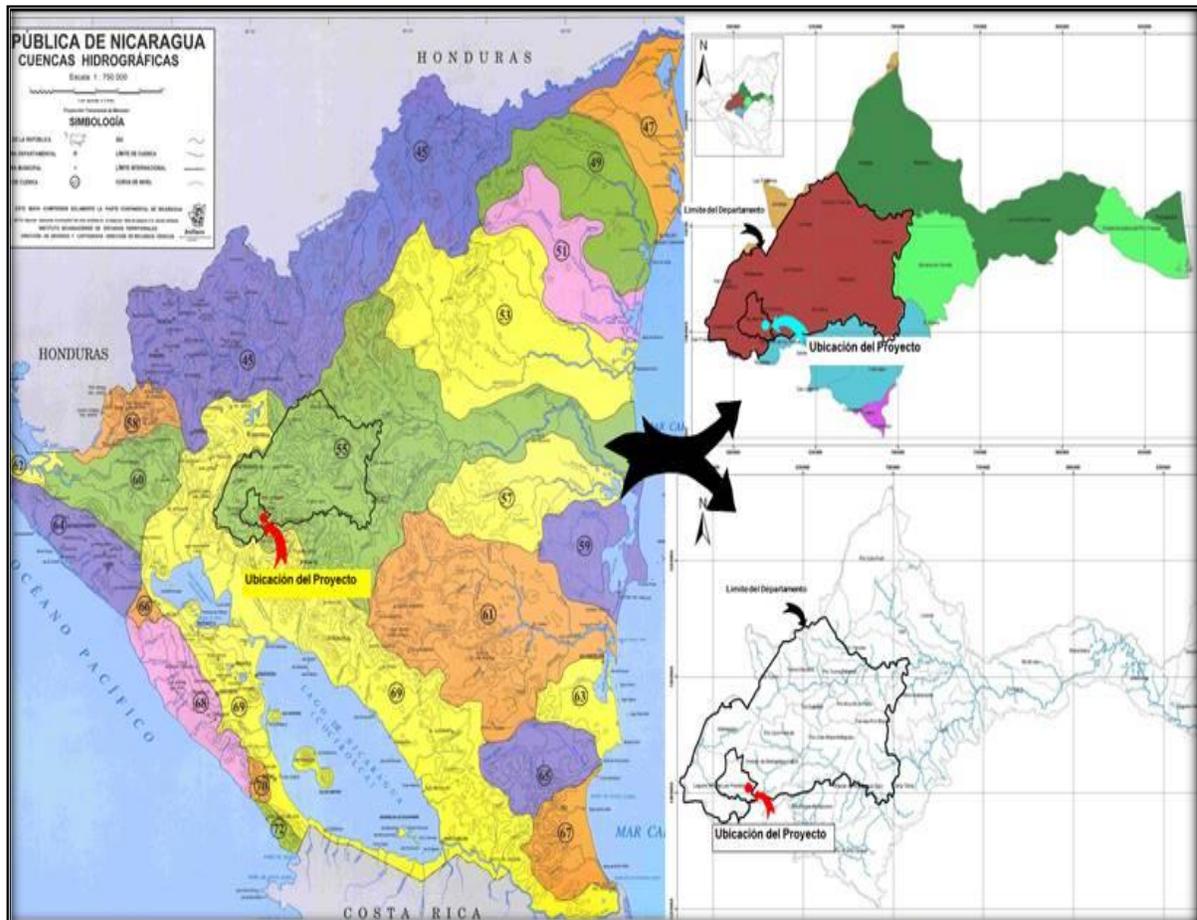
El año más lluvioso fue el 1998 con una precipitación total de 1,459.0 mm. /anual y el año más seco fue el 1983 con una precipitación total de 328.0 mm. /anual. La precipitación promedio durante el periodo de los años 1970 al 2005, es de 912.0 mm/anual. El área estudiada en los últimos 35 años, se han presentado cinco periodos relativamente secos y el más prolongado fue de 5 años (2,000 a 2,004). Dichos periodos han sido separados por años lluviosos siendo el periodo más prolongado el comprendido del año de 1,995 a 1,999 (cinco años).

Los meses de mayor precipitación de mayo a noviembre y los meses de menor precipitación son: diciembre y enero a abril.

#### 4.2.2. Cuenca hidrográfica

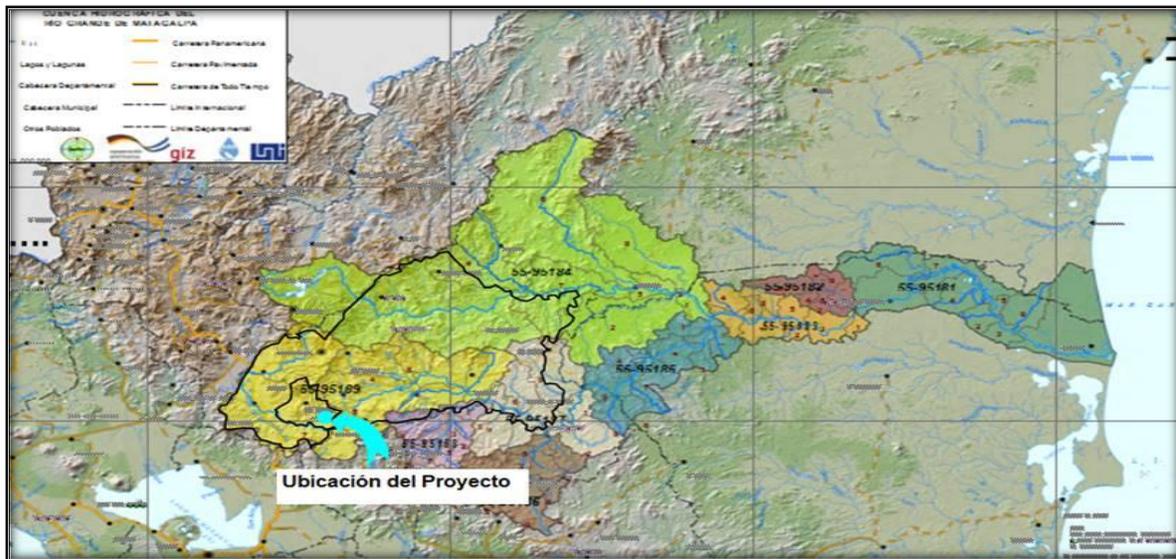
La fuente de agua superficial quebrada Monte Oscuro, está ubicada dentro de la subcuenca del río grande de Matagalpa - Tapasle (UH 15189), que a su vez forma parte de la cuenca hidrográfico del Río Grande de Matagalpa, este río nace en Molino Norte con una longitud de 465 kilómetros y una extensión en territorio (tierra firme) de 18,445.0 km<sup>2</sup> y desemboca en el mar caribe. Es el segundo río más largo de Nicaragua y la cuenca hidrográfico de este río recibe el código 9518 y corresponde a la cuenca 55 del mapa de cuencas de Nicaragua (PHCA, 1972). Ver figura N° 1: Ubicación del proyecto en la cuenca hidrográfica de Nicaragua.

**Figura N° 1: Ubicación del proyecto en la cuenca hidrográfica de Nicaragua**



Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

**Figura Nº 2: Ubicación del proyecto en la cuenca hidrográfica del Río Grande de Matagalpa**



Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

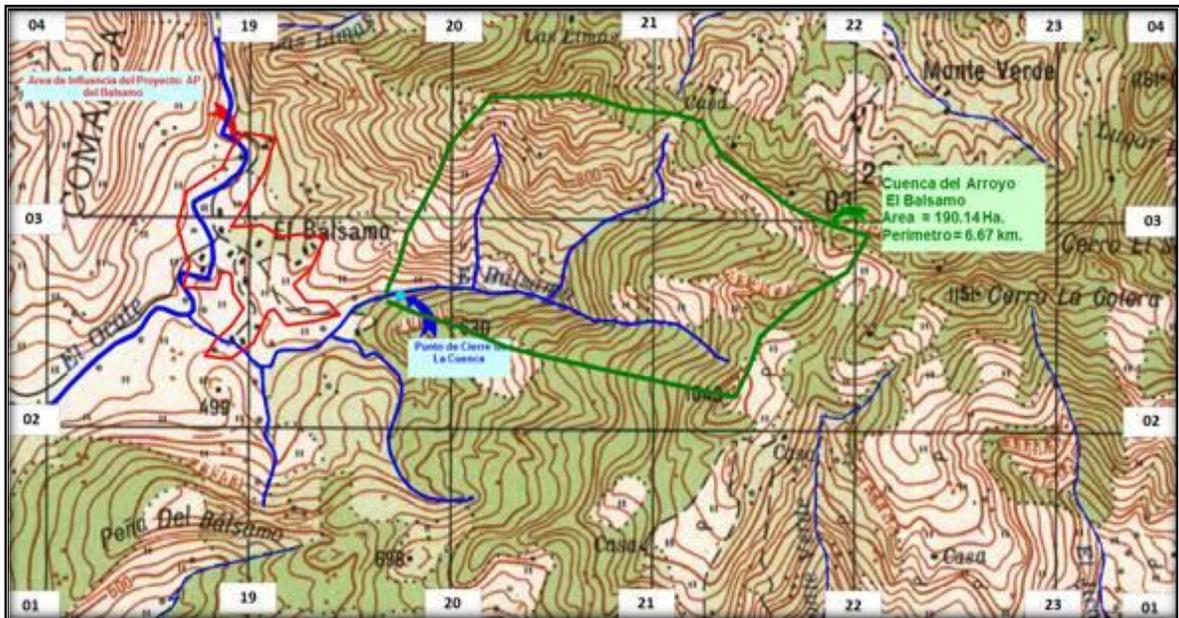
#### **4.2.3. Características hidrometría de la quebrada monte oscuro**

La quebrada monte oscuro es la afluente del riachuelo de El ocote, que a su vez descarga en el río la Ceiba, que es tributario del río grande de Matagalpa, que desemboca en el mar caribe. Ver figura No. 2: Ubicación del proyecto en la cuenca hidrográfica del río grande Matagalpa.

#### **4.2.4. Ubicación del sitio de captación**

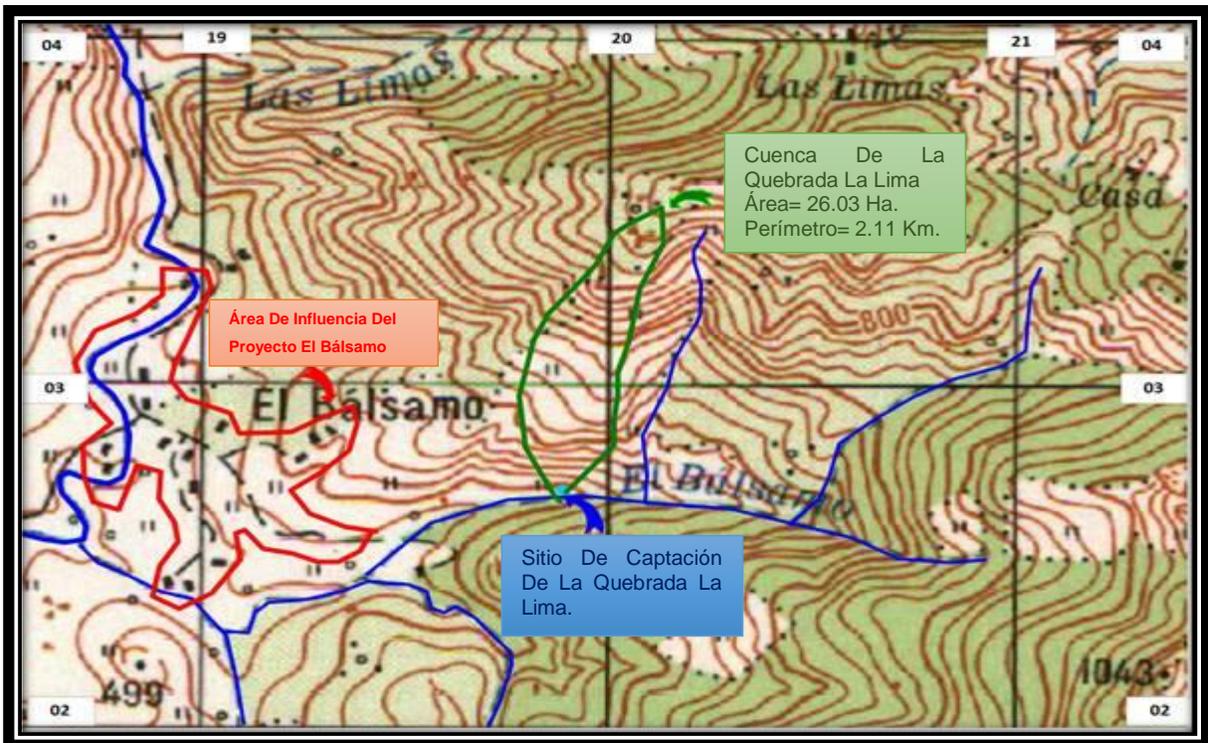
La quebrada la lima, es una fuente de agua superficial, que está siendo propuesta para seguir suministrando agua a los pobladores de la localidad de el Bálsamo, forma parte de la quebrada monte oscuro , que nace en el cerro la gotera, a una elevación de 1,151.0 msnm y el área de su micro cuenca en el punto de captación, se estima en 190.14 hectáreas y 6.17 Km de perímetro y el área de aporte de la subcuenca de la quebrada la lima, tiene un área de 23.06 hectáreas y 2.11 km de perímetro, en las siguientes coordenadas UTM; 16P0619891.0 m al este y 1402829.0 m al norte a una elevación de 513.45.0 msnm. Ver figura No. 3: y 4.

**Figura N° 3: Área de la micro-cuenca Quebrada Monte Oscuro**



Fuente: Modificado por autores (2019)

**Figura N° 4: Ubicación del sitio de captación**



Fuente: Modificado por autores (2019)

#### 4.2.5. Estudio de aforo de la quebrada la lima

Se realizó aforo mediante el método volumétrico para ratificar el caudal mínimo que aporta dicha fuente para el abastecimiento de la comunidad, obteniendo como resultado un caudal mínimo en época de estiaje de 1.0 L/s (15.85 Gpm) de acuerdo a aforo realizado en el 22 de julio del año 2019; este resultado es satisfactorio ya que los resultados son mayores a la demanda de agua de los próximos 20 años los pobladores de esta comunidad que es de 0.56 L/s (8.84 gpm). (Véase anexo N° IV: Aforo de Fuente y tabla N° 9: Resultados generales de Aforo).

**Tabla N° 9: Resultados generales del aforo volumétrico**

N°	Volumen del recipiente (L)	Tiempo de llenado (S)	Caudal estimado (L/s)
1	18.92705	40.16	0.47
2	18.92705	33.92	0.56
3	18.92705	35.02	0.54
<b>Promedio</b>			<b>1.57 L/s</b>
			<b>24.88 Gpm</b>

Fuente Elaboración Propia (2019)

#### 4.2.6. Balance hídrico de la cuenca

Se realizó un balance hidrológico y se determinó la escorrentía superficial y sobre la base de esta se calculó el caudal base de época de invierno. Ver resume en la tabla N° 10.

**Tabla N° 10: Resumen de caudales para diferentes eventos de precipitación**

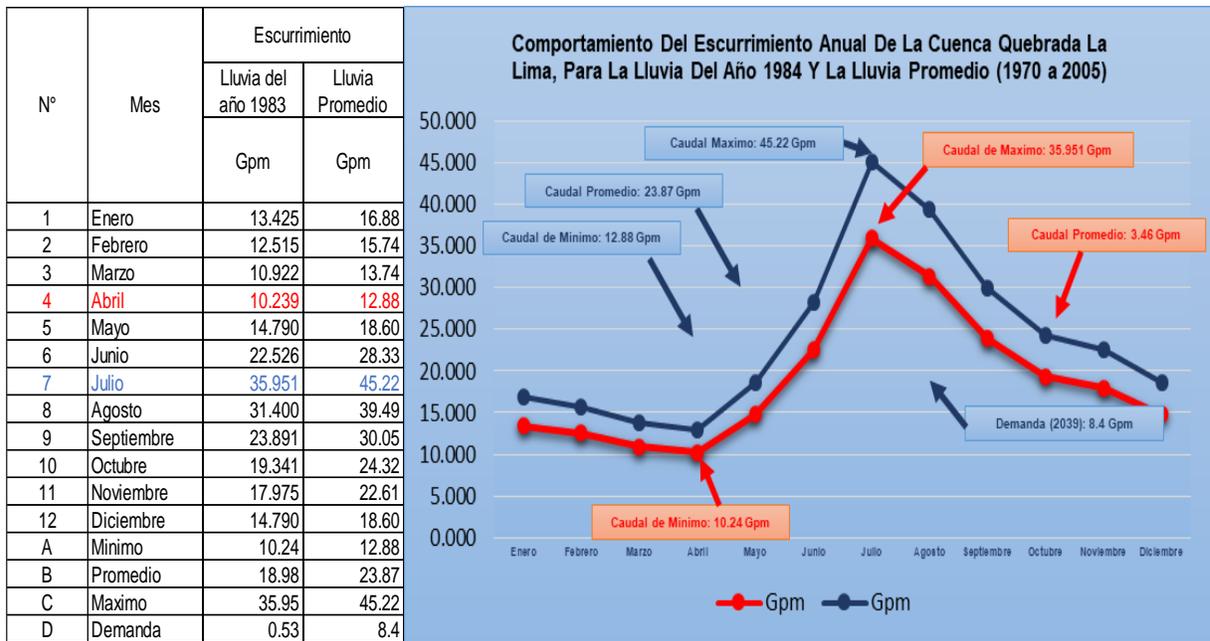
N°	Eventos	Precipitación anual (mm)	Caudal base		Caudal máximo	
			L/s	Gpm	L/s	Gpm
1	Aforo N° 1 (22/julio/ 2019)		1	15.85		
2	Promedio del periodo 1970-2017	912.47	0.81	12.84	2.85	45.17
3	Régimen de lluvia del año 1984	725.5	0.65	10.30	2.27	35.98

Fuente Elaboración Propia (2019)

Se estima que de la quebrada la lima aporta un caudal en época de estiaje para un régimen de lluvia igual al registrado en el año 1984, un caudal de base de 0.65 L/s (10.24 gpm), que es 1.18 veces superior a la demanda de agua de los próximos 20 años de los pobladores de esta comunidad, siempre y cuando se mantengan las mismas condiciones hidrológicas y climáticas de la cuenca en estudio. Ver gráfico No. 15: Comportamiento del escurrimiento anual y tabla N° 11: Datos anuales del escurrimiento.

**Tabla N° 11: Datos anuales del escurrimiento**

**Gráfico N° 15: Comportamiento del escurrimiento anual**



Fuente: Elaboración Propia (2019)

La demanda de agua para consumo humano de los pobladores de la comunidad de el Bálsamo para el año 2039 se estima en 12.81Gpm (0.81 L/s).

Con base en la demanda de agua requerida por los pobladores de esta comunidad para los próximos 20 años, se concluye que el potencial de recursos hídricos que aporta la microcuenca de la quebrada la lima, en época de estiaje es suficiente para satisfacer el suministro de agua que requiere la población de esta comunidad en el

futuro. Se recomienda implementar un programa de reforestación en el área de recarga de la cuenca.

### **4.3. Calidad de agua**

Para conocer la calidad de agua de la fuente de abastecimiento con que dispone la comunidad y hacer la clasificación de la misma, de acuerdo a lo establecido por la norma técnica obligatoria nicaragüense para la clasificación de los recursos hídricos (NTON 05 007-98), se tomó una muestra en la fuente superficial propuesta y se procedió a realizar un análisis físico químico, metales pesados (arsénico) y bacteriológico a la misma.

#### **4.3.1. Resultados de la calidad de agua**

Por la falta de agua potable en la Comunidad del Bálsamo se realizó un estudio fisicoquímico y bacteriológico en el mes de agosto del año 2019.

#### **4.3.2. Calidad físico - químico**

Este análisis se realizó con la ayuda de la alcaldía; según los resultados provenientes del Laboratorio Ambientales PIENSA – Managua, cuya muestra fue tomada el 11 de agosto del 2019, los parámetros realizados indican que la mayoría de los elementos se encuentran dentro de los rangos de las normas CAPRE (Ver anexo N° VIII: Parámetros y resultados de calidad de agua y anexo N° IX: Clasificación de recursos hídricos).

El análisis físico químico consideró los parámetros que miden las características estéticas del agua tales como:

➤ El ph de la muestra es de 7.18, encontrándose aceptable según el parámetro que establece la norma que es de 6 mínimos y 8.5 máximo; siendo apta para el consumo humano.

- El Manganeseo de la muestra es de  $<0.02$ , encontrándose aceptable según el parámetro que establece la norma como límite o rango máximo de 0.5, siendo apta para el consumo humano.
- Según la muestra el aspecto es claro, siendo aceptable para el consumo humano.
- La turbiedad según la muestra es de 0.102, aceptable con el parámetro según NTON 05 007-98 que es de  $< 5$  UNT.

Todos estos parámetros también se consideran como componentes inorgánicos que en concentraciones altas afectan la salud, tal como el sodio, cumpliendo con los rangos y límites establecidos por la normativa, además en este grupo de componentes inorgánicos se analizaron:

- La dureza que según la muestra es de 99.36, cumpliendo y siendo apta para el consumo humano ya que la NTON 05 007-98 tiene como límite o rango máximo de 400 mg/l.
- Los nitratos y nitritos según la muestra cumplen con los parámetros requeridos teniendo como resultado en la muestra de Nitratos 3.15 y su límite según la normativa es de 50 mg/l; los nitritos según el resultado fueron de  $<0.009$  dado a los límites de la norma que es de 0.1, ambos son apto para el consumo de la población.

Las aguas provenientes de la quebrada la lima pueden ser clasificadas como aguas del tipo 1A; aguas que requieren acondicionamiento únicamente mediante desinfección.

### 4.3.3. Análisis e interpretación de resultados

La quebrada la lima se valora como posible fuente de abastecimiento de la comunidad. Los resultados del análisis físico químico, indican que todas las concentraciones de los parámetros analizados son inferiores a los valores límite permisibles por la norma.

Las aguas de la quebrada la lima, presentan contaminación por coliformes totales y fecales de 1.3 x100 NMP/100m respectivamente y Escherichia Coli 2 NMP/100m, la OPS-OMS establece un valor límite menor de 2.2 NMP/100m y 0.0 NMP/100ml, para agua de consumo humano, por lo que se recomienda tomar algunas medidas a fin de garantizar la calidad de esta agua que se destine para consumo humano de la población de las comunidades, por lo tanto recomendamos realizar planta de tratamiento contiguo a la obra de captación.

No se midieron los parámetros de amonio y cianuro debido a que no existe la sospecha de este tipo de contaminante.

❖ **Arsénico:** La exposición al arsénico puede causar problemas de salud, incluso varios tipos de cáncer, según la NTON 05 007-98 el límite superior en las aguas potables es de 0.05 mg/l, las muestras conforme el estudio demuestra que la fuente tiene 0.01 mg/l cumpliendo con la NTON 05 007-98.

❖ **Sulfatos de sodio y de magnesio:** tienen un efecto purgante, especialmente entre los niños, se recomienda un límite superior en aguas potables de 250 mg/L de sulfatos según las NTON 05 007-98, el contenido de sulfatos es también importante porque las aguas son alto contenido de este compuesto tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor, teniendo como resultados conforme al estudio un valor de Sodio 20 mg/L y Magnesio 10.54 mg/L cumpliendo con lo antes establecido.

❖ **Cloruros:** en concentraciones por encima de 250 mg/L producen un sabor salado en el agua, el cual es rechazado por el consumidor; para consumo humano el contenido de cloruros se limita a 2050 mg/L, sin efectos adversos gracias a la adaptación del organismo, teniendo como resultado de la prueba realizada un valor de 23.70 mg/L de igual manera cumple con lo establecido de la NTON 05 007-98.

#### **4.3.4. Calidad bacteriológica**

La calidad bacteriológica de las aguas superficiales de las aguas de la quebrada la lima, en época de invierno de acuerdo a la NTON 05-007-98, se clasifica como agua superficial del Tipo 1A, ver anexo N° IX: Clasificación de recursos hídricos, desde el punto de vista sanitario, solo requiere de un proceso de desinfección con hipoclorito de calcio.

Desde el punto de vista de la calidad bacteriológica, las aguas superficiales de la quebrada la lima. Presenta contaminación por coliformes totales, fecales E. colis y para su potabilización se requiere de un proceso de tratamiento por desinfección.

#### **4.3.5. Sustancias tóxicas inorgánicas**

Para identificar presencia de metales pesados se midió el parámetro de arsénico y se obtuvo un valor menor de 0.001mg/l, siendo el valor máximo recomendado de 0.01.

Desde el punto de vista de los parámetros especiales de agua como, temperatura, PH, sólidos totales disueltos, oxígenos disueltos y conductividad eléctrica el agua superficial de la quebrada la Lima, se considera un agua dulce y de buena calidad para ser suministrada a los pobladores de esta comunidad.

Desde el punto de vista de la sustancia inorgánica como el arsénico, no se encontró traza de esta sustancia en los análisis químicos del agua, por tanto, esta es apta para el consumo humano.

#### **4.3.5. Tratamiento y desinfección del sistema agua potable**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos, bacteriológicos, organolépticos, hierro y arsénico determinaron que la quebrada la lima, indican que puede ser clasificada como agua del tipo 1A; por lo que para su potabilización requiere de desinfección. Tomando en cuenta que las muestras analizadas fueron captadas en invierno y que se encontró una gran cantidad de restos de raíces en la obra de toma existente, se recomienda la construcción de un pre filtro de piedra bolón para evitar que las raíces y sedimentos ingresen a la línea de conducción y finalmente un sistema de cloración con hipoclorito de calcio al 70%.

Los resultados de calidad fisicoquímica del agua de la quebrada la lima, indican que el agua tiene potencial para ser utilizado como fuente de abastecimiento de agua y que para su potabilización requiere desinfección únicamente.

#### **4.4. Diseño hidráulico**

Se realizaron los análisis hidráulicos del sistema bajo diferentes condiciones, en donde podemos mencionar:

- Consumo promedio diario (CPD demanda 20 años)
- Consumo máxima día (CMD demanda 20 años)
- Consumo máxima hora (CMH demanda 20 años)
- Sin consumo en la red (demanda 20 años)

##### **4.4.1. Tasa de crecimiento poblacional**

Para el análisis de crecimiento de población se indagaron los datos registrales de los censos realizados en el país desde 1906 hasta 2005, que fue el último censo realizado por INIDE, se procedió a utilizar los datos de los censos nacionales del municipio de Terrabona (1971, 1995 y 2005) y con base en esta información se procedió a determinar el crecimiento histórico. Ver tabla N° 12: Tasa de crecimiento del municipio de Terrabona.

**Tabla N° 12: Tasa de crecimiento del municipio de Terrabona**

Tasa de crecimiento del Municipio de Terrabona						
Año	Población			Tasa de crecimiento		
	Rural	Urbana	Total	Rural	Urbana	Total
1971	7,690	933	8,623			
1995	9,513	1,092	10,605	0.89	0.66	0.87
2005	10,987	1,753	12,740	1.45	4.85	1.85
<b>Tasas de crecimiento promedio</b>				<b>1.17</b>	<b>2.75</b>	<b>1.36</b>

Fuente: Censo Poblacional de Terrabona (Alcaldía Municipal de Terrabona)

El municipio de Terrabona presenta un crecimiento promedio de 1.36% con el objetivo de cumplir con normativa nacional, la tasa de crecimiento asumida para efectos de diseño de las estructuras de abastecimiento de este proyecto en el municipio de Terrabona será del 2.5%, aunque actualmente se nota un desarrollo y crecimiento importante en la población, sin embargo, no se tienen datos oficiales de población. Con base en lo antes mencionado, se procede a proyectar la población partiendo de una población inicial de trescientos setenta y cinco (375) habitantes.

#### **4.4.2. Datos para estimar la tasa de crecimiento rural**

La tasa de crecimiento comunal promedio calculada es de igual a 0.236%, valor que se encuentra por debajo de la tasa mínima 2.5% recomendada por la NTON 09002-99; norma técnica para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (Sector rural). Por tanto y en lo sucesivo para efectos de cálculo se adopta la tasa mínima recomendada 2.5%. La proyección futura, para el período de diseño a 20 años resulto de 615 habitantes, utilizando la Ecuación 1. Ver tabla N°13: Proyección de diseño a 20 años.

**Tabla N° 13: Proyección de la población 20 años**

<b>MAG - El Bálsamo</b>				
<b>Municipio de Terrabona, Matagalpa</b>				
<b>Nº</b>	<b>Año</b>	<b>Población inicial</b>	<b>Tasa de crecimiento</b>	<b>Población final</b>
0	2019	375	2.50%	375
1	2020			385
2	2021			394
3	2022			404
4	2023			414
5	2024			424
6	2025			435
7	2026			446
8	2027			457
9	2028			469
10	2029			480
11	2030			492
12	2031			505
13	2032			517
14	2033			530
15	2034			543
16	2035			557
17	2036			571
18	2037			585
19	2038			600
20	2039	615		

Fuente: Elaboración Propia (2019)

#### **4.4.3. Proyección de población y demanda**

Los resultados obtenidos de la proyección de población y demanda para el final del período de diseño (año 2039), son los siguientes:

Proyección de población: 615 habitantes

Demanda de consumo: 0.79 lps (CMD)

Demanda de almacenamiento: 14.04 m<sup>3</sup> (3709.80 gln).

Ver tabla N° 14: Cálculo de consumos. Empleando las Ecuaciones 2 y 3.

**Tabla N° 14: Proyección de población y consumo**

Año	P	Dotación LPPD	Consumo Doméstico (CD)	Consumo Público (CP)	Consumo Promedio Diario (CPD)	Consumo Promedio Diario (CPD)	Consumo Máximo Diario (CMD)		Consumo Máximo Horario (CMH)	
			PobD.*Dota.	7% CD	CD+CP	CD+CP	1.5*CPD		2.5*CPD	
			L/s	L/s	L/s	Gpm	L/s	Gpm	L/s	Gpm
2019	375	60	0.26	0.02	0.28	4.42	0.42	6.63	0.70	11.05
2020	385	60	0.27	0.02	0.29	4.53	0.43	6.79	0.71	11.32
2021	394	60	0.27	0.02	0.29	4.64	0.44	6.96	0.73	11.61
2022	404	60	0.28	0.02	0.30	4.76	0.45	7.14	0.75	11.90
2023	414	60	0.29	0.02	0.31	4.88	0.46	7.32	0.77	12.19
2024	424	60	0.29	0.02	0.32	5.00	0.47	7.50	0.79	12.50
2025	435	60	0.30	0.02	0.32	5.12	0.48	7.69	0.81	12.81
2026	446	60	0.31	0.02	0.33	5.25	0.50	7.88	0.83	13.13
2027	457	60	0.32	0.02	0.34	5.38	0.51	8.08	0.85	13.46
2028	469	60	0.33	0.02	0.35	5.52	0.52	8.28	0.87	13.80
2029	480	60	0.33	0.02	0.36	5.66	0.54	8.48	0.89	14.14
2030	492	60	0.34	0.02	0.37	5.80	0.55	8.70	0.91	14.49
2031	505	60	0.35	0.02	0.37	5.94	0.56	8.91	0.94	14.86
2032	517	60	0.36	0.03	0.38	6.09	0.58	9.14	0.96	15.23
2033	530	60	0.37	0.03	0.39	6.24	0.59	9.37	0.98	15.61
2034	543	60	0.38	0.03	0.40	6.40	0.61	9.60	1.01	16.00
2035	557	60	0.39	0.03	0.41	6.56	0.62	9.84	1.03	16.40
2036	571	60	0.40	0.03	0.42	6.72	0.64	10.09	1.06	16.81
2037	585	60	0.41	0.03	0.43	6.89	0.65	10.34	1.09	17.23
2038	600	60	0.42	0.03	0.45	7.06	0.67	10.60	1.11	17.66
2039	615	61	0.43	0.03	0.46	7.36	0.70	11.04	1.16	18.40

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla Nº 15: Cálculo de consumos máximos y almacenamiento

Año	Perdidas en el sistema		Consumo Máximo Diario + Pérdidas (CMD + Qf)		Consumo Máximo Horario + Pérdidas (CMH + Qf)		Almacenamiento	
	20% CPD		1.5CPD		2.5CPD		35% CPD	
	L/s	Gpm	L/s	Gpm	L/s	Gpm	L	m3
2019	0.06	0.88	0.47	7.51	0.75	11.93	8,429.62	8.43
2020	0.06	0.91	0.49	7.70	0.77	12.23	8,640.36	8.64
2021	0.06	0.93	0.50	7.89	0.79	12.53	8,856.37	8.86
2022	0.06	0.95	0.51	8.09	0.81	12.85	9,077.78	9.08
2023	0.06	0.98	0.52	8.29	0.83	13.17	9,304.72	9.30
2024	0.06	1.00	0.54	8.50	0.85	13.50	9,537.34	9.54
2025	0.06	1.02	0.55	8.71	0.87	13.84	9,775.78	9.78
2026	0.07	1.05	0.56	8.93	0.89	14.18	10,020.17	10.02
2027	0.07	1.08	0.58	9.15	0.92	14.54	10,270.67	10.27
2028	0.07	1.10	0.59	9.38	0.94	14.90	10,527.44	10.53
2029	0.07	1.13	0.61	9.62	0.96	15.27	10,790.63	10.79
2030	0.07	1.16	0.62	9.86	0.99	15.65	11,060.39	11.06
2031	0.07	1.19	0.64	10.10	1.01	16.05	11,336.90	11.34
2032	0.08	1.22	0.65	10.36	1.04	16.45	11,620.32	11.62
2033	0.08	1.25	0.67	10.61	1.06	16.86	11,910.83	11.91
2034	0.08	1.28	0.69	10.88	1.09	17.28	12,208.60	12.21
2035	0.08	1.31	0.70	11.15	1.12	17.71	12,513.82	12.51
2036	0.08	1.34	0.72	11.43	1.15	18.15	12,826.66	12.83
2037	0.09	1.38	0.74	11.72	1.17	18.61	13,147.33	13.15
2038	0.09	1.41	0.76	12.01	1.20	19.07	13,476.01	13.48
2039	0.09	1.47	0.79	12.51	1.25	19.88	14,043.13	14.04

Fuente: Elaboración propia (2019)

La fuente ofrece un caudal de 1.57 lps según el aforo realizado y esta alternativa requiere un caudal de 0.81 lps, lo cual demuestra que la fuente tiene suficiente caudal para suplir la demanda de la comunidad hasta el año 2039 y mantener un caudal ecológico del 45%.

#### **4.4.4. Estimación de consumo**

Se consideró una población servida directamente del 100% en todo el período de diseño por conexiones domiciliarias de patio, para lo cual el NTON 09001-99 establece un rango de 50 lpd a 60 lpd, para poblaciones rurales. Consumo destinado para las necesidades de la vivienda ya sea preparación de alimentos, bebida, lavado de ropa, baño etc.

Se aplicó una dotación de 60 l/p-d a los 375 habitantes obtenidos por la proyección poblacional de la comunidad para abastecer hasta el final del período de diseño, de tal manera demandará un consumo promedio diario 7.36 Gpm, un consumo máximo diario más sus pérdidas es de 12.51 Gpm y un consumo máxima hora más sus pérdidas de 19.88 Gpm. (Ver tabla No.14: Proyección de la población y consumo).

Esta condición de análisis simula a la red de distribución trabajando con los caudales máximos esperados en la red, que corresponden a la condición de consumo de máxima hora de 20 años

o final del período de diseño, para conocer las presiones más bajas esperadas en la red.

#### **4.4.5. Descripción del Proyecto**

El sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento para la comunidad El Bálsamo, considera dar cobertura a la necesidad de 375 habitantes en la actualidad y se proyectó a 20 años con una población de 615 habitantes de acuerdo a una tasa de crecimiento del 2.5%, regulada con la norma técnica (NTON 09001-99) para el medio rural.

El funcionamiento del sistema se desarrolla de la siguiente manera:

**a) Fuente de abastecimiento**

Quebrada La Lima con una elevación de 514 msnm, con un caudal aforado en tiempo seco de 15.85 gpm. En la que se propone la construcción de una obra de captación que está constituida por: bocatoma, canal de sedimentación y desarenador que conduce el agua a la zona de tratamiento.

**b) Planta de tratamiento**

Conformada por un pre filtro sedimentador de cuatro cámaras, tres cámaras filtrantes con material piedra bolón de 2" a 4", separadas con paredes con orificios de 1 ½" a cada 10 cm en ambas direcciones y una cámara recolectora del agua tratada, donde se conecta la tubería hacia el tanque de almacenamiento.

**c) Línea de conducción**

El agua ya tratada se conduce al tanque de almacenamiento, por medio de tubería de hierro galvanizado de 2" de diámetro con una longitud de 808.40 m. Para un óptimo funcionamiento de la línea de conducción, se instalarán válvulas de purga o limpieza de 2" de diámetro y válvulas de aire y vacío de 1/2" de diámetro. El caudal a transportar por la línea de conducción es de 0.79 lps correspondiente al caudal máximo día al final del periodo de diseño.

**d) Tanque de almacenamiento**

Con una capacidad de Debido 14.04 m<sup>3</sup> (3,709 galones), se propone de concreto ciclópeo y concreto reforzado. Las dimensiones internas del tanque son: 2.70m x 2.70 m x 2.50 m de altura y las paredes tendrán sección trapezoidal. Además, se ubica equipo hidráulico de dosificación de cloro por medio de pastillas.

**e) Red de distribución**

Una vez desinfectada el agua y lista para distribuir a través de tuberías de PVC 2" SDR 26, en las líneas principales y PVC 1 ½" SDR 26 diámetro mínimo empleado en

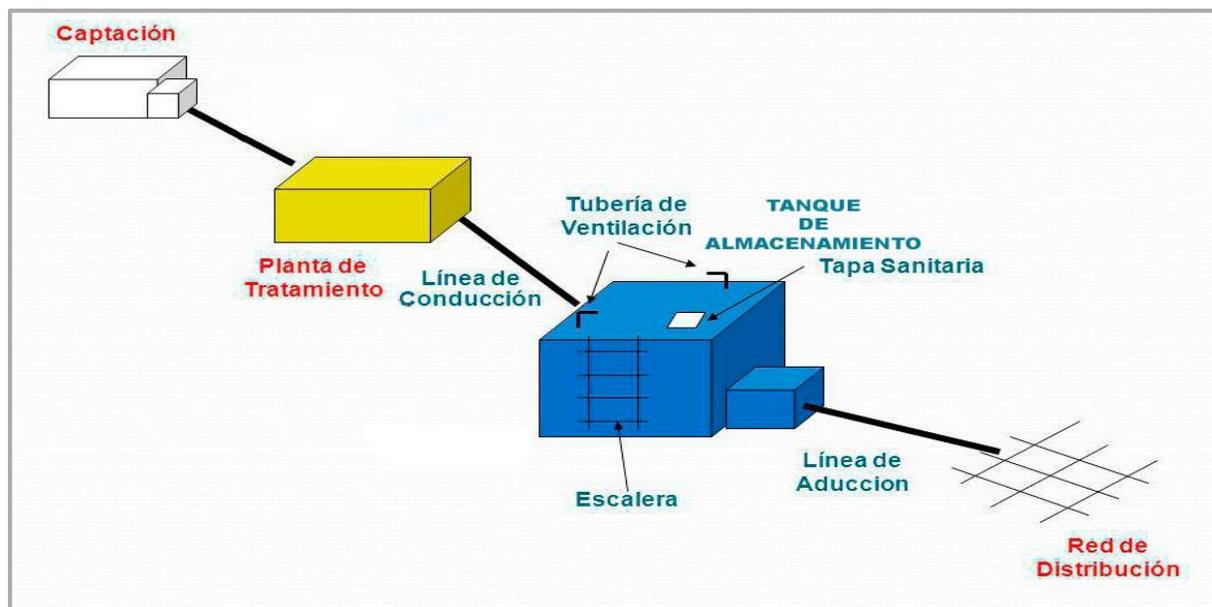
ramales que no sobre pasan los 100 m como lo especifica la norma técnica (NTON 09003-99). Así mismo, la red de distribución incluye los accesorios correspondientes a válvulas de sectorización y válvulas de limpieza.

Debido a la situación topográfica el sistema por gravedad no puede abastecer al 100% de las viviendas por medio de conexiones domiciliars de patio. Por lo tanto, el nivel de servicio será de 46 conexiones domiciliars de patio, y 4 puestos públicos para abastecer a 16 viviendas ubicadas en una elevación mayor que el tanque de almacenamiento.

#### f) Saneamiento

Compuesto por letrinas elevadas el cual tendrá el 100% de cobertura por medio de la construcción de 62 letrinas elevadas y la instalación de 62 lavaderos sencillos de fabricación nacional con sus respectivos pozos de absorción.

**Figura N° 5: Esquema del proyecto**



Fuente: Elaboración propia (2019)

#### 4.4.5.1. Diseño de obra de captación

Para determinar la fuente de abastecimiento de agua para la comunidad de El Bálsamo se ha realizado una evaluación a la fuente quebrada la lima, ya que el MAG actual de la comunidad ya cumplió su tiempo útil y colapso.

##### 4.4.5.1.1. Diseño de bocatoma

Se adopta un ancho de bocatoma de  $L = 1$  metro

La lámina de agua en la conducción lateral es, Ecuación 5:

$$H = \left( \frac{0.0079}{1.84 \cdot 1} \right)^{\frac{2}{3}} \quad H = 0.03$$

La corrección por las dos contracciones laterales es, Ecuación 6:

$$L' = L - 0.2 H = L' = 1 - 0.2 \cdot 0.03$$

$$L' = 0.99 \text{ m}$$

Velocidad del río sobre la presa, Ecuación 7:

$$V = \frac{Q}{L'H} = V = \frac{0.0079}{0.99 \cdot 0.03} = V \text{ 0.3 m/s}$$

$0.3 \text{ m/s} < 0.3 \text{ M/s} < 3.0 \text{ m/s} \dots$  Cumple

##### 4.4.5.1.1. Diseño de la rejilla y el canal de aducción

El ancho del canal de aducción será, Ecuaciones 8, 9 y 10:

$$X_s = 0.36 V_r^{\frac{2}{3}} + 0.60 H^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.36 \cdot (0.30)^{\frac{2}{3}} + 0.60 \cdot (0.03)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.25 \text{ m}$$

$$X_i = 0.18 V_r^{\frac{4}{7}} + 0.74 H^{\frac{3}{4}}$$

$$X_i = 0.18 \cdot (0.30)^{\frac{4}{7}} + 0.74 \cdot (0.03)^{\frac{3}{4}}$$

$$X_i = 0.14 \text{ m}$$

$B X_s +$  ancho del canal de aducción

$$B = 0.25 * 0.10$$

$$B = 0.35 \text{ m} \approx 0.40 \text{ m}$$

La longitud de las rejillas y el número de orificio será, Ecuaciones 11,12,13 y 14:

Se adoptó barrote de ½" (0.0127m) y separación entre ellos de 5 cm; por otra parte, supone la velocidad entre barrote igual a 0.10 m/s

$$A_n = \frac{Q}{KV_b}$$

$$A_n = \frac{0.0079}{0.9 * 0.10} = 0.1$$

$$L_r = \frac{A_n * (\text{separacion entre barrotes} + \text{diametro de barrote})}{\text{separacion de barrotes} * B}$$

$$L_r = \frac{0.1(0.05 + 0.0127)}{0.05 * 0.40}$$

$$L_r = 0.32 \text{ m}$$

Se adopta 0.70m de longitud de rejilla

$$A_n = \frac{0.05}{0.05 + 0.125} * 0.40 * 0.70$$

$$A_n = 0.223$$

$$A_n = 0.08 \approx 0.1$$

El número de orificio es de:

$$N = \frac{A_n}{\text{separacion}/\text{barrote} * B}$$

$$N = \frac{0.223}{0.05 * 0.4} = 11.16$$

Se adoptan 12 orificios separados 5cm entre sí, con lo cual se tiene las siguientes condiciones finales:

$$A_n = \text{separacion de rejillas} * B * \text{numero de orificios.}$$

$$A_n = 0.05 * 0.40 * 12 = 0.240 \text{ m}^2$$

Haciendo uso de la Ecuación 16, se obtiene:

$$V_b = \frac{0.0079}{0.9 * 0.240} = 0.04 \text{ m/s}$$

$$L_r = \frac{A_n * (\text{separacion entre barros} + \text{diametro de barrote})}{\text{separacion de barros} * B}$$

$$L_r = \frac{0.240 * (0.05 + 0.0127)}{0.05 * 0.4} = L_r = 0.75$$

Los niveles de agua en el canal de aducción son:

❖ **Aguas abajo:**

Sustituyendo en la Ecuación 17:

$$h_c = \left( \frac{(0.0079)^2}{(9.81 * (0.40)^2)} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.04 \text{ m}$$

❖ **Aguas arriba:**

Mediante la ecuación 18:

$$L_c = 0.75 + 0.3 = 1.05$$

Se adopta:  $i = 3\%$

#### 4.4.5.1.2. Niveles en el canal de aducción

Ecuación 19

$$h_a = \left[ 2(0.04)^2 + \left( 0.04 - \frac{0.03 * 1.05}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} * 0.03 * 1.05$$

$$h_a = 0.05 \text{ m}$$

Ecuación 20

$$H_a = 0.05 + 0.15$$

$$H_a = 0.20 \text{ m}$$

Ecuación 21

$$H_c = 0.04 + (0.05 - 0.04) + 0.03 * 1.05 + 0.15$$

$$H_c = 0.23 \text{ m}$$

#### 4.4.5.1.3. Velocidad del agua al final del canal de sedimentación

Ecuaciones 23,24 y 25

$$X_s = 0.36 * (0.50)^{\frac{2}{3}} + 0.60 * (0.04)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.32 \text{ m}$$

$$X_i = 0.18 * (0.50)^{\frac{4}{7}} + 0.74 * (0.04)^{\frac{3}{4}}$$

$$X_i = 0.20 \text{ m}$$

$$B_{\text{camara}} = 0.32 + 0.30$$

$$B_{\text{camara}} = 0.62 \text{ m}$$

Por facilidad de acceso y mantenimiento, se adopta una cámara cuadrada de 1.5 m de lado.

El bode libre de la cámara es de 15 cm, por lo que el fondo de la cámara estará a 70 cm por debajo de la cota del fondo del canal de aducción a la entrega (suponiendo una cabeza de 0.60m que debe ser verificada una vez realizado el diseño de la conducción al desarenador).

#### 4.4.5.1.4. Cálculo de la altura de los muros de contención

Tomando el caudal máximo del río de 1 m<sup>3</sup>/s se tiene de acuerdo a la Ecuación 5:

$$H = \left(\frac{Q}{1.84 * l}\right)^{\frac{2}{3}} = H = \left(\frac{1}{1.84 * 1}\right)^{\frac{2}{3}} = H = 0.67 \text{ m}$$

Dejando un borde libre de 33 cm, entonces la altura de los muros será de 1m.

### ❖ Cálculo de Cotas

Fondo del río en la captación es igual a 513.45 msnm

### ❖ Lamina sobre la bocatoma:

Diseño =	$513.45 + 0.03 = 513.48 \text{ m}$
Máxima=	$513.45 + 0.67 = 514.12 \text{ m}$
Promedio =	$513.45 + 0.23 = 513.68 \text{ m}$
Corona del muro de contención=	$513.45 + 1 = 514.45 \text{ m}$

### ❖ Canal de aducción:

Fondo agua arriba	$513.45 - 0.20 = 513.25 \text{ m}$
Fondo agua abajo	$513.45 - 0.23 = 513.22 \text{ m}$
Lamina agua arriba	$513.25 + 0.05 = 513.30 \text{ m}$
Lamina agua abajo	$513.22 + 0.04 = 513.26 \text{ m}$

### ❖ Cámara de recolección:

Cresta de vertedero de exceso	$513.22 - 0.15 = 513.07 \text{ m}$
Fondo	$513.07 - 0.60 = 512.47 \text{ m}$

Se adopta en esta etapa de diseño un valor de 60 cm correspondiente a la pérdida en la conducción de la bocatoma al desarenador.

### ❖ Tubería de excesos:

Cota de entrada	$= 512.47 \text{ m}$
Cota del río en la entrada	$= 511.11 \text{ m}$
Cota de la Salida	$= 511.11 + 0.30 = 511.41 \text{ m}$

La cota del río en el punto de descarga corresponde a la cota máxima del río, 50 m agua abajo de la captación.

#### 4.4.5.1.5. Cálculo del caudal de exceso:

Dentro de las condiciones iniciales del diseño se ha supuesto un caudal medio del río de:

Q promedio de río = 0.2.m<sup>2</sup>/s.

$$H = \left(\frac{Q}{1.84 * L}\right)^{\frac{2}{3}} = H = \left(\frac{0.20}{1.84 * 1}\right)^{\frac{2}{3}} = 0.23 \text{ m}$$

Ecuación 26

$$Q_{\text{captacion}} = 0.32 * 0.23 \sqrt{2 * 9.81 * 0.23}$$

$$Q_{\text{captacion}} = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ecuación 27

$$Q_{\text{exceso}} = 0.15 - 0.0079$$

$$Q_{\text{exceso}} = 0.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ecuación 5 y 28

$$H_{\text{exc}} = \left(\frac{0.14}{1.84 * 1}\right)^{\frac{2}{3}} = H_{\text{exc}} = 0.18 \text{ m}$$

$$V_{\text{exc}} = \left(\frac{0.14}{0.18 * 1}\right) = V_{\text{exc}} = 0.78 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$X_s = 0.36 V_{\text{exc}}^{\frac{2}{3}} + 0.60 H_{\text{exc}}^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.36 (0.78)^{\frac{2}{3}} + 0.60 (0.14)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.50 \text{ m}$$

El Vertedero de exceso estará colocado a 0.80 m de la pared de la cámara de recolección.

#### 4.4.5.1.6. Cálculo de la tubería de excesos

Ecuación 29

$$i = \frac{512.47 - 511.41}{50} * 100 = 2.12\%$$

$$J = 0.0212 \text{ m/m}$$

Ecuaciones 31 y 32

$$D = \left( \frac{Q}{0.2785 C J^{0.54}} \right)^{1/2.63}$$

$$D = \left( \frac{0.0079}{0.2785 \times 513.45 \times (0.0212)^{0.54}} \right)^{1/2.63}$$

$$D = 0.1\text{m} \approx 3.94'' \rightarrow 4''$$

#### 4.4.5.1.2. Diseño de Desarenador

Condiciones de la tubería de entrada.

$$Q = 0.0079 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q_U = 0.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1.23 \text{ m/s} \quad V_U = 1.27 \text{ m/s}$$

$$D = 4'' (0.100\text{m}) \quad d = 0.100\text{m}$$

#### ❖ Condición de diseño del desarenador

Remoción de partículas hasta de 0.05mm de diámetro con un grado de remoción del 75%.

Temperatura	24° c
Viscosidad cinemática	0.00917
Grado de desarenador	n= 1
Relación Longitud: Ancho	3:1
Cota de la lámina a la entrada del desarenador	512.51

#### ❖ Cálculo de los parámetros de sedimentación.

Velocidad de sedimentación de las partículas  $d_s = 0.05 \text{ mm}$

$$V_s = \frac{g}{18} * \frac{(\rho_s - \rho)}{U} * d_s^2 = \frac{981}{18} * \left( \frac{2.65 - 1}{0.00917} \right) * (0.005)^2$$

$$V_s = 0.245 \text{ cm/s}$$

De la Tabla N° 3: número de hazen (vs/vo) se obtiene:

N = 1 y 75% de la remoción

$$\theta / t = 3$$

Suponiendo la profundidad útil de sedimentación, H, igual a 1.5m, el tiempo que tardaría la partícula de diámetro igual a 0.05mm en llegar al fondo sería de:

$$t = \frac{H}{V_s} = \frac{150}{0.245} = 612 \text{ segundo}$$

❖ **El periodo de retención hidráulica será de:**

$$\theta = 3 * t = 3 * 612 = 1836 \text{ Seg.} = 0.51 \text{ hora}$$

$$(0.5 \text{ hr} < \theta < 4 \text{ hr})$$

Como se demostró anteriormente, la carga hidráulica superficial es igual a la velocidad de sedimentación de la partícula crítica en condiciones teóricas,  $V_o$ , la cual debe corresponder a la de un diámetro menor:

$$V_o = q = 0.001 \text{ m/s} = 0.1 \text{ cm/s}$$

$$d_o = \frac{\sqrt{V_o * 18 * \mu}}{g * (\rho_s - \rho)} = \frac{\sqrt{0.1 * 18 * 0.00917}}{981 * (1.65)} = 0.0032 \text{ cm} = 0.03 \text{ mm}$$

También se demostró, anteriormente que la relación de tiempos es igual a la relación de velocidades, es decir:

$$\frac{\theta}{t} = \frac{V_s}{V_o} = \frac{0.245}{0.1} = 2.5 \approx 3$$

En resumen, bajo las condiciones teóricas, se removería partículas hasta de un diámetro igual a 0.03mm, pero al tener en consideración las condiciones reales (flujo no uniforme, corriente de densidad, corto circuito, zona muertas, velocidad horizontal variable) el diámetro máximo posible de ser removido se aumenta a 0.05mm.

La velocidad horizontal será:

$$V_h = \frac{Q}{W} = \frac{V_o * L}{H}$$

$$V_h = \frac{0.0079}{1.5 * 2.5} * 100 = \frac{0.1 * 7.45}{1.5} = 0.50 \text{ cm/s}$$

❖ **La velocidad horizontal máxima es:**

$$V_{hmax} = 20V_s = V_{hmax} = 20 * 0.245 = 4.9 \text{ cm/s} \approx 5$$

Y la velocidad de re suspensión máxima es:

$$V_r = \sqrt{\frac{8k}{f} * g * (\rho_s - \rho) * d} = \sqrt{\frac{8 * 0.04}{0.03} * 9.81(1.5)0.005}$$

$$V_r = 9.3 \text{ cm/s}$$

❖ **Cálculo de los elementos del desarenador**

Vertedero de salida:

$$H_v = \left(\frac{Q}{1.84 * B}\right) = \left(\frac{0.0079}{1.84 * 2.5}\right)^{2/3} = 0.01 \text{ m}$$

$$V_v = \left(\frac{Q}{B * H_v}\right) = \left(\frac{0.0079}{2.5 * 0.01}\right) = 0.32 \text{ m/s}$$

La velocidad sobre la cresta del vertedero debe ser en teoría mayor de 0.3 m/s para poder aplicar en rigor la ecuación del alcance horizontal de la vena vertiente.

Cumpliendo con lo ante mencionado se obtiene:

$$X_s = 0.36(V_v)^{\frac{2}{3}} + 0.60(H_v)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.36 * (0.32)^{\frac{2}{3}} + 0.60 * (0.01)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.21 \text{ m} \quad L_v = 0.35 \text{ m}$$

❖ **Pantalla de salida**

$$\text{Profundidad} = H/2 = 1.5 / 2 = 0.75 \text{ m}$$

$$\text{Distancia al vertedero de salida} = 15 H_v = 15 * 0.01 = 0.15 \text{ m}$$

❖ **Pantalla de entrada**

$$\text{Profundidad} = H/2 = 1.5/2 = 0.75 \text{ m}$$

$$\text{Distancia de la cámara de quietamiento} = L/4 = 7.45 / 4 = 1.86 \text{ m}$$

### ❖ Almacenamiento de lodos

Profundidad máxima=	0.4m
Dist. Pto. de salida a la cámara quietamiento =	$L/3 = 7.45/3 = 2.48\text{m}$
Dist. Pto. De salida al vertedero salida =	$2L/3 = 2(7.45/3) = 4.97$
Pendiente Transversal=	$0.4/B = 0.4/2.5 \times 100 = 16\%$
Pendiente longitudinal (en L/3) =	$0.4/2.48 = 16\%$
Pendiente longitudinal (en 2L/3) =	$0.4/(2/3) = 0.4/4.97 = 8.1\%$

### ❖ Cámara de quietamiento

Profundidad	$H/3 = 1.5/3 = 0.50\text{m}$
Ancho	$B/3 = 2.5/3 = 0.83\text{m}$
Largo (adoptado)	1.m

### ❖ Rebose de la cámara de quietamiento

$$Q_{\text{excesos}} = Q_{\text{II}} - Q = 0.01 - 0.0079 = 0.002\text{m}^3/\text{s}$$

$$H_e = \left( \frac{Q_{\text{excesos}}}{1.84 * L_e} \right)^{2/3} = \left( \frac{0.002}{1.84 * 1} \right)^{2/3} = 0.02 \text{ m}$$

$$V_e = \left( \frac{Q_{\text{excesos}}}{H_v * L_e} \right) = \left( \frac{0.002}{0.03 * 1} \right) = 0.067 = 0.1 \text{ m/s}$$

$$X_s = 0.36(V_e)^{2/3} + 0.60(H_e)^{4/7}$$

$$X_s = 0.36(0.1)^{2/3} + 0.60(0.02)^{4/7}$$

$$X_s = 0.15\text{m}$$

$$L_r = 0.35\text{m}$$

$$\frac{B\text{-ancho}}{2} = 0.83\text{m} > \text{se adopta } 0.83\text{m}$$

### ❖ Perfil hidráulico

Se debe tener en consideración las pérdidas por ampliación de secciones y por el paso por debajo de las pantallas.

### ❖ Pérdidas a la entrada de la cámara de quietamiento

Tomando.  $K=0.1$  debido a la disminución de velocidad

$$H_m = k\Delta \frac{V^2}{2g} \quad V_1 = 1.09 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{0.0079}{0.83 \cdot 0.5} = 0.019 \text{ m/s}$$

$$H_m = 0.1 * \left( \frac{(1.09)^2 - (0.019)^2}{2 \cdot 9.81} \right) = 0.01 \text{ m}$$

### ❖ Pérdida a la entrada de la zona de sedimentación

$$V_1 = 0.019 \text{ m/s}$$

$$V_2 = V_h = 0.003 \text{ m/s}$$

$$H_m = 0.1 * \left( \frac{(0.019)^2 - (0.003)^2}{2 \cdot 9.81} \right) = 0.000 \text{ m}$$

### Cálculo de los diámetros de la tubería de excesos y lavado

❖ **Tubería de excesos:** debido a los caudales, esta tubería resulta siempre de un diámetro mínimo, igual a 4" (10 cm).

❖ **Tubería de lavado:** además del funcionamiento hidráulico de esta tubería, un criterio importante para la selección del diámetro es el tiempo de vaciado del tanque:

$$\text{Cota de entrada del desagüe de lavado} = 510.5 \text{ msnm}$$

$$\text{Cota de la lámina de agua sobre la tubería: } 512.5 - 0.02 = 512.48 \text{ msnm}$$

$$\text{Suponiendo el diámetro mínimo} = 4" (0.102 \text{ m})$$

$$\text{Longitud de la conducción} = 70 \text{ m}$$

$$\text{Altura disponible: } 512.48 - 510.5 = 2.28 \text{ m}$$

$$J = H / L = 2.28 / 70 = 0.033 \text{ m/m}$$

### ❖ Pérdidas en la conducción

$$\text{Entrada normal} = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{Valvula} = 1.1 \text{ m}$$

$$\text{Codo radio corto} = 4.9 \text{ m}$$

Te cambio de dirección = 10 m

Tubería = 70 m

L.E total = 88.5 m

$J = H/L.E = 2.28/88.5 = 0.026 \text{ m/m}$

$Q_{\text{inicial}} = 0.2785 * C * D^{2.63} * J^{0.54}$

$Q_{\text{inicial}} = 0.2785 * 100 * 0.102^{2.63} * 0.026^{0.54} = 0.010 \text{ m}^3/\text{s}$

El tiempo de vaciado se determinó a partir de la ecuación de descarga de un orificio, teniendo en cuenta la tubería de desagüe por lo tanto esta será:

$$Q = C_d * A_o \sqrt{2 * g * H}$$

$$C_d = \frac{0.025 * 4}{\pi * (0.102)^2 * \sqrt{2 * 9.81 * 2.28}} = 0.46$$

$$t_{\text{vaciado}} = \frac{2 * 9.67}{0.46 * \frac{\pi * (0.102)^2}{4} * \sqrt{2 * 9.81}} (2.28)^{\frac{1}{2}} = 1754 \text{ seg} \approx 29.2 \text{ min}$$

#### ❖ Cotas

Cota de batea de la tubería de entrada = 512.00 msnm

Cota de la lámina de agua a la entrada = 512.50 msnm

Cota de la lámina de agua en la cámara de aquietamiento = 512.48 msnm

Cota de la lámina de agua en el sedimentador = 512.48 msnm

Cota de la lámina de agua en la cámara de recolección = 512.31 msnm

Cota de la corona de los muros del sedimentador = 512.20 msnm

Cota del fondo de la cámara de aquietamiento = 512.00 msnm

Cota de batea de la tubería de lavado a la salida = 510.65 msnm

Cota clave de la tubería de lavado a la salida = 512.46 msnm

Cota del fondo de la cámara de recolección = 512.01 msnm

Cota de entrega desagüe de la tubería de lavado = 510.05 msnm

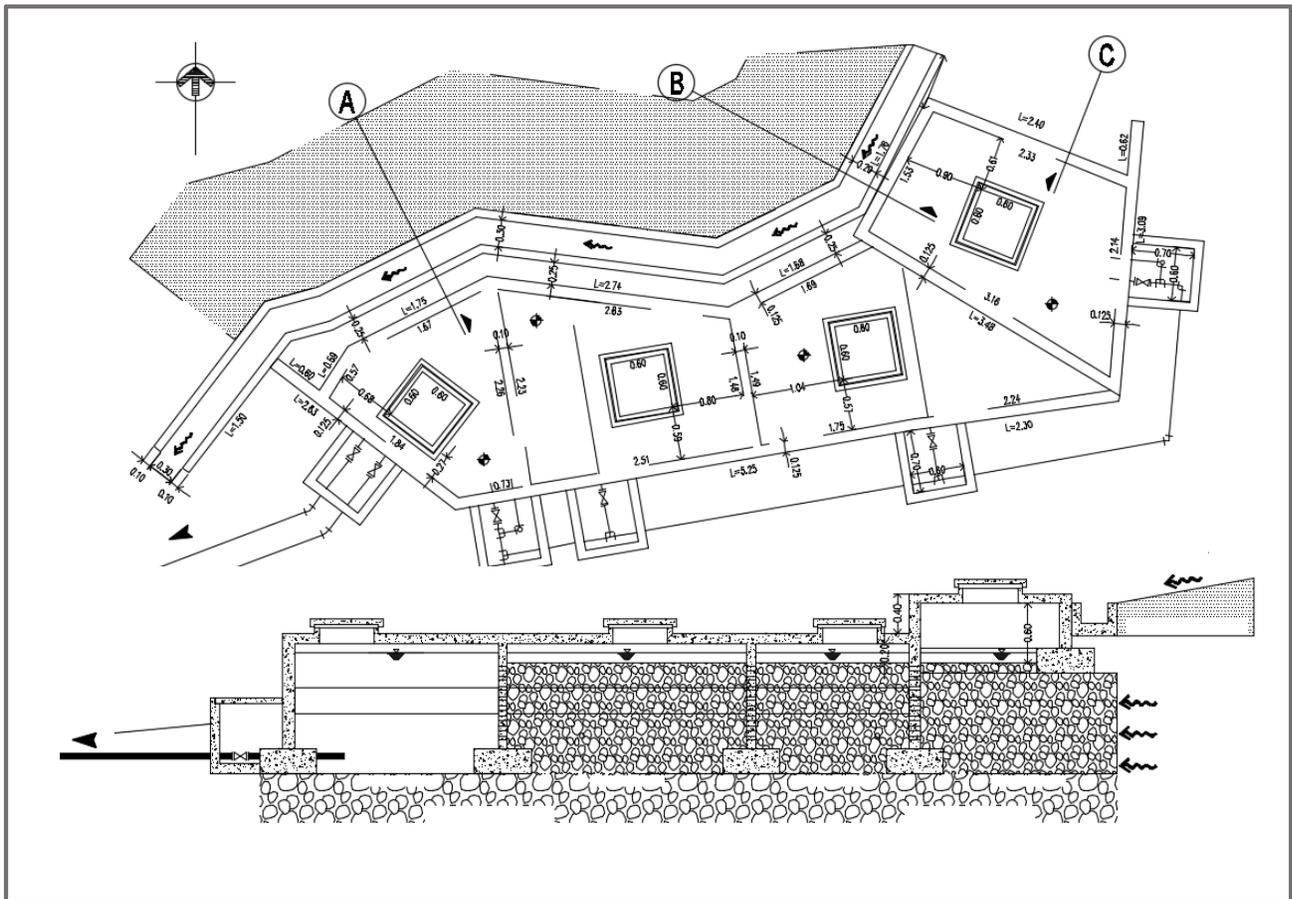
Es necesario señalar que el diseño propuesto contempla obras de protección a fin de evitar daños a la obra de toma en periodo lluvioso. (Ver plano en anexo N° XIV: plano constructivo).

#### 4.4.6. Planta de tratamiento

Conformada por un pre filtro sedimentador de cuatro cámaras, tres cámaras filtrantes con material piedra bolón de 2" a 4", separadas con paredes con orificios de 1 ½" a cada 10 cm en ambas direcciones y una cámara recolectora del agua tratada, donde se conecta la tubería hacia el tanque de almacenamiento.

Para evitar filtrar algas o raíces se propone la construcción de filtros sedimentadores que se rellenarán con piedra de río de Ø2.0 "a 4.0" de diámetro. (Ver detalles en tabla N°16: Detalle de filtros sedimentadores y anexo N° XIII: Diseño de pre filtro.)

Figura N° 6: Planta de tratamiento



Fuente: Elaboracion propia (2019)

**Tabla N° 16: Detalles de filtros sedimentadores**

Descripción de filtro			
Ancho (B)=	0.40		m
Largo (L)=	0.60		m
Alto (H)=	1.55		m
Tirante de agua =	1.20		m
Borde libre =	0.35		m
Capa No 1	0.20	0.00042484	m
Capa No 2	0.35	0.00074347	m
Capa No 3	0.50	0.00106209	m
Sumatoria:	1.05	0.0022304	m

Fuente: Elaboración Propia (2019)

#### 4.4.7. Diseño línea de conducción

La línea de conducción desde la fuente hasta el tanque de almacenamiento tendrá una longitud de 853.15 metros, la que será construida con tubería H°G° de 2 pulg de diámetro, dado que el camino por donde será instalada es un suelo totalmente rocoso.

##### 4.4.7.1. Cálculo del diámetro en las tuberías de conducción

$$D = 0.9 (Q)^{0.45}$$

$$D = 0.9 (0.001 \text{ m}^3/\text{seg})^{0.45}$$

$$D = 0.0402 \text{ m} \rightarrow 1.58'' \rightarrow 2''$$

Q = caudal Máximo Día en  $\text{m}^3/\text{seg}$

D = diámetro de la tubería

##### 4.4.7.2. Cálculos de la velocidad en la tubería de conducción

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

$$V = \frac{4*(0.001 \frac{\text{m}^3}{\text{s}})}{\pi*(0.0508)^2} = V = 0.16 \text{ m/s}$$

#### 4.4.7.3 Cálculo de golpe de ariete

$$a_0 = \sqrt{\frac{k}{\rho}} = \sqrt{\frac{2.03 \times 10^9 \text{ N/m}^2}{1000 \text{ kg/m}^3}} = a_0 = 1425 \text{ m/s}$$

$$a = \frac{\sqrt{\frac{k}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{k \cdot D}{E \cdot \delta}}} = a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{2.03 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \cdot 0.0508}{2.9 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \cdot 0.0023}}} = a = 351.17 \text{ m/s}$$

#### 4.4.7.4. Cálculo de la sobrepresión por el golpe de ariete

$$h = \frac{a \cdot v}{g} = h = \frac{351.17 \cdot 0.71}{9.81} = h = 25.41 \text{ m/s}$$

**Tabla N° 17: Composición de tubería para línea de conducción**

Diámetro (mm)	Diámetro (pulg)	Material	Longitud (m)
50	2"	H°G°	852.148
Longitud Total de tubería LC			852.148

Fuente: Elaboración propia (2019)

Para un funcionamiento óptimo de la línea de conducción, adicionalmente a la tubería antes descrita, se deberá instalar:

- ✓ 2 Válvulas de limpieza de 50" mm (2") para evitar que las partículas obstruyan la tubería.
- ✓ 2 Válvulas de aire y vacío de 12.5 mm (1/2").

#### 4.4.8. Almacenamiento

##### 4.4.8.1. Cálculo de tanque de almacenamiento

**Tabla N° 18: Cálculo de volumen del tanque**

CPD	40123.23	l/d	V=35% CPD
Volumen total de almacenamiento	14043.13	l/d	
	14.04	m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia (2019)

**Tabla N° 19: Dimensiones del tanque**

Altura del tanque	2.5	m	h= V/3 + K
Sección transversal del tanque	2.7	m	
Área del tanque	7.29	m <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia (2019)

Se propone un tanque de almacenamiento de mampostería (concreto ciclópeo), sobre el suelo con capacidad de 14,040 litros. Según las normativas de saneamiento rural NTON 09 002-99 (sección 8. 4. 1.), para los tanques de mampostería la altura máxima recomendada es de 2.50 m, por ello consideramos esta altura.

Se deberá de construir un tanque de almacenamiento nuevo de piedra bolón con una capacidad de 3709 galones. El tanque estará ubicado en las coordenadas 619111, 1402856 a una cota topográfica de 503 msnm. (Ver plano en anexo N° XIV: Plano Constructivos.)

Según las normas rurales el tanque de almacenamiento deberá satisfacer las siguientes condiciones:

- El volumen compensador se estima al 15% del consumo promedio diario.
- El volumen de reserva se estima al 20% del consumo promedio diario.
- Altura máxima de tanque de almacenamiento será de 2.50 m.

Tomando en cuenta todas estas condiciones se logran obtener los resultados cumpliendo con lo requerido. (Ver Plano Anexo N° XIV: Plano Constructivos.)

Existen 16 viviendas ubicadas en una cota superior a la del tanque, a las que no se les podrá dar nivel de servicio de conexión domiciliar, sin embargo, se prevé dar cobertura por medio de puestos públicos.

#### **4.4.8.2. Dimensiones del tanque**

Volumen de almacenamiento:  $14.04 m^3$

Altura del tanque: 2.5 m

Altura de rebose: 0.30 m

#### **4.4.7. Diseño red de distribución**

Se propone una red conformada de 2,887.64 metros de 2" PVC SRD 26 y 328.75 m de 1 ½ " PVC SRD 26 para la distribución domiciliar, de acuerdo a los estudios de investigación de tipo de suelo en la zona los cuales son arcilloso, fácil de excavar por lo que se recomienda instalar las tuberías a 1.20 mts sobre la corona de la tubería de acuerdo con la normativa. (Ver Planos en Anexo N° XI: planos constructivos).

En los análisis realizados se pueden observar que las presiones en la mayoría de los nodos están dentro del orden de la normativa. Las velocidades en las tuberías están por debajo de la normativa, sin embargo, se trata de tuberías principales o tubería que se proponen con diámetro mínimo de 2". Véase anexo N° X: Análisis de parámetros De velocidad y presión de la Red.

#### **4.4.8 Sin Consumo de la red**

Esta condición de análisis simula a la red de distribución trabajando con los caudales cero, la condición sin consumo es donde se presentan las presiones más altas en la red y nos permite prever la capacidad que tienen que tener las tuberías para soportar las presiones esperadas o bien los cambios requeridos en el sistema para reducir las presiones de trabajo en la red.

Se puede observar que las presiones en la red están dentro del rango establecido para zonas rurales, la presión mínima obtenida es de 1.75 m y la presión máxima es de 37.75 m en el punto más bajo del sistema.

#### **4.4.9. Análisis hidráulico del sistema con EPANET**

Los resultados obtenidos del sistema hidráulico, permitieron conocer, analizar y comprobar los diferentes elementos como: diámetros, longitudes, tuberías de PVC y de hierro galvanizado, en función de los resultados obtenidos como fueron las velocidades y presiones del sistema. Ver anexo X: Análisis de parámetros de velocidad y presión de la red.

La red de distribución es de tubería PVC de 2" pulg SDR 26 en la red principal. En los ramales, los nodos (N3, N15, NLC52, N58, NLC62, NLC63, NLC64) las presiones están por debajo de lo establecido en las normas rurales y se usara accesorios (Válvulas de admisión y expulsión de aire, válvulas de No retorno), en algunos de estos nodos dicha velocidad está por debajo debido a topes de ramales.

Con relación a las velocidades, se evidencia la necesidad de colocar válvulas de limpieza para prevenir la acumulación de sedimentos, pues la gran mayoría de las tuberías presenta velocidades por debajo de los 0.4 m/s establecidos por norma del INAA. Ver anexo X: Análisis de parámetros de velocidad y presión de la red.

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.

Con respecto a los diámetros se obtuvo:

ØMáx: 56.39 mm

ØMin: 44.6 mm

De los cuales 853.15 metros de tubería H°G° de 2" (56.39 mm) de la línea de conducción, 2,887.64 metros de tubería PVC SDR 26 2" (55.37 mm) y 328.75 metros de tubería PVC SDR 26 1 ½" de la red de distribución.

**Tabla N° 20: Análisis de parámetros de línea conducción**

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Estado
	m	mm		LPS	m/s	m/km		
Tubería TC23	290.85	44.62	130	0.15	0.1	0.41	0.039	Abierto
Tubería TC61	141.31	56.39	130	-1.79	0.72	12.83	0.028	Abierto
Tubería TC62	61.58	56.39	130	-1.79	0.72	12.83	0.028	Abierto
Tubería TC63	100.03	56.39	130	-1.79	0.72	12.83	0.028	Abierto
Tubería TC64	181.22	56.39	130	-1.79	0.72	12.83	0.028	Abierto
Tubería TC65	71.20	56.39	130	-1.79	0.72	12.83	0.028	Abierto
Tubería TC66	11.93	56.39	130	-1.79	0.72	12.83	0.028	Abierto
Tubería TC67	41.08	56.39	130	-1.79	0.72	12.83	0.028	Abierto
Tubería TC68	131.59	56.39	130	-1.79	0.72	12.83	0.028	Abierto
Tubería TC69	42.96	56.39	130	-1.79	0.72	12.84	0.028	Abierto
Tubería TC70	33.47	56.39	130	-1.79	0.72	12.83	0.028	Abierto
Tubería TC71	36.74	56.39	130	1.79	0.72	12.83	0.028	Abierto

Fuente: Elaboración Propia (2019)

**Tabla N° 21: Análisis de parámetros de la red de distribución**

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Estado
	m	mm		LPS	m/s	m/km		
Tubería T1	58	55.37	150	0	0	0	0	Abierto
Tubería T3	182.29	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.036	Abierto
Tubería T4	64.81	55.37	150	0.56	0.23	1.23	0.025	Abierto
Tubería T5	131.49	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.036	Abierto
Tubería T6	114.57	55.37	150	0.45	0.19	0.85	0.026	Abierto
Tubería T7	83.55	55.37	150	0.4	0.17	0.68	0.026	Abierto
Tubería T8	159.15	55.37	150	0.35	0.15	0.53	0.027	Abierto
Tubería T9	9.93	55.37	150	0.3	0.13	0.4	0.028	Abierto
Tubería T10	12.16	55.37	150	0.3	0.13	0.4	0.028	Abierto
Tubería T11	78.98	55.37	150	0.3	0.13	0.4	0.028	Abierto
Tubería T12	65.89	55.37	150	0.3	0.13	0.4	0.028	Abierto
Tubería T13	79.16	55.37	150	0.3	0.13	0.4	0.028	Abierto
Tubería T14	30.53	55.37	150	0.3	0.13	0.4	0.028	Abierto
Tubería T17	22.06	55.37	150	-0.61	0.25	1.45	0.025	Abierto
Tubería T18	110.63	55.37	150	2.38	0.99	18.28	0.02	Abierto
Tubería T19	85.27	55.37	150	2.18	0.91	15.52	0.021	Abierto
Tubería T20	54.24	55.37	150	2.18	0.91	15.52	0.021	Abierto
Tubería T22	70.05	44.6	150	0.25	0.16	0.82	0.028	Abierto
Tubería T25	9.49	55.37	150	1.56	0.65	8.37	0.022	Abierto
Tubería T26	22.83	55.37	150	1.56	0.65	8.37	0.022	Abierto
Tubería T28	16.38	55.37	150	1.26	0.52	5.62	0.022	Abierto
Tubería T30	10.1	55.37	150	1.16	0.48	4.82	0.023	Abierto
Tubería T31	46.21	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.036	Abierto
Tubería T32	85.58	55.37	150	1.01	0.42	3.72	0.023	Abierto
Tubería T33	108.93	55.37	150	0.35	0.15	0.53	0.027	Abierto
Tubería T34	35.67	44.6	150	0.25	0.16	0.82	0.027	Abierto
Tubería T35	14.71	55.37	150	0.1	0.04	0.05	0.031	Abierto
Tubería T36	10.86	55.37	150	0.15	0.06	0.11	0.03	Abierto
Tubería T37	60.45	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.037	Abierto
Tubería T38	37.27	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.037	Abierto
Tubería T39	79.16	55.37	150	0.1	0.04	0.05	0.032	Abierto
Tubería T43	55.86	55.37	150	0.1	0.04	0.05	0.033	Abierto
Tubería T44	36.67	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.035	Abierto
Tubería T45	13.02	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.035	Abierto

Fuente: Elaboración Propia (2019)

**Tabla N° 22: Análisis de parámetros de la red de distribución(Continuación)**

ID Línea	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.	Factor de Fricción	Estado
	m	mm		LPS	m/s	m/km		
Tubería T46	77.86	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.037	Abierto
Tubería T47	70.51	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.035	Abierto
Tubería T48	51.767	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.036	Abierto
Tubería T49	11.19	55.37	150	0.66	0.27	1.68	0.025	Abierto
Tubería T50	13.67	55.37	150	0.66	0.27	1.67	0.025	Abierto
Tubería T51	8.67	55.37	150	0.66	0.27	1.67	0.025	Abierto
Tubería T52	35.21	55.37	150	0.15	0.06	0.11	0.03	Abierto
Tubería T53	46.76	55.37	150	0.1	0.04	0.05	0.033	Abierto
Tubería T54	63.64	55.37	150	0.5	0.21	1.03	0.026	Abierto
Tubería T55	89.59	44.6	150	0.05	0.03	0.04	0.035	Abierto
Tubería T56	146.36	55.37	150	0.45	0.19	0.85	0.026	Abierto
Tubería T57	39.06	55.37	150	0.25	0.1	0.29	0.028	Abierto
Tubería T58	55.73	55.37	150	0.25	0.1	0.28	0.028	Abierto
Tubería T59	84.65	55.37	150	0.1	0.04	0.05	0.032	Abierto
Tubería T60	82.86	55.37	150	0.05	0.02	0.01	0.037	Abierto
Tubería T72	70.886	55.37	150	-0.05	0.02	0.01	0.036	Abierto
Tubería T73	11.142	55.37	150	-0.1	0.04	0.05	0.033	Abierto
Tubería T74	45.113	44.6	150	-0.15	0.1	0.32	0.03	Abierto
Tubería T75	21.989	44.6	150	-0.25	0.16	0.82	0.027	Abierto
Tubería T76	21.792	44.6	150	-0.46	0.29	2.49	0.025	Abierto
Tubería T77	26.494	44.6	150	-0.36	0.23	1.58	0.026	Abierto
Tubería T78	24.691	55.37	150	1.61	0.67	8.88	0.021	Abierto
Tubería T79	23.731	55.37	150	-1.56	0.65	8.37	0.022	Abierto
Tubería T80	19.02	55.37	150	0.1	0.04	0.05	0.033	Abierto
Tubería T81	18.055	44.6	150	0.05	0.03	0.04	0.035	Abierto

Fuente: Elaboración Propia (2019)

**Tabla N° 23: Análisis de parámetros de nodos de línea de conducción**

ID Nudo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión NLC50	498	0.15	513.88	15.88
Conexión NLC51	499	0	504.86	5.86
Conexión NLC52	502	0	505.65	3.65
Conexión NLC59	498.5	0	510.18	11.68
Conexión NLC60	504	0	510.33	6.33
Conexión NLC61	505.4	0	510.86	5.46
Conexión NLC62	510.5	0	512.55	2.05
Conexión NLC63	510	0	513.1	3.1
Conexión NLC64	511	0	513.53	2.53
Conexión NLC65	500	0	506.94	6.94
Conexión NLC66	495.2	0	509.26	14.06

Fuente: Elaboración Propia (2019)

**Tabla Nº 24: Análisis de parámetros de nodos de red distribución**

ID Nudo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión C-1.1	473.25	0	502.7	29.45
Conexión C-1.2	473.5	0	502.69	29.19
Conexión C-2.1	477.2	0	498.44	21.24
Conexión C-2.2	476.5	0	498.37	21.87
Conexión C-3.1	470.5	0	497.65	27.15
Conexión C-3.2	470.8	0	497.65	26.85
Conexión C-4.1	465.8	0	497.7	31.9
Conexión C-4.2	465.3	0	497.67	32.37
Conexión N2	494.5	0.05	503.02	8.52
Conexión N3	501.3	0	503.02	1.72
Conexión N4	489.5	0.05	502.94	13.44
Conexión N5	488.5	0.05	502.94	14.44
Conexión N6	478.85	0.05	502.84	23.99
Conexión N7	473.1	0.05	502.78	29.68
Conexión N8	476.5	0.05	502.7	26.2
Conexión N9	474.8	0	502.66	27.86
Conexión N10	481.6	0	502.63	21.03
Conexión N11	487.5	0	502.6	15.1
Conexión N12	491.1	0.3	502.59	11.49
Conexión N15	500.5	0	503.05	2.55
Conexión N16	488	0.2	501.03	13.03
Conexión N17	487.2	0	499.7	12.5
Conexión N18	482.4	0.11	498.86	16.46
Conexión N19	483.5	0.11	498.77	15.27
Conexión N20	483	0.25	498.71	15.71
Conexión N22	478.15	0.05	498.17	20.02
Conexión N23	482	0.1	498.14	16.14
Conexión N24	476.7	0	498.08	21.38

Fuente: Elaboración Propia (2019)

**Tabla Nº 25: Análisis de parámetros de nodos de red distribución  
(Continuación)**

ID Nudo	Cota	Demanda	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión N25	477.5	0.05	498.08	20.58
Conexión N26	475.8	0.1	498.03	22.23
Conexión N27	474.7	0.05	498.03	23.33
Conexión N28	466.8	0	497.72	30.92
Conexión N29	471	0	497.66	26.66
Conexión N30	474.5	0	497.63	23.13
Conexión N31	474.3	0.1	497.63	23.33
Conexión N32	475.1	0.05	497.63	22.53
Conexión N33	476.3	0.05	497.63	21.33
Conexión N34	476.1	0.05	497.63	21.53
Conexión N35	472.9	0	497.65	24.75
Conexión N36	474.6	0.05	497.65	23.05
Conexión N37	476.2	0	497.65	21.45
Conexión N38	483.5	0	497.65	14.15
Conexión N39	482	0.05	497.65	15.65
Conexión N40	465.9	0	497.66	31.76
Conexión N41	467.7	0.05	497.66	29.96
Conexión N42	466	0.1	497.65	31.65
Conexión N43	474.7	0	497.59	22.89
Conexión N44	481.3	0.05	497.59	16.29
Conexión N45	475.8	0.15	497.47	21.67
Conexión N46	467.7	0.05	497.47	29.77
Conexión N47	476.5	0	497.46	20.96
Conexión N48	476.5	0.15	497.44	20.94
Conexión N49	475.6	0.1	497.44	21.84
Conexión N53	482	0.1	498.81	16.81
Conexión N54	479.5	0.05	498.64	19.14
Conexión N55	482	0.05	498.14	16.14
Conexión N56	478	0.1	498.16	20.16
Conexión N57	477	0.05	498.08	21.08
Conexión N58	482.2	0	497.65	15.45
Embalse FuentePrinc.	514	-1.94	514	0
Depósito Tanque1	503	-1.2	503.05	0.05

Fuente: Elaboración Propia (2019)

#### 4.4.10. Sistema de desinfección

Dada la calidad de las aguas de la quebrada para la desinfección del agua como medida profiláctica, se recomienda la aplicación de cloro. La característica principal del cloro para su uso como desinfectante es su presencia continua en el agua como cloro residual. Además, el cloro no solo actúa como desinfectante, sino que también reacciona con otros elementos presentes en el agua, como amoníaco, hierro, manganeso y otras sustancias productoras de olores y sabores, mejorando la calidad del agua.

#### 4.4.11. Dosificación del sistema

Para desinfectar el agua se propone la instalación de un equipo hidráulico de dosificación automática de cloro por medio de pastillas (tricloro), tipo en línea, con carga de 8 pastillas de 3" y capacidad de 2 kg. El equipo consistirá en un recipiente hermético, que se coloca en la tubería de salida del tanque y donde se hace pasar todo el flujo de agua a través de las pastillas (tricloro). Es de fácil uso, su concentración es del 90%, es de disolución lenta porque se libera de forma gradual, dura más tiempo y mantiene el PH en el agua.

**Figura N° 7: Clorinador automático**



Fuente: Modificado por autores (2019)

El tiempo de uso de pastillas depende del caudal que pase por el sistema; a mayor caudal, mayor desgaste de las pastillas; por lo que se recomienda rellenar el clorinador una vez por semana. Este proceso es sencillo y fácil para comunidades rurales y es ideal en el caso de esta comunidad ya que no requiere energía eléctrica.

#### **4.5. Elaboración de planos**

Se realizaron los planos de los diferentes elementos que componen el diseño hidráulico con sus respectivos detalles, mediante los resultados obtenidos del análisis en EPANET.

Cumpliendo con las respectivas especificaciones técnicas recomendadas de las Normas obligatorias nicaragüenses (NTON). Ver Anexo XI: Planos constructivos.

#### **4.6. Estudio técnico**

##### **4.6.1. Sistema de saneamiento**

Es importante mencionar que con la construcción del sistema de abastecimiento y las letrinas contribuye a resolver un problema ambiental y a mejorar la calidad de vida de la población, por lo que la calidad ambiental de la comunidad se beneficia en todo sentido.

##### **4.6.1.1. Situación de saneamiento e higiene**

De acuerdo a la verificación de datos en campo el 79% (49) de las viviendas no tienen letrina y/o utilizan la del vecino (este dato incluye las casas deshabitadas, en construcción, iglesia y escuela), solamente el 21% (13) de las viviendas tienen letrinas en mal estado.

##### **4.6.1.2. Desechos sólidos**

Los desechos sólidos, no tienen ningún tratamiento específico, sino que la gran mayoría la amontonan en los patios para después quemarla o enterrarla.

#### **4.6.1.3. Demanda de saneamiento**

Conforme a la encuesta socioeconómica realizada, se determinó que la demanda total en saneamiento en la comunidad es de 62 unidades sanitarias que se desglosan de la manera siguiente:

- 49 unidades que durante la encuesta se verificaron que no cuentan con ninguna opción de saneamiento.
- 13 unidades que cuentan pero que están en muy malas condiciones.

#### **4.6.1.4 Alternativas de saneamiento**

Principalmente se verificó el ambiente de la comunidad y los parámetros analizados en dicha Valoración se consideraron:

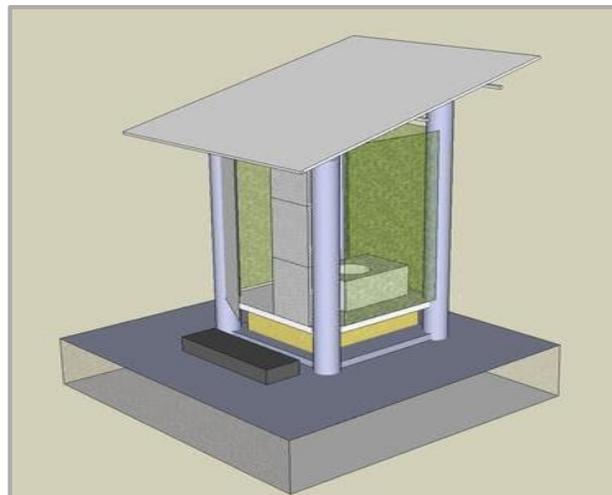
- Disponibilidad de agua en cantidades suficientes y permanentes.
- Características geotécnicas de los suelos.
- Permeabilidad y Tasa de infiltración de los suelos.
- Profundidad del nivel freático, riesgo de contaminación de las fuentes de aguas y obras de agua potable.
- Aplicación de la Evaluación del emplazamiento, análisis ambiental y otros instrumentos ambientales aplicables.

También se verificó la opción de saneamiento con que cuentan estas familias es generalmente tradicional por lo tanto se propone con forma la (NTON 09002-99, Parte II: 7.4.6 pág. 45)

Letrinas estándar elevada de fosa revestida, con banco (anatómicamente confortable) de concreto, plástico o fibra de vidrio, con tapa y con separación de orina; con descarga a un foso excavado parcialmente a partir del nivel natural del terreno y revestido totalmente. Ver Figura N° 8; (Ver Planos en Anexo N° XI: Plano Constructivos.)

- En algunos casos se construirán letrinas elevadas cuando el nivel freático en invierno es muy somero (0.00 a 0.50 m) o cuando los suelos en estado natural sean extremadamente arcillosos, (sonsocuite) o muy inestables (arenosos o gravosos).
- La plataforma o piso de las letrinas se deberá elevar a un mínimo de 0.20 centímetros sobre el nivel máximo esperado de inundación, construyendo rampas hacia los lados o gradas, según el caso.
- Si en la excavación del foso para la letrina se encuentra roca agrietada o suelos calcáreos, se debe impermeabilizar las paredes y el fondo del foso con una lechada de cemento con arena, para impedir la contaminación del agua subterránea.
- La letrina debe ser construida alejada de la vivienda, usando en cada caso para las casetas, los materiales de cerramiento correspondientes a la opción básica (estructura metálica y forro de zinc liso). Las viviendas deberán disponer de terrenos suficientes que permita la ubicación de la letrina como mínimo, a 5 metros de la vivienda.

**Figura Nº 8: Diseño de letrina**



Fuente: Elaboración propia (2019)

A partir de este análisis se definió implementar una solución global desconcentrada con soluciones básicas individuales o compartidas.

### 1. Soluciones Secas: Letrina seca elevada revestida.

**Condiciones para su implementación:**

**Tabla N° 26: Aplicación soluciones secas**

No.	Concepto	Cumple	No cumple	Observaciones
1	Las viviendas o comunidad, no cuentan con un suministro de agua suficiente y permanente.		X	El proyecto a construir suministrará agua suficiente y permanente.
2	Los suelos investigados exhiben tasas de infiltración efectivas nulas o menores que 10 litros/m <sup>2</sup> /día.	X		El tipo de suelo predominante en la comunidad es arcilloso, rocoso y combinado (arcilla con bolones).
3	Las fuentes de agua (pozos excavados, perforados o corrientes de agua superficial), se encuentran a distancias mayores que 20 metros del punto de localización final de la letrina.	X		
4	El terreno donde se construirá la letrina está libre de riesgo de inundaciones, derrumbes o anegamiento periódico.	X		
5	La vivienda cuenta con suficiente espacio para garantizar una separación mínima con relación a la vivienda de no menos de 5 metros.	X		
6	Las soluciones de arrastre hidráulico no resultan viables técnicas ni económicamente.	X		

Fuente: Elaboración propia (2019)

## 2. Soluciones Húmedas: SI-1 Sistema integral para tratamiento de aguas residuales

Condiciones para su implementación:

**Tabla N° 27: Aplicación soluciones húmedas**

No.	Concepto	Cumple	No cumple	Observaciones
1	Las viviendas contarán con un suministro de agua suficiente y permanente.	X		
2	El Nivel Freático (NF) se encuentra a una profundidad mayor o igual que 9 metros.		X	El nivel freático (NF) en la comunidad se localiza a 3 mts en verano y 0.5 en invierno.
3	Los suelos investigados exhiben tasas de infiltración efectivas iguales o mayores que 10 litros/m2/día.		X	El tipo de suelo predominante en la comunidad es arcilloso, rocoso y combinado (arcilla con bolones). Con alto índice de plasticidad. En invierno dado la impermeabilidad del terreno existe saturación de los mismos.
4	Las fuentes de agua (pozos excavados, perforados o corrientes de agua superficial), se encuentran a distancias mayores que 20 metros del punto de localización final del pozo séptico.	X		
5	El terreno donde se construirá el pozo séptico está libre de riesgo de inundaciones, derrumbes o anegamiento periódico.	X		Los patios de los protagonistas no poseen las dimensiones adecuadas para implementar alguna solución de tratamiento.
6	Las familias beneficiadas aportan el ambiente necesario para la instalación de los aparatos sanitarios (inodoro + lavamanos), preferiblemente dentro de la vivienda.		X	
7	Las familias ya cuentan con lavaderos, duchas o están dispuestos a proporcionarlos	X		La mayoría de familias cuentan con lavaderos. No cuentan con duchas y han expresado su disposición a proporcionarlos.

Fuente: Elaboración propia (2019)

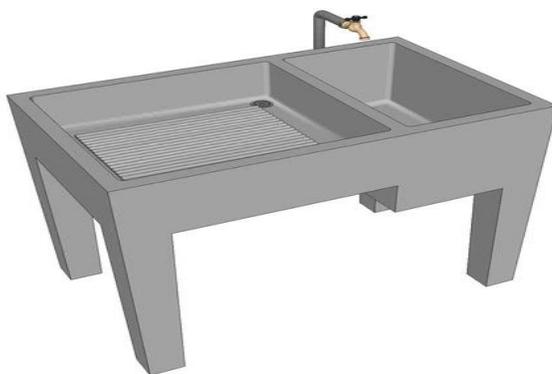
Como se puede observar en el cuadro de valoración de condiciones de implementación de ambas alternativas, la opción de Saneamiento a través de Solución Seca (letrina elevada seca revestida) presenta mejores condiciones técnicas para su ejecución que la opción de saneamiento a través de solución húmeda (SI-1 sistema integral para tratamiento de aguas residuales) entre las que se pueden mencionar:

- En el área de Influencia del proyecto el NF (nivel freático) es menor que 6.00 mts, en el área del proyecto el nivel freático es de 3 mts.
- El tipo de suelo predominante en la comunidad es arcilloso y rocoso.
- Los patios de las viviendas de los protagonistas no presentan el espacio requerido para la construcción de sistemas de tratamiento.

#### 4.6.2. Higiene

A partir de la información obtenida en la encuesta socioeconómica y la verificación de campo, se determinó que la mayoría de la población no practica el lavado de manos, esto debido a aspectos culturales, falta de capacitación, y a la vez porque no disponen de una infraestructura adecuada. Por lo cual se propone un dispositivo que consiste en un lavadero de concreto de fabricación nacional, colocado en una base de concreto, las aguas grises provenientes de los quehaceres domésticos se depositaran en un foso de absorción. (Ver figura N° 9; ver planos en anexo N° XI: plano constructivo.)

**Figura N° 9: Diseño de lavadero**



Fuente: Elaboración Propia (2019)

#### 4.7. Presupuesto del Proyecto

El costo de inversión para la ejecución del proyecto del sistema mini acueducto por gravedad (MAG) es de **C\$ 7, 844,023.05** (Siete millones ochocientos cuarenta y cuatro mil veintitrés córdobas con cinco centavos), equivalente a **\$ 222,101.82** (Doscientos veintidós mil ciento un dólares con ochenta y dos centavos); empleando tasa de cambio al 31 de Julio 2021, de 35.2273 C\$ por 1 \$. Se tomó en cuenta precios aproximados actualmente basados en precios que mantiene y actualiza el Nuevo FISE llamado guía de catálogo de costos unitarios primarios, donde en cada actividad se le incluye la mano de obra y transporte. Tabla N° 28: Resumen del costo del proyecto.

**Tabla N° 28: Resumen del costo del proyecto**

ETAPA	DESCRIPCION	COSTO
195	MEDIDAS DE MITIGACION Y PREVENCIÓN AMBIENTAL	C\$ 121,942.45
310	PRELIMINARES	C\$ 198,663.21
320	LINEA DE CONDUCCIÓN	C\$ 1,070,928.94
330	RED DE DISTRIBUCCÓN	C\$ 1,446,909.78
335	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	C\$ 634,207.49
340	FUENTE Y OBRAS DE CAPTACIÓN	C\$ 320,344.13
360	PLANTA DE PURIFICACIÓN	C\$ 8,143.60
350	CONEXIONES	C\$ 333,207.51
650	PUESTO PÚBLICO (UNIDAD SANITARIA)	C\$ 86,255.77
370	LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA	C\$ 84,876.13
<b>SUB TOTAL DE AGUA POTABLE</b>		<b>C\$ 4,305,479.01</b>
505	LETRINAS ELEVADAS	C\$ 1,212,873.26
499	SISTEMAS DE SANEAMIENTO	C\$ 149,604.26
<b>SUB TOTAL DE SANEAMIENTO E HIGIENE</b>		<b>C\$ 1,362,477.52</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO SIN INCLUIR IMPUESTOS</b>		<b>C\$ 5,667,956.53</b>
<b>FACTOR DE VENTA</b>		<b>1.19</b>
<b>PRECIO TOTAL DE VENTA (EN CORDOBAS)</b>		<b>C\$ 6,744,868.27</b>
<b>IVA (IMPUESTO VALOR AGREGADO) 15%</b>		<b>C\$ 1,011,730.24</b>
<b>IMPUESTO DE LA MUNICIPALIDAD 1.0%</b>		<b>C\$ 67,448.68</b>
<b>TOTAL ESTIMADO</b>		<b>C\$ 7,824,047.20</b>
<b>TASA DE CAMBIO (DÓLAR)</b>		<b>C\$ 35.2273</b>
<b>TOTAL ESTIMADO EN DÓLARES</b>		<b>\$ 222,101.82</b>

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla Nº 29: Costo de proyecto etapa (mitigación y prevención ambiental y preliminares)

COD.	DESCRIPCIÓN	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	
<b>195</b>	<b>MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN AMBIENTAL</b>	<b>Glb</b>										<b>121,942.45</b>
PPIA	REFORESTACIÓN Y/O PROTECCIÓN DE LA FUENTE DE AGUA	GLB	1.00	48,000.00	48,000.00	0.00	0.00	48,000.00	0.00	0.00	48,000.00	48,000.00
PPIA	MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE	GLB	1.00	20,000.00	20,000.00	0.00	0.00	20,000.00	0.00	0.00	20,000.00	20,000.00
95408	PLANTA VETIVER (RAIZ AROMATICA) PARA REVEGETAR SUELO	c/u	600.00	31.41	24.54	19.63	6.87	4.91	11,777.47	4,122.12	2,944.37	18,843.96
94635	GAVIÓN CAJA DE MALLA ABERTURA HEXAGONAL A DOBLE TORSIÓN TIPO 8x10mm DE Ancho=1.00m,Largo=2.00m,Alto=1.00m +PIEDRA BOLON (NO INCL. ACARREO DE P.BOLÓN)	m3	20.00	1,754.92	1,371.04	1,096.83	383.89	274.21	21,936.56	7,677.80	5,484.14	35,098.50
<b>310</b>	<b>PRELIMINARES</b>											<b>198,663.21</b>
<b>31001</b>	<b>LIMPIEZA INICIAL</b>	<b>m²</b>										<b>76,092.17</b>
92224	LIMPIEZA MANUAL INICIAL	m²	3,909.18	19.47	19.47	0.00	0.00	19.47	0.00	0.00	76,092.17	76,092.17
<b>31002</b>	<b>TRAZO Y NIVELACIÓN</b>	<b>m</b>										<b>122,571.05</b>
92806	TRAZO Y NIVELACIÓN PARA TUBERIAS (INCL. ESTACAS DE MADERA + MANO DE OBRA TOPOGRAFÍA)	m	5,155.30	23.78	18.57	14.86	5.20	3.71	76,606.90	26,812.42	19,151.73	122,571.05

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla N° 30: Costo de proyecto etapa (Línea de conducción)

COD.	DESCRIPCION	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	
<b>320</b>	<b>LÍNEA DE CONDUCCIÓN</b>											<b>1,070,928.94</b>
<b>32015</b>	<b>TUBERÍA DE 2" DE DIÁMETRO</b>	<b>m</b>										<b>984,371.30</b>
92853	TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2" (NO INCL. EXCAVACIÓN)	m	853.15	897.21	700.94	560.75	196.26	140.19	478,406.66	167,442.33	119,601.67	765,450.66
2500	BLOQUE SOPORTE DE CONCRETO DE 3000 PSI DE 0.30mx0.30mx0.60m PARA TUBOS EN LÍNEA CONDUCCIÓN	c/u	285.00	768.14	600.11	480.09	168.03	120.02	136,825.40	47,888.89	34,206.35	218,920.64
<b>32023</b>	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA Diám.= HASTA 4", L= HASTA 300 m PARA PROY. A. P.	c/u	3.00	625.76	488.88	391.10	136.89	97.78	1,173.31	410.66	293.33	1,877.29
<b>32025</b>	<b>VÁLVULAS Y ACCESORIOS</b>											<b>84,680.35</b>
94980	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2"X45° EXTREMOS ROSCABLES	c/u	3.00	491.83	384.25	307.40	107.59	76.85	922.19	322.77	230.55	1,475.50
94979	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2"X90° EXTREMOS ROSCABLES	c/u	1.00	352.31	275.25	220.20	77.07	55.05	220.20	77.07	55.05	352.31
96455	TEE DE H <sup>0</sup> G <sup>a</sup> Diám.=2"x 2" x 2"	c/u	2.00	759.69	593.51	474.81	166.18	118.70	949.62	332.37	237.40	1,519.39
95098	VÁLVULA DE AIRE Y VACIO DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" CON SUS ACCESORIOS	c/u	2.00	25,850.16	20,195.44	16,156.35	5,654.72	4,039.09	32,312.70	11,309.45	8,078.18	51,700.33
3631	VÁLVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2"+1.56m DE TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Y 4 BLOQUES DE REACCIÓN DE CONCRETO PARA LIMPIEZA	c/u	2.00	14,165.98	11,067.17	8,853.74	3,098.81	2,213.43	17,707.47	6,197.61	4,426.87	28,331.95
92170	BLOQUE DE REACCIÓN DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/u	8.00	162.61	127.04	101.63	35.57	25.41	813.04	284.56	203.26	1,300.87

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla Nº 31: Costo de proyecto etapa (Red de distribución)

COD.	DESCRIPCION	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	
<b>330</b>	<b>RED DE DISTRIBUCIÓN</b>											<b>1,446,909.78</b>
<b>33001</b>	EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO NATURAL	m³	2,478.24	102.78	102.78	0.00	0.00	102.78	0.00	0.00	254,701.61	254,701.61
<b>33009</b>	RELLENO Y COMPACTACIÓN MANUAL	m³	2,478.24	118.04	92.22	73.77	25.82	18.44	182,829.48	63,990.32	45,707.37	292,527.17
<b>33014</b>	<b>TUBERÍA DE 1 1/2" DE DIÁMETRO</b>	<b>m</b>										<b>796,201.74</b>
96166	TUBERIA DE PVC Diám.=1 1/2" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACIÓN)	m	3,401	98.09	76.63	61.31	21.46	15.33	208,520.37	72,982.13	52,130.09	333,632.59
95850	TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=1½" (NO INCL. EXCAVACIÓN)	m	852.148	536.15	418.87	335.09	117.28	83.77	285,548.66	99,942.03	71,387.16	456,877.85
92170	BLOQUE DE REACCIÓN DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/u	35.00	162.61	127.04	101.63	35.57	25.41	3,557.06	1,244.97	889.27	5,691.30
<b>33015</b>	TUBERÍA DE PVC Diám.=2" (SDR-26) (NO INCL. EXCAVACIÓN) (JUNTA CEMENTADA)	m	8	134.73	105.26	84.21	29.47	21.05	673.66	235.78	168.41	1,077.86
92170	BLOQUE DE REACCIÓN DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/u	1.00	162.61	127.04	101.63	35.57	25.41	101.63	35.57	25.41	162.61
<b>33022</b>	PRUEBA HIDROSTATICA (CON BOMBA MANUAL) EN TUBERIA Diám.=HASTA 4", L= HASTA 300 m PARA PROY. A. P.	m	15.00	625.76	488.88	391.10	136.89	97.78	5,866.54	2,053.29	1,466.63	9,386.46

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla N° 32: Costo de proyecto etapa (Continuación red de distribución)

COD.	DESCRIPCION	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	
<b>33023</b>	<b>VALVULAS Y ACCESORIOS</b>											<b>54,578.97</b>
93514	TAPÓN HEMBRA LISO DE PVC Diám.=1½"	c/u	13.00	29.61	23.14	18.51	6.48	4.63	240.61	84.21	60.15	384.98
96984	TEE LISA DE PVC Diám.= 1 ½" (S40)	c/u	17.00	93.45	73.01	58.40	20.44	14.60	992.87	347.51	248.22	1,588.60
94006	TEE LISA DE PVC Diám.=2" (SCH 40) (ASTM D2466) JUNTA CEMENTADA	c/u	1.00	148.48	116.00	92.80	32.48	23.20	92.80	32.48	23.20	148.48
93169	REDUCTOR LISO DE PVC DE 2" x 1½" (S40)	c/u	2.00	73.20	57.19	45.75	16.01	11.44	91.51	32.03	22.88	146.41
96193	CODO LISO DE PVC Diám.=1½", 90° (S40)	c/u	5.00	63.39	49.52	39.62	13.87	9.90	198.09	69.33	49.52	316.95
96999	CODO LISO DE PVC Diám.=1½", 45° (S40)	c/u	20.00	61.10	47.73	38.19	13.37	9.55	763.74	267.31	190.93	1,221.98
2137	VALVULA DE PASE DE GAVETA DE BRONCE Diám.=1½" CON PROTECTOR DE TUBO DE HIERRO GALV(INCL. EXCAVACIÓN)	c/u	4.00	7,573.62	5,916.89	4,733.51	1,656.73	1,183.38	18,934.05	6,626.92	4,733.51	30,294.47
3942	VALVULA DE LIMPIEZA DE BRONCE Diám. = 1½" CON 1mTUBO HIERRO 1½"(INC. EXCAVACIÓN Y BLOQUE DE REACCIÓN)	c/u	2.00	1,885.25	1,472.85	1,178.28	412.40	294.57	2,356.57	824.80	589.14	3,770.51
92170	BLOQUE DE REACCIÓN DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/u	64.00	162.61	127.04	101.63	35.57	25.41	6,504.34	2,276.52	1,626.09	10,406.94
4162	CAJA PARA PROTEC. DE VALVULA HECHA DE TUBO DE PVC Diám.= 6"(SDR-41)(NO INCL. E)	c/u	6.00	1,049.94	820.27	656.21	229.67	164.05	3,937.28	1,378.05	984.32	6,299.65
<b>33025</b>	<b>CRUCE BAJO LECHOS DE CAUCES</b>	<b>c/u</b>	<b>4.00</b>									<b>38,273.37</b>
95850	TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=1½" (NO INCL. EXCAVACION)	m	40.74	536.15	418.87	335.09	117.28	83.77	13,651.68	4,778.09	3,412.92	21,842.69
94294	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 1 ½" X 45°	c/u	16.00	217.01	169.54	135.63	47.47	33.91	2,170.14	759.55	542.53	3,472.22
92008	CONCRETO CICLOPEO (CONSIDERANDO COMPRA DE PIEDRA BOLÓN)	m³	3.00	2,935.14	2,293.08	1,834.46	642.06	458.62	5,503.38	1,926.18	1,375.85	8,805.41
92170	BLOQUE DE REACCIÓN DE CONCRETO PARA ACCESORIOS MENORES A 6"	c/u	16.00	162.61	127.04	101.63	35.57	25.41	1,626.09	569.13	406.52	2,601.74
92282	FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEM.	m³	3.00	403.63	315.33	252.27	88.29	63.07	756.80	264.88	189.20	1,210.88
95293	ADAPTADOR HEMBRA DE PVC Diám.=1 ½"	c/u	8.00	42.55	33.24	26.60	9.31	6.65	212.77	74.47	53.19	340.43

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla Nº 33: Costo de proyecto etapa (Tanque de almacenamiento)

COD.	DESCRIPCION	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	
<b>335</b>	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>											<b>634,207.49</b>
<b>33501</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA DE TANQUE</b>	<b>m3</b>										<b>100,204.65</b>
92287	CORTE MANUAL DE TERRENO	m³	33.64	131.35	131.35	0.00	0.00	131.35	0.00	0.00	4,418.61	4,418.61
92226	RELLENO Y COMPACTACIÓN MANUAL	m³	37.62	118.04	92.22	73.77	25.82	18.44	2,775.37	971.38	693.84	4,440.60
93285	EXCAVACIÓN MANUAL EN TERRENO	m³	50.41	311.44	311.44	0.00	0.00	311.44	0.00	0.00	15,699.69	15,699.69
95268	MEZCLA MANUAL DE SUELO CEMENTO 1:10	m³	25.21	1,595.61	1,223.48	978.78	372.13	244.70	24,675.15	9,381.49	6,168.79	40,225.43
96129	RELLENO MANUAL DE MATERIAL SELECTO DEBAJO DE FUNDACIONES (INCL. MATE)	m³	25.21	283.71	217.55	174.04	66.17	43.51	4,387.46	1,668.11	1,096.87	7,152.44
95399	COMPACTACIÓN (CON VIBRO COMPACTADORA MANUAL) DE TERRENO	m2	50.41	92.51	70.94	56.75	21.58	14.19	2,860.80	1,087.67	715.20	4,663.67
93398	EXPLOTACIÓN O CORTE (MANUAL) EN BANCO	m³	50.41	171.30	131.35	105.08	39.95	26.27	5,297.07	2,013.95	1,324.27	8,635.29
95433	ACARREO (CON CAMIÓN VOLQUETE) DE MAT.SELECTO A 1 KM,CARGA MANUAL	m³	50.41	182.10	182.10	0.00	0.00	182.10	0.00	0.00	9,179.66	9,179.66
94390	BOTAR (MANUAL) MATERIAL SOBRANTE	m³	50.41	114.84	114.84	0.00	0.00	114.84	0.00	0.00	5,789.26	5,789.26
<b>33508</b>	<b>CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES</b>	<b>c/u</b>										<b>55,680.79</b>
2737	CERCO (A) DE POSTES DE CONCRETO PRETENSADO Alt.=2.55m CON 6 HILADAS DE ALAMBRE DE PUAS Cal.#13½	m	76.00	692.64	513.95	411.16	178.69	102.79	31,248.29	13,580.51	7,812.07	52,640.88
3586	PORTÓN DE ALAMBRE DE PUAS L=3, H=1.40 m y POSTE DE MAD. PINO Diám.= 0.12 m, H =2 m	c/u	1.00	3,039.91	2,255.66	1,804.53	784.25	451.13	1,804.53	784.25	451.13	3,039.91
<b>33511</b>	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>											<b>478,322.05</b>
94976	MEDIDOR MAESTRO DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" PARA AGUA POTABLE (INCL. BRIDAS)	c/u	1.00	14,549.34	10,795.84	8,636.67	3,753.50	2,159.17	8,636.67	3,753.50	2,159.17	14,549.34
92147	PINTURA DE ACEITE STANDARD (2 MANOS)	m²	25.00	174.87	129.75	103.80	45.11	25.95	2,595.05	1,127.81	648.76	4,371.63
93353	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. <= AL No. 4	lbs	2,258.55	30.63	22.73	18.18	7.90	4.55	41,067.49	17,847.93	10,266.87	69,182.29
93383	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. > AL No. 4	lbs	8.19	36.59	27.15	21.72	9.44	5.43	177.87	77.30	44.47	299.64

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla Nº 34: Costo de proyecto etapa (Continuación tanque de almacenamiento)

COD.	DESCRIPCION	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	
4917	PELDAÑO DE VARILLA DE HIERRO CORRUGADO GRADO 40, Diám.=3/4"	c/u	14.00	147.05	109.11	87.29	37.94	21.82	1,222.07	531.11	305.52	2,058.69
96221	IMPERMEABILIZANTE REC. TIPO SIKA-101	m²	25.00	368.15	273.18	218.54	94.98	54.64	5,463.52	2,374.45	1,365.88	9,203.85
92008	CONCRETO CICLOPEO	m³	35.27	3,090.33	2,293.08	1,834.46	797.26	458.62	64,701.45	28,119.25	16,175.36	108,996.07
92005	CONCRETO DE 3,000 PSI (CON MEZCLADORA)	m³	24.14	5,642.84	4,187.08	3,349.66	1,455.76	837.42	80,860.87	35,142.13	20,215.22	136,218.22
92848	VALVULA DE COMP. DE H. FUNDIDO Diám.=2"	c/u	2.00	9,571.42	7,102.15	5,681.72	2,469.28	1,420.43	11,363.44	4,938.55	2,840.86	19,142.85
93848	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 90°	c/u	5.00	440.27	326.69	261.35	113.58	65.34	1,306.74	567.91	326.69	2,201.33
92853	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2"	m	8.00	851.86	632.10	505.68	219.77	126.42	4,045.42	1,758.14	1,011.36	6,814.91
2418	TUBERIA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=3"	m	6.00	1,426.75	1,058.67	846.94	368.08	211.73	5,081.61	2,208.47	1,270.40	8,560.49
93847	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 3" X 90°	c/u	4.00	881.89	654.38	523.50	227.51	130.88	2,094.02	910.06	523.50	3,527.58
96077	VALVULA DE COMPUERTA DE H. FUNDIDO D=3"	c/u	1.00	12,582.62	9,336.50	7,469.20	3,246.11	1,867.30	7,469.20	3,246.11	1,867.30	12,582.62
92388	FORMALETA PARA FUNDACIONES	m²	4.88	502.60	372.94	298.35	129.66	74.59	1,455.96	632.76	363.99	2,452.70
92345	FORMALETA PARA VIGAS	m²	7.79	634.33	470.68	376.54	163.65	94.14	2,934.03	1,275.13	733.51	4,942.67
92371	FORMALETA PARA MUROS	m²	34.26	326.20	242.04	193.64	84.15	48.41	6,633.00	2,882.70	1,658.25	11,173.95
95518	FORMALETA PARA LOSA AEREA @ Alt.=2.40m	m²	7.25	555.06	411.87	329.49	143.20	82.37	2,388.83	1,038.18	597.21	4,024.21
92282	FUNDIR CONCRETO	m³	59.41	315.33	315.33	0.00	0.00	315.33	0.00	0.00	18,733.93	18,733.93
92140	REPELLO Y FINO CORRIENTE	m²	49.30	335.59	249.01	199.21	86.58	49.80	9,820.39	4,267.94	2,455.10	16,543.43
40207	PRUEBAS DE CONTROL DE COMPACTACIÓN	c/u	2.00	2,358.44	1,750.00	1,400.00	608.44	350.00	2,800.00	1,216.88	700.00	4,716.88
40211	PRUEBAS DE RESISTENCIA DE CONCRETO	c/u	3.00	356.27	264.36	211.49	91.91	52.87	634.46	275.74	158.62	1,068.82
3855	CAJA DE DISTRIBUCIÓN CONCRETO 2500 PSI	c/u	1.00	6,743.48	5,003.77	4,003.02	1,739.71	1,000.75	4,003.02	1,739.71	1,000.75	6,743.48
3327	CAJA DE REGISTRO CONCRETO DE 2500 PSI	c/u	1.00	3,418.48	2,536.57	2,029.25	881.91	507.31	2,029.25	881.91	507.31	3,418.48
93873	RESPIRADERO DE TUBO DE Ho. Go. Diám. = 3"	c/u	1.00	1,468.25	1,089.47	871.57	378.79	217.89	871.57	378.79	217.89	1,468.25
93413	SELLADOR EN PAREDES DE CONCRETO	m²	25.00	148.09	109.88	87.91	38.20	21.98	2,197.63	955.09	549.41	3,702.13
94567	UNIÓN DRESSER DE HIERRO FUNDIDO D=2"	c/u	1.00	1,623.60	1,204.74	963.79	418.86	240.95	963.79	418.86	240.95	1,623.60

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla N° 35: Costo de proyecto etapa (Fuente y obra de captación)

COD.	DESCRIPCION	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	
<b>340</b>	<b>FUENTE Y OBRA DE CAPTACIÓN</b>											<b>320,344.13</b>
<b>34008</b>	<b>CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES</b>	<b>c/u</b>										<b>55,680.79</b>
2737	CERCO (A) DE POSTES DE CONCRETO PRETENSADO Alt.=2.55m CON 6 HILADAS DE ALAMBRE DE PUAS Cal.#13½	m	76.00	692.64	513.95	411.16	178.69	102.79	31,248.29	13,580.51	7,812.07	52,640.88
3586	PORTON DE ALAMBRE PUAS L=3, H= 1.40 m y POSTE DE MADERA PINO D= 0.12 m, H = 2.00 m	c/u	1.00	3,039.91	2,255.66	1,804.53	784.25	451.13	1,804.53	784.25	451.13	3,039.91
<b>34017</b>	<b>CAPTACIÓN DE LA FUENTE</b>	<b>c/u</b>										<b>264,663.34</b>
40020	ANALISIS FISICO QUIMICO DE (UNA) MUESTRA DE AGUA	c/u	1.00	6,493.65	6,493.65	3,571.51	2,272.78	649.37	3,571.51	2,272.78	649.37	6,493.65
40021	ANALISIS BACTERIOLOGICO COMPLETO (UNA) MUESTRA DE AGUA	c/u	1.00	1,816.64	1,816.64	999.15	635.82	181.66	999.15	635.82	181.66	1,816.64
40089	ANALISIS DE ARSENICO DE 1 MUESTRA	c/u	1.00	2,018.48	2,018.48	1,110.16	706.47	201.85	1,110.16	706.47	201.85	2,018.48
93353	HIERRO (EN VARILLAS) CORRUGADO (GRADO 40) Diám. <= AL No. 4	lbs	722.00	29.09	22.73	18.18	6.36	4.55	13,128.21	4,594.87	3,282.05	21,005.14
92009	CONCRETO DE 3,000 PSI (MEZCLADO A MANO)	m³	12.66	5,042.89	3,939.76	3,151.80	1,103.13	787.95	39,901.85	13,965.65	9,975.46	63,842.95
92282	FUNDIR CONCRETO EN CUALQUIER ELEMENTO	m³	12.66	315.33	315.33	0.00	0.00	315.33	0.00	0.00	3,992.12	3,992.12
94966	CODO LISO DE PVC Diám.=2", 90°(S40)	c/u	2.00	104.14	81.36	65.09	22.78	16.27	130.17	45.56	32.54	208.28
3145	VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO Diám.=2" (INCL. 1 BLOQUE DE REACCION)	c/u	1.00	11,196.41	8,747.20	6,997.76	2,449.22	1,749.44	6,997.76	2,449.22	1,749.44	11,196.41
3631	VALVULA DE COMPUERTA DE HIERRO FUNDIDO D=2"+1.56m DE TUBERIA DE H°G° 4 BLOQUES DE REACCIÓN DE CONCRETO	c/u	2.00	14,165.98	11,067.17	8,853.74	3,098.81	2,213.43	17,707.47	6,197.61	4,426.87	28,331.95
94189	PASCON DE Ho. Fo. Diám.=2"	c/u	1.00	3,750.48	2,930.06	2,344.05	820.42	586.01	2,344.05	820.42	586.01	3,750.48
94272	FILTRO DE PIEDRA BOLÓN CLASIFICADA Diám=0.10m a 0.15m	m³	16.10	615.94	481.20	384.96	134.74	96.24	6,197.89	2,169.26	1,549.47	9,916.63

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla N° 36: Costo de Proyecto Etapa (Continuación fuente y obras de captación)

COD.	DESCRIPCION	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	
92371	FORMALETA PARA MUROS	m²	65.29	309.82	242.04	193.64	67.77	48.41	12,641.52	4,424.53	3,160.38	20,226.43
92388	FORMALETA PARA FUNDACIONES	m²	17.80	477.36	372.94	298.35	104.42	74.59	5,310.66	1,858.73	1,327.67	8,497.06
95561	FORMALETA PARA LOSA AEREA @ Alt.=1.70m	m²	17.57	744.83	581.90	465.52	162.93	116.38	8,177.73	2,862.20	2,044.43	13,084.36
92160	PIQUETEO TOTAL EN CONCRETO FRESCO	m²	100.65	31.14	31.14	0.00	0.00	31.14	0.00	0.00	3,134.71	3,134.71
92137	REPELLO Y FINO CORRIENTE	m²	100.65	318.73	249.01	199.21	69.72	49.80	20,050.75	7,017.76	5,012.69	32,081.20
93620	PASCON DE CEDAZO DE ALUMINIO Diám.=2" CONTRAMOSQUITOS Y BRIDA PARA RESPIRADERO	c/u	1.00	115.88	90.53	72.42	25.35	18.11	72.42	25.35	18.11	115.88
92853	TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2"	m	2.00	809.08	632.10	505.68	176.99	126.42	1,011.36	353.97	252.84	1,618.17
93848	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2" X 90°	c/u	2.00	418.16	326.69	261.35	91.47	65.34	522.70	182.94	130.67	836.31
3942	VALVULA DE LIMPIEZA DE BRONCE Diám. = 1½" CON 1mTUBO HIERRO 1½(INC. EXCAVACIÓN Y BLOQUE DE REACCIÓN)	c/u	3.00	2,953.69	2,307.57	1,846.05	646.12	461.51	5,538.16	1,938.36	1,384.54	8,861.06
96455	TEE DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2"x 2" x 2"	c/u	5.00	759.69	593.51	474.81	166.18	118.70	2,374.04	830.92	593.51	3,798.47
93169	REDUCTOR LISO DE PVC DE 2" x 1½" (S40)	c/u	5.00	73.20	57.19	45.75	16.01	11.44	228.77	80.07	57.19	366.02
94980	CODO DE HIERRO GALVANIZADO DE 2"X45° EXTREMOS ROSCABLES	c/u	1.00	491.83	384.25	307.40	107.59	76.85	307.40	107.59	76.85	491.83
92853	TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=2"	m	20.00	809.08	632.10	505.68	176.99	126.42	10,113.55	3,539.74	2,528.39	16,181.68
95850	TUBERÍA DE HIERRO GALVANIZADO Diám.=1½"	m	3.00	400.07	312.55	250.04	87.51	62.51	750.12	262.54	187.53	1,200.20
95381	TUBERÍA DE PVC Diám.=1½" (SDR-26) CON PERFORACIONES DE Diám.=3/4" (19.06 mm) @0.10m (JUNTA CEMENTADA)	m	5.00	257.06	200.83	160.66	56.23	40.17	803.31	281.16	200.83	1,285.30
94972	ADAPTADOR HEMBRA DE PVC Diám.=2"	c/u	6.00	51.99	40.61	32.49	11.37	8.12	194.95	68.23	48.74	311.92

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla Nº 37: Costo de Proyecto Etapa (Planta purificadora, conexiones y puesto público)

COD.	DESCRIPCION	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	
<b>360</b>	<b>PLANTA DE PURIFICACIÓN</b>											<b>8,143.60</b>
<b>36003</b>	<b>CLORADOR DE PASTILLA</b>	<b>c/u</b>										<b>8,143.60</b>
96213	CLORADOR (DOSIFICADOR DE CLORO) ENTREGA EN FORMA DE PASTILLA Diám.=1½", Presión de trabajo=10-40 PSI	c/u	1.00	8,143.60	6,362.19	5,089.75	1,781.41	1,272.44	5,089.75	1,781.41	1,272.44	8,143.60
<b>350</b>	<b>CONEXIONES</b>											<b>333,207.51</b>
<b>35001</b>	<b>CONEXIONES INTRADOMICILIARES</b>											<b>246,951.75</b>
92728	MEDIDOR DE AGUA POTABLE Diám.=½" CON 2 ADAPTADORES (NO INCL. CAJA) DOMICILIAR	c/u	46.00	1,727.09	1,349.29	1,079.43	377.80	269.86	49,653.87	17,378.86	12,413.47	62,067.34
3931	CONEXIÓN DOMICILIAR DE PATIO CON TUBO DE PVC Diám.= ½" (SDR-13.5) (NO INCLUYE MEDIDOR) (INCL. EXC)	c/u	46.00	3,177.85	2,482.70	1,986.16	695.16	496.54	91,363.29	31,977.15	22,840.82	114,204.12
94191	CAJA PREFABRICADA DE CONCRETO PARA MEDIDOR DE AGUA POTABLE	c/u	46.00	907.59	709.06	567.25	198.54	141.81	26,093.30	9,132.66	6,523.33	32,616.63
95934	VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE Diám.=½"	c/u	46.00	1,059.16	827.47	661.98	231.69	165.49	30,450.93	10,657.82	7,612.73	38,063.66
<b>650</b>	<b>PUESTO PUBLICO (UNIDAD SANITARIA)</b>	<b>c/u</b>	<b>4.00</b>									<b>86,255.77</b>
2737	CERCO (A) DE POSTES DE CONCRETO PRETENSADO Alt.=2.55m CON 6 HILADAS DE ALAMBRE DE PUAS Cal.#13½	m	32.00	1,158.69	859.77	687.81	298.92	171.95	22,009.99	9,565.54	5,502.50	37,078.04
92728	MEDIDOR DE AGUA POTABLE Diám.=½" CON 2 ADAPTADORES (NO INCL. CAJA) DOMICILIAR	c/u	4.00	1,727.09	1,349.29	1,079.43	377.80	269.86	4,317.73	1,511.20	1,079.43	5,397.16
2105	PUESTO PUBLICO DE CONCRETO CICLOPEO (TÍPICO PARA AGUA POTABLE) (CONS. COMPRA DE PIEDRA BOLÓN	c/u	4.00	12,043.03	9,408.61	7,526.89	2,634.41	1,881.72	30,107.57	10,537.65	7,526.89	37,634.46
94191	CAJA PREFABRICADA DE CONCRETO PARA MEDIDOR DE AGUA POTABLE PARA USO DOMICILIAR	c/u	4.00	907.59	709.06	567.25	198.54	141.81	2,268.98	794.14	567.25	2,836.23
95934	VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE Diám.=½"	c/u	4.00	1,059.16	827.47	661.98	231.69	165.49	2,647.91	926.77	661.98	3,309.88

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla Nº 38: Costo de Proyecto Etapa (Limpieza final y entrega)

COD.	DESCRIPCION	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T. 1.35	M OBRA	
<b>370</b>	<b>LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA</b>											<b>84,876.13</b>
<b>37001</b>	<b>LIMPIEZA FINAL</b>	<b>Glb</b>										<b>76,092.17</b>
92225	LIMPIEZA MANUAL FINAL	m²	3,909.18	19.47	19.47	0.00	0.00	19.47	0.00	0.00	76,092.17	76,092.17
<b>37003</b>	<b>PLACA CONMEMORATIVA</b>	<b>c/u</b>										<b>8,783.97</b>
4189	PLACA CONMEMORATIVA DE ALUMINIO DE 0.65 M X 0.42 M	c/u	1.00	8,174.60	6,386.41	5,109.13	1,788.19	1,277.28	5,109.13	1,788.19	1,277.28	6,386.41
3392	PEDESTAL DE CONCRETO DE 2500 PSI REF. PARA PLACA CONMEMORATIVA	c/u	1.00	3,068.87	2,397.56	1,918.05	671.32	479.51	1,918.05	671.32	479.51	2,397.56
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>											<b>4,305,479.01</b>	
<b>FACTOR DE VENTA</b>											<b>1.19</b>	
<b>PRECIO TOTAL DE VENTA (COSTOS DIRECTOS X FACTOR DE VENTA)</b>											<b>5,123,520.02</b>	
IVA (IMPUESTO VALOR AGREGADO) 15%											768,528.00	
IMPUESTO DE LA MUNICIPALIDAD 1.0%											51,235.20	
<b>TOTAL ESTIMADO CS</b>											<b>5,943,283.22</b>	
<b>TIPO DE CAMBIO \$</b>											<b>35.2273</b>	
<b>TOTAL ESTIMADO \$</b>											<b>168,712.43</b>	

Fuente: Elaboración propia (2019)

Tabla N° 39: Costo de Proyecto Etapa (Letrinas y saneamiento)

COD.	DESCRIPCION	UM	CANT.	COSTO UNIT	COSTO FISE	COSTO			SUB TOTAL			TOTAL C\$
						MAT.	TRANSP MAT F.T.	M OBRA	MAT.	TRANSP MAT F.T.	M OBRA	
<b>505</b>	<b>LETRINAS ELEVADAS</b>											<b>1,212,873.26</b>
<b>50502</b>	<b>LOSA (PLANCHA) Y BANCO (TAZA)</b>	<b>c/u</b>	<b>62.00</b>									<b>200,330.78</b>
94473	LOSA Y BANCO DE FIBRA DE VIDRIO PARA LETRINA SENCILLA FIJACION EST. METAL.	c/u	62.00	3,231.14	2,397.56	1,918.05	833.58	479.51	118,918.90	51,682.15	29,729.73	200,330.78
<b>50514</b>	<b>CASETA LETRINA</b>	<b>c/u</b>	<b>62.00</b>									<b>382,749.55</b>
2540	CASETA PARA LETRINA SENCILLA FORRO ZINC LISO CALIBRE 28	c/u	62.00	6,173.38	4,580.75	3,664.60	1,592.63	916.15	227,205.01	98,743.30	56,801.25	382,749.55
<b>50512</b>	<b>ENCHAPE DE FOSO (INC. EXCAVACION Y GRADAS)</b>	<b>c/u</b>	<b>62.00</b>									<b>629,792.92</b>
4431	FOSO PARA LETRINA SENCILLA ELEVADA ENCHAPE DE LADRILLO CUARTERÓN	c/u	62.00	9,995.67	7,416.95	5,933.56	2,578.72	1,483.39	367,880.65	159,880.93	91,970.16	619,731.74
4295	POZO RECOLECTOR DE ORINA DE 0.30mx0.30m, Prof.=0.50m	c/u	62.00	162.28	120.41	96.33	41.86	24.08	5,972.45	2,595.63	1,493.11	10,061.19
<b>499</b>	<b>SISTEMAS DE SANEAMIENTO</b>	<b>Glb</b>										<b>149,604.26</b>
93801	LAVADERO SENCILLO DE CONCRETO DE FABRICACIÓN NACIONAL	c/u	62.00	2,001.46	1,485.11	1,188.09	516.34	297.02	73,661.56	32,013.31	18,415.39	124,090.26
5063	POZO DE ABSORCIÓN SIN REVESTIR DE 0.50mx0.50m, Prof.=0.70m CON RELLENO DE PIEDRA BOLÓN	c/u	62.00	411.52	305.35	244.28	106.16	61.07	15,145.44	6,582.21	3,786.36	25,514.01
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>											<b>1,362,477.52</b>	
<b>FACTOR DE VENTA</b>											<b>1.19</b>	
<b>PRECIO TOTAL DE VENTA (COSTOS DIRECTOS X FACTOR DE VENTA)</b>											<b>1,621,348.25</b>	
IVA (IMPUESTO VALOR AGREGADO) 15%											243,202.24	
IMPUESTO DE LA MUNICIPALIDAD 1.0%											16,213.48	
<b>TOTAL ESTIMADO CS</b>											<b>1,880,763.97</b>	
<b>TIPO DE CAMBIO \$</b>											<b>35.2273</b>	
<b>TOTAL ESTIMADO \$</b>											<b>53,389.39</b>	

Fuente: Elaboración propia (2019)

A hand is shown holding a stream of water, with the water splashing and creating a large, clear droplet. The background is a solid, vibrant blue. The text is centered in the upper half of the image.

# CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

*El mayor enemigo del conocimiento no es la ignorancia, es la ilusión del conocimiento*

*Stephen Hawking*

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Mediante la línea base, se conoció la comunidad tanto en el aspecto físico como financiero, evaluando con este, el nivel de vida que presentan los pobladores y también conocer la población actual mediante este; la comunidad está integrada por 375 habitantes y al culminar el periodo de diseño será de 615 habitantes.
  
- Según las Clasificaciones de la NTON 05-007-98, la fuente de abastecimiento corresponde a la categoría Tipo 1 - A: aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes, en este caso mediante la aplicación de hipoclorito de calcio; de igual manera se construirá planta de tratamiento y sistemas de filtros para tener brindar una mejor calidad de agua.
  
- Después de realizar los cálculos hidráulicos, se desarrolla el sistema de abastecimiento mediante el software EPANET donde se refleja que las presiones cumplen con los rangos establecidos en el programa, pero las velocidades son bajas, para compensar estas se concluye colocar válvulas de limpieza; la tubería a utilizar para línea de conducción es H°G° y en la línea de distribución PVC SDR 26.
  
- A partir de la información obtenida en la encuesta socioeconómica y la verificación de campo, se determinó que la mayoría de la población no practica el lavado de manos, esto debido a aspectos culturales, falta de capacitación, por lo tanto, se propone usar letrinas semi elevadas y también un lavadero nacional para las familias beneficiadas.
  
- El costo total del proyecto se realizó con el catálogo de costos unitarios primarios del Nuevo FISE resultando de este un presupuesto estimado de **C\$ 7, 844,023.05** (Siete millones ochocientos cuarenta y cuatro mil veintitrés córdobas con cinco centavos), equivalente a \$ 222,101.82 (Doscientos veintidós mil ciento un dólares con ochenta y dos centavos).

## 5.2. RECOMENDACIONES

- ❖ La comunidad presenta riesgos bajo ante eventos climáticos extremos lo que se recomienda realizar protección alrededor de la obra de captación y corte de dos árboles que ponen en riesgo la infraestructura.
  
- ❖ Se recomienda la implementación de planes de conservación de la fuente, a través de la protección del bosque, con el fin de mantener la producción de la fuente y la mejor calidad posible de la misma.
  
- ❖ Es importante mencionar que con la construcción del sistema de Saneamiento y las letrinas contribuye a resolver un problema ambiental y a mejorar la calidad de vida de la población, por lo que la calidad ambiental de la comunidad se beneficia en todo sentido. Además, que los beneficiarios deberán ser capacitados en Organización, Salud, Ambiente y Género; proporcionándole más herramientas a la comunidad para mejorar su calidad ambiental, por lo tanto se recomienda la elaboración de pozo de absorción para el lavadero para mejorar la calidad de vida de la población.
  
- ❖ La vivienda debe de disponer terrenos suficientes que permita la ubicación de la letrina como mínimo a 10 metros de la vivienda.

# BIBLIOGRAFÍA



*El agua es un asunto informativo de importancia social, económica y política de primera magnitud.*

*José Antonio Zarzalejos*

## Bibliografía

Agua, C. N. (2015). *mapasconagua*. Obtenido de mapasconagua:  
<http://mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro12.pdf>

Burga, D. M. (s.f.). *revistas investigacion*. Obtenido de  
<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/econo/article/viewFile/8994/7822>

certicalia. (s.f.). *certicalia.com*. Obtenido de estudio-geologico:  
<https://www.certicalia.com/estudio-geologico/que-es-el-estudio-geologico>

civilgeeks. (20 de Diciembre de 2018). *civilgeeks*. Obtenido de  
<https://civilgeeks.com/2010/10/08/obras-de-captacion-sistema-de-agua-potable/>

civilgeeks. (20 de Diciembre de 2018). *variacion-de-consumo-sistema-de-agua-potable*. Obtenido de <https://civilgeeks.com/2010/10/07/variacion-de-consumo-sistema-de-agua-potable/>

*Definicion Conceptos*. (20 de Diciembre de 2018). Obtenido de  
<https://conceptodefinicion.de/ambito-de-estudio/>

Definicion. (s.f.). *definicion.org*. Obtenido de Definición de diagnostico económico:  
<https://definicion.org/diagnostico-economico>

ecured. (s.f.). *ecured*. Obtenido de Calidad\_del\_Agua:  
[https://www.ecured.cu/Calidad\\_del\\_Agua](https://www.ecured.cu/Calidad_del_Agua)

Evren. (s.f.). *Evaluacion de Recursos Naturales*. Obtenido de <http://evren.es/estudios-hidrogeologicos/>

Fise, E. N. (s.f.). *Máster Sergio J. Navarro Hudiel*. Obtenido de [operacion-y-mantenimiento-de-un-mini-acueducto-por-gravedad-mag-fise.pdf](https://sagnarro.files.wordpress.com/2008/08/operacion-y-mantenimiento-de-un-mini-acueducto-por-gravedad-mag-fise.pdf):  
<https://sagnarro.files.wordpress.com/2008/08/operacion-y-mantenimiento-de-un-mini-acueducto-por-gravedad-mag-fise.pdf>

fuentesde. (s.f.). *fuentesde.com*. Obtenido de [fuentesde.com](https://fuentesde.com/abastecimiento-de-agua/):  
<https://fuentesde.com/abastecimiento-de-agua/>

INAA. (2002). *inaa.gob.ni*. Obtenido de [inaa.gob.ni](http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/seccion-1/6.NORMAS%20RURALES.pdf/view):  
<http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/seccion-1/6.NORMAS%20RURALES.pdf/view>

INAA. (s.f.). *INAA*. Obtenido de <http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/seccion-1/6.NORMAS%20RURALES.pdf/view>

León, W. S. (2012). *slideshare*. Obtenido de [slideshare](https://es.slideshare.net/welserle/analisis-fisicos-quimico-y-bacteriologico-de-aguas):  
<https://es.slideshare.net/welserle/analisis-fisicos-quimico-y-bacteriologico-de-aguas>

OPS-OMS. (2004). *Organización Panamericana de la Salud (OPS-OMS)*. Obtenido de ANÁLISIS SECTORIAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE NICARAGUA:  
[https://www.paho.org/nic/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=32-analisis-sectorial-de-agua-potable-y-saneamiento-nic&category\\_slug=desarrollo-sostenible-y-salud-ambiental&Itemid=235](https://www.paho.org/nic/index.php?option=com_docman&view=download&alias=32-analisis-sectorial-de-agua-potable-y-saneamiento-nic&category_slug=desarrollo-sostenible-y-salud-ambiental&Itemid=235)

pymet. (s.f.). *pymet*. Obtenido de [levantamiento-topografico](https://www.pymet.es/levantamiento-topografico/):  
<https://www.pymet.es/levantamiento-topografico/>

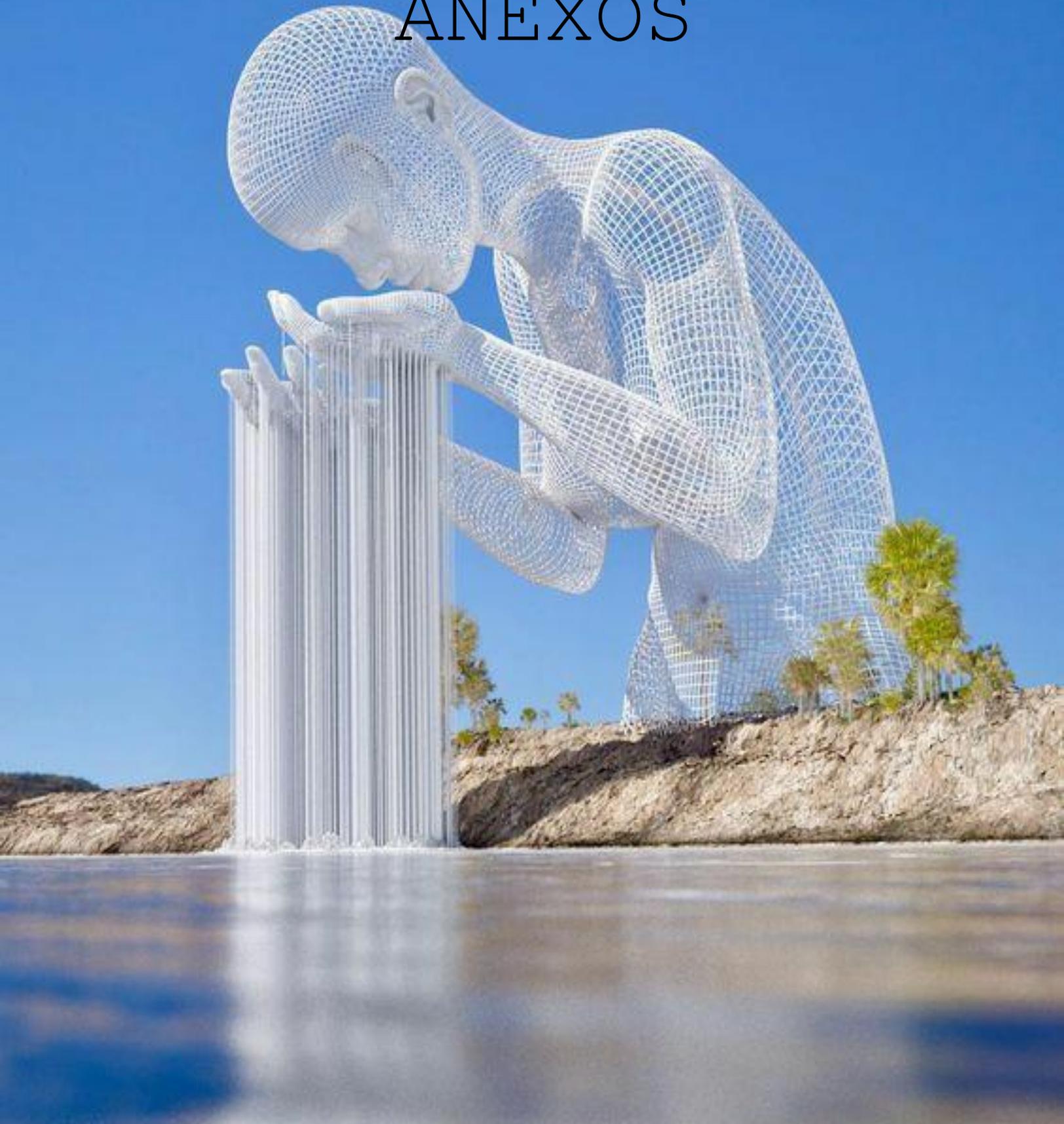
Rural, I. (S.F). *Previa*. Obtenido de  
[https://previa.uclm.es/area/ing\\_rural/AsignaturaProyectos/Tema%207.pdf](https://previa.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema%207.pdf)

sioingenieria. (s.f.). *sioingenieria*. Obtenido de sioingenieria:  
[https://www.sioingenieria.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=431](https://www.sioingenieria.com/sitio/contenidos_mo.php?it=431)

Terrabona, A. M. (2017). *Caracterización Municipal*. Terrabona.

Wheelock Díaz, Sonia. (s.f.). *Alianza por el Agua*. Obtenido de  
Gestion\_Comunitaria\_Agua:  
[http://alianzaporelagua.org/documentos/Gestion\\_Comunitaria\\_Agua/Nicaragua.pdf](http://alianzaporelagua.org/documentos/Gestion_Comunitaria_Agua/Nicaragua.pdf)

ANEXOS



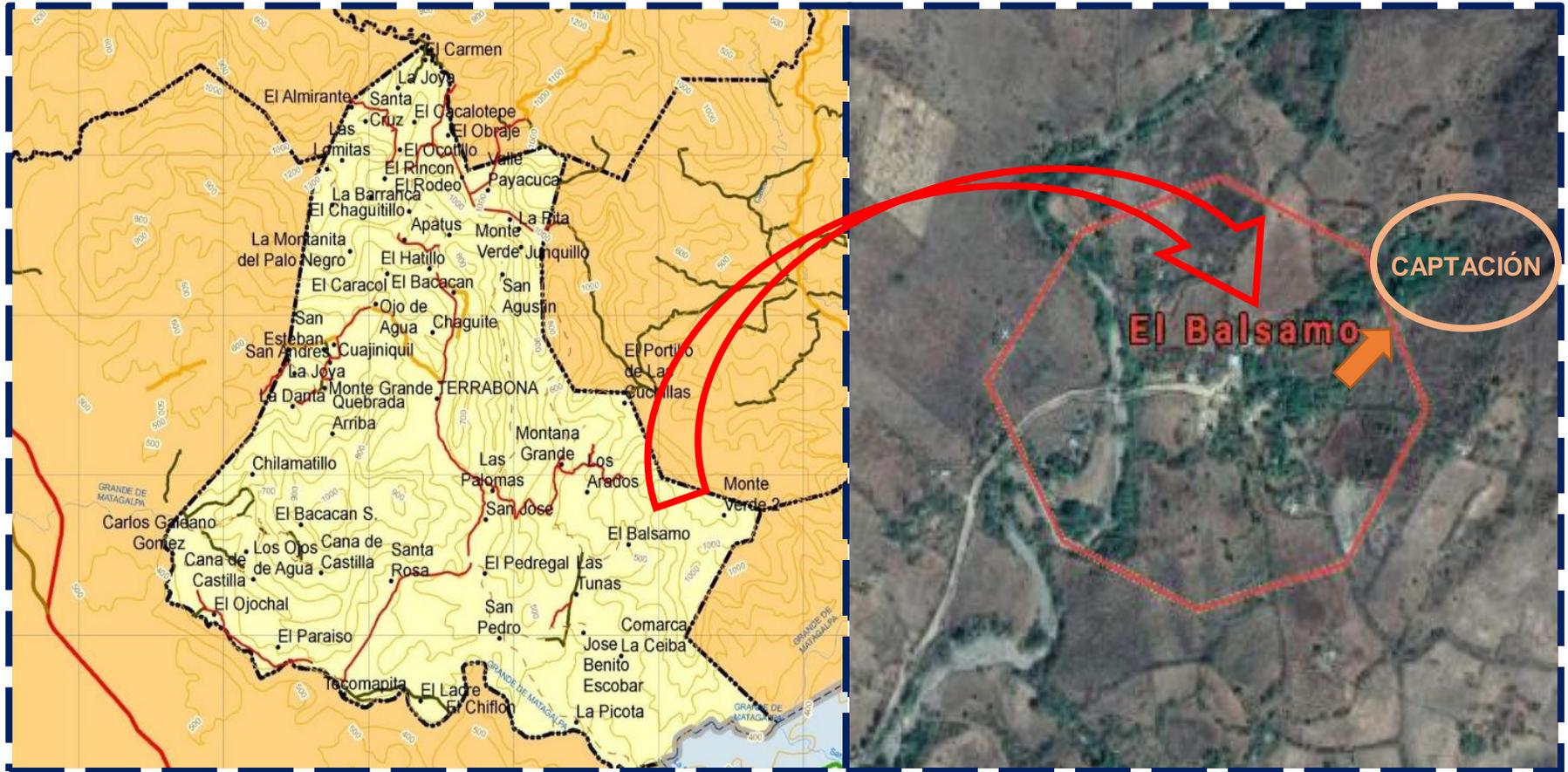
ANEXOS

Anexo N° I: Macro localización del proyecto



Fuente: Modificado por Autores (2019)

## Anexo N° II: Micro localización del proyecto



Fuente: Catastro-Alcaldía Municipal Terrabona

## Anexo N° III: Encuesta Socioeconómica (Modelo Nuevo Fise)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

### ENCUESTA SOCIOECONÓMICA EN LA COMUNIDAD DEL BALSAMO, DEL MUNICIPIO DE TERRABONA, DEPARTAMENTO DE MATAGALPA

#### DATOS GENERALES

Municipio: \_\_\_\_\_ Comunidad: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_ Quién es el Responsable del Hogar:  
 Padre \_\_\_\_\_ Madre \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Persona Encuestada: \_\_\_\_\_  
 Número Celular de la Persona Encuestada: \_\_\_\_\_  
 Hora del Comienzo de la Entrevista: \_\_\_\_\_

#### DATOS DE COMPOSICIÓN DE LA FAMILIA: (iniciar con responsable o jefe/a del hogar)

##### 1. Miembros de la Familia

Nombres y Apellidos	Parentesco	Sexo		Edad					Nivel Escolar						Ocupación	Etnia	
		M	H	0-5	6-13	14-30	31-65	+66	I	P	P	S	T	U			

#### I. SITUACIÓN ECONÓMICA DE LA FAMILIA

1. ¿Cuántos de los miembros de la familia realizan trabajo remunerado? Total: \_\_\_\_\_ Hombres: \_\_\_\_\_ Mujeres: \_\_\_\_\_
2. Dónde trabajan, especifique: \_\_\_\_\_
  - a) Dentro de la comunidad: H \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_ Total \_\_\_\_\_
  - b) Fuera de la comunidad: H \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_ Total \_\_\_\_\_  
 Dónde: \_\_\_\_\_
3. ¿Cuál es el ingreso económico total de todos los miembros de la familia que trabajan y aportan a los gastos del hogar al mes? C\$ \_\_\_\_\_
4. En que trabajan las personas del hogar:
  - a) Ganadería \_\_\_\_\_ b) Agricultura \_\_\_\_\_
  - c) Ambas \_\_\_\_\_ d) Jornaleros \_\_\_\_\_ e) Comerciantes: \_\_\_\_\_ Otros \_\_\_\_\_  
 Especifique: \_\_\_\_\_
5. ¿Tipos de cultivos qué realizan?
  - a) Arroz \_\_\_\_\_ b) Frijoles \_\_\_\_\_ c) Maíz \_\_\_\_\_ d) Otros \_\_\_\_\_
6. ¿Tienen Ganado? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Cuánto: a) Vacuno \_\_\_\_\_ b) Equino \_\_\_\_\_  
 c) Caprino (cabra, ovejas, pelibuey) \_\_\_\_\_

7. ¿Tienen animales de corral? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Cuántos a) Cerdos \_\_\_\_\_ b) Gallinas \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_

8. ¿Cuenta la vivienda con servicio de energía eléctrica? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

9. Quien paga el servicio de energía

a. El esposo

b. La esposa

c. Otro (especifica)

1. De cuanto fue el último pago de energía realizado en su hogar \_\_\_\_\_

9. Si no cuenta con servicio de energía, ¿Como la familia se abastece de electricidad o se ilumina? \_\_\_\_\_

10. ¿Cuánto gasta en combustibles para recibir electricidad: Gas cuánto: \_\_\_\_\_ Gasolina: \_\_\_\_\_ Otros especifique; \_\_\_\_\_

11. ¿Cuánto gasta mensualmente en su abastecimiento o mantenimiento? \_\_\_\_\_

12. ¿De cuánto fue el último pago de energía eléctrica, realizado en el hogar? C\$ \_\_\_\_\_

13. ¿Cuánto es el gasto promedio mensual en telefonía celular que invierte la familia: C\$ \_\_\_\_\_

## II. CONDICIONES DE LA VIVIENDA

1. La vivienda es: a) Propia \_\_\_\_\_ b) Prestada \_\_\_\_\_ c) Alquilada \_\_\_\_\_

2. Que material predomina en las paredes exteriores de la vivienda: a) Bloque \_\_\_\_\_ b) Ladrillo \_\_\_\_\_ c) Madera \_\_\_\_\_ d) Materiales combinados (especifique) \_\_\_\_\_

3. El piso es: a) Madera \_\_\_\_\_ b) Tierra \_\_\_\_\_ c) Ladrillo \_\_\_\_\_ d) Otros \_\_\_\_\_

4. El techo es: a) Zinc \_\_\_\_\_ b) Teja \_\_\_\_\_ c) Madera \_\_\_\_\_ d) Palma \_\_\_\_\_ e) Otros \_\_\_\_\_

5. Cuántas divisiones tiene la vivienda: a) Tres \_\_\_\_\_ b) Dos \_\_\_\_\_ c) No tiene \_\_\_\_\_

6. Resumen del estado de la vivienda: a) Buena \_\_\_\_\_ b) Regular \_\_\_\_\_ c) Mala \_\_\_\_\_

## III. SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (Observar, verificar)

1. ¿Cuál es la opción de saneamiento que posee en su vivienda? a) Letrina con arrastre hidráulico \_\_\_\_\_ b) Letrina Compostera \_\_\_\_\_ c) Letrina ventilada de hoyo seco \_\_\_\_\_ d) Pozo ciego o negro e) No tiene \_\_\_\_\_ f) Otro: ¿Cuál? \_\_\_\_\_ (especificar)

2. ¿En qué estado se encuentra su opción de saneamiento? a) Buena \_\_\_\_\_ b) Regular \_\_\_\_\_ c) Mala \_\_\_\_\_ (verificar)

3. ¿Con el apoyo de quién instaló su opción de saneamiento? a) Aporte Familiar b) Municipalidad c) Otro: ¿Cuál? \_\_\_\_\_ (especificar)

4. ¿Dónde está instalada su opción de saneamiento? a) Dentro de la vivienda \_\_\_\_\_ b) Fuera de la vivienda \_\_\_\_\_
5. ¿Es la opción de saneamiento elegida es de uso exclusivo del hogar? a) Si, exclusivo b) No, compartido con otras familias.
6. ¿Cuántas familias comparten la opción de saneamiento? \_\_\_\_\_
7. ¿Quiénes usan su opción de saneamiento? a) Adultos \_\_\_\_\_ b) Niños/as \_\_\_\_\_ c) Otros familiares \_\_\_\_\_
8. ¿Están satisfechos con el tipo de opción de saneamiento que utilizan actualmente? a) Si \_\_\_\_\_ b) Poco \_\_\_\_\_ c) No \_\_\_\_\_
9. ¿Por qué no están satisfechos? (Marque todos los que menciona) a) No funciona bien b) Huele mal c) Tiene insectos o moscas d) Trae enfermedad e) Es muy distante f) Es peligroso g) Otro: \_\_\_\_\_ (Especificar)
10. De no tener opción de saneamiento, ¿Estaría dispuesto/a apoyar la construcción de estas? a) Si \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_
11. ¿Por qué no? a) Los costos son muy altos \_\_\_\_\_ b) Es difícil encontrar buenos albañiles \_\_\_\_\_ c) Prefiero lo que tengo ahora \_\_\_\_\_ d) Otra, especifique: \_\_\_\_\_
12. ¿Cuánto estaría dispuesto(a) pagar para mejorar su opción de saneamiento? \_\_\_\_\_
13. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa? a) La riegan \_\_\_\_\_ b) La dejan correr \_\_\_\_\_ Otros especifique: \_\_\_\_\_
14. ¿La familia tiene animales domésticos: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
15. ¿Cómo se mantienen los animales domésticos en la vivienda?; a) Encerrados \_\_\_\_\_ b) Amarrados \_\_\_\_\_ c) Suelos \_\_\_\_\_
16. ¿Los animales domésticos se abastecen de agua en: a) En el río, quebrada, afluente, ojo de agua \_\_\_\_\_ Otro, especifique: \_\_\_\_\_ Instalación creada para ese fin: \_\_\_\_\_
17. ¿Los animales defecan en el lugar de donde la comunidad se abastece de agua? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ (Verificar mediante observación)

#### IV. DESECHOS SÓLIDOS

1. ¿Qué tipo de tratamiento brinda la familia a la basura que se produce en el hogar?  
 ¿La recogen y la colocan en el camión recolector? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_  
 La tiran en el basurero comunitario: Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_  
 La botan afuera de la casa, en los bordes de quebrada, río, barranco. Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_  
 La entierran: Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_  
 ¿La queman? Sí \_\_\_\_ No \_\_\_\_  
 Otros Especifique: \_\_\_\_\_

#### V. ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CONSUMO

1. ¿Cómo se abastece de agua principalmente este hogar?  
 a) Red pública dentro de la vivienda  
 b) Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de propiedad

- c) Red pública – pileta comunitaria
  - d) Pozo público con bomba
  - e) Pozo privado con bomba
  - f) Pozo público o privado sin bomba
  - g) Río o acequia
  - h) Manantial
  - i) Agua de lluvia almacenada
  - j) Camión tanque, aguatero
  - k) Otro ¿Cuál?: \_\_\_\_\_
2. ¿Cuenta con el servicio de agua potable durante todo el año? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
3. ¿La cantidad de agua recibida es la misma en época seca y en época lluviosa?  
Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
4. ¿Cuántas horas de servicio recibe al día? \_\_\_\_\_
5. ¿Le parece suficiente la cantidad de agua que recibe para las necesidades del hogar? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
6. ¿Quién cubrió los costos de la conexión? \_\_\_\_\_
7. ¿Cuánto costó la conexión? \_\_\_\_\_
8. ¿Qué Tipo de sistema es el que suministra el agua en su vivienda? Pozo excavado a mano \_\_\_\_\_ Mini acueducto por bombeo (MABE) \_\_\_\_\_ Mini acueducto por Gravedad (MAG) \_\_\_\_\_ Filtración en Múltiple Etapa (FIME) \_\_\_\_\_ Agua entubada sin tratamiento \_\_\_\_\_ Agua entubada con cloración \_\_\_\_\_ Otro, especifique \_\_\_\_\_
9. ¿Está satisfecho con el servicio de agua? \_\_\_\_\_
10. ¿El servicio de agua potable se encuentra funcionando actualmente? Si \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_ Por qué no \_\_\_\_\_
11. ¿Paga por el agua que consumé? a) Si \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_
12. ¿Con qué frecuencia paga el agua consumida?
- a) Diario
  - b) Semanal
  - c) Mensual
  - d) Anual
  - e) Eventual
13. ¿Cuánto pagan de agua al mes? \_\_\_\_\_
14. ¿Le parece adecuado lo que le cobran?
- a) Es mucho
  - b) Es lo adecuado
  - c) Es poco
  - d) No sabe/No precisa
15. Si no recibe agua a través de la red de distribución ¿Cómo transporta el agua para el consumo humano? Por acarreo: \_\_\_\_\_ Compra de botellones de agua pura; \_\_\_\_\_ Otros, especifique: \_\_\_\_\_

16. ¿Quién busca o acarrea el agua para su vivienda? a) La mujer\_\_\_\_\_ b) El hombre\_\_\_\_\_ c) Los niños/as\_\_\_\_\_ d) Otros\_\_\_\_\_ ¿Quién? \_\_\_\_\_
17. ¿Cuánto tiempo utiliza para llegar a la fuente donde obtiene el agua? - \_\_\_\_\_
18. ¿Cuántos viajes realizan diario para buscar el agua que utilizan? \_\_\_\_\_
19. ¿Cuánta agua busca cada viaje? a) \_\_\_\_\_Barriles b) \_\_\_\_\_Bidones
20. ¿En qué almacena el agua? a) Barriles\_\_\_\_\_ b) Bidones\_\_\_\_\_ c) Pilas\_\_\_\_\_ d) Pichingas \_\_\_\_\_ e) Galones \_\_\_\_\_
21. Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen: a) Tapados \_\_\_\_\_ b) Destapados \_\_\_\_\_ c) Como\_\_\_\_\_ (verificar)
22. La calidad del agua que consumen en el hogar, la considera: a) Buena \_\_\_\_\_ b) Regular \_\_\_\_\_ c) Mala \_\_\_\_\_
23. ¿Qué condiciones tiene el agua que consumen (¿se puede marcar varias situaciones? a) Tiene mal sabor\_\_\_\_\_ b) Tiene mal olor\_\_\_\_\_ c) Tiene mal color\_\_\_\_\_
24. ¿Le gustaría tener servicio de agua potable? a) Si\_\_\_\_\_ b) No\_\_\_\_\_ C) Porqué \_\_\_\_\_
25. ¿Cuánto estaría dispuesto/a en pagar por este servicio por mes? \_\_\_\_\_
- a) No estaría dispuesto/a pagar; ¿Por qué? \_\_\_\_\_

## VI. SITUACIÓN DE SALUD EN LA FAMILIA

1. Enfermedades padecidas por los miembros de la familia durante los últimos 6 meses (cuántos).

Enfermedades	Grupos de Edad					Observaciones
	0 a 5	6 a 13	14 a 30	31 a 50	51 a +	
Diarrea						
Tos						
Resfriados						
Malaria						
Dengue						
Parasitosis						
Infección renal						
Tifoidea						
Hepatitis						
Infecciones dérmicas(piel)						
Otras						

2. ¿Están vacunados los niños y niñas? a) Si\_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_
3. Las personas que habitan en esta vivienda practican hábitos de higiene como:
- a) Lavado de manos después de usar la letrina: Si\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

- b) Antes de preparar e ingerir alimentos: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
c) Después de cambiar el pañal: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
d) Luego de llevar a los niños/as a la inodoro o letrina: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
e) Luego de estar en contacto o limpiar a las personas enfermas: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

f) Mencione otro momento en el que los miembros de la familia realicen el lavado de manos: \_\_\_\_\_

4. ¿Cuántos niños y niñas nacieron y/o fallecieron en este hogar, durante el año pasado?

Vivos/as: Niñas \_\_\_\_\_ Niños \_\_\_\_\_ Total \_\_\_\_\_

Fallecidos/as: Niñas \_\_\_\_\_ Niños \_\_\_\_\_ Total \_\_\_\_\_

5. ¿Existen en el hogar personas con capacidades diferentes? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

6. ¿Qué tipo de discapacidad? \_\_\_\_\_

Varones: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Mujeres: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

## VII. ORGANIZACIÓN COMUNITARIA

1. Existe en la comunidad algún tipo de organización comunitaria (Gabinetes de Poder Ciudadano, Comunitarias, Consejos de Liderazgo Sandinista, Cooperativas, Organizaciones de Mujeres, Religiosa, Productores, Juventud, Artísticas, culturales, deportivas, ¿otras)?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Especifique: \_\_\_\_\_

2. ¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización?

Sí \_\_\_\_\_ ¿De qué tipo? a) Productiva \_\_\_\_\_ b) Social \_\_\_\_\_ c) Religiosa \_\_\_\_\_  
d) Otra, especifique \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_

3. ¿Cuántos miembros del hogar participan en la organización comunitaria? a) Hombres \_\_\_\_\_ b) Mujeres \_\_\_\_\_ c) Total \_\_\_\_\_

4. Las personas de este hogar estarían dispuestas a participar de forma organizada, en la construcción de un proyecto de agua potable y saneamiento para su comunidad.

a) Si \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_ c) Por qué \_\_\_\_\_

GRACIAS

\_\_\_\_\_  
Nombre del Encuestador(a)

## Anexo N° IV: Aforo de Fuente

### 1. DATOS GENERALES DE LA COMUNIDAD (una por fuente)

Departamento o Región:	Municipio:	Fecha:
<b>Nombre de la (s) Comunidad (es): Comunidad El Bálsamo</b>	<b>Terrabona</b>	<b>22/07/2019</b>
Nombre y cargo de la persona que realizó el aforo: Ballardo Artola, William Obando, Yunielka Artola. – Estudiantes.		

1) Coordenadas de la comunidad **N 1403047.34 m W 618955.11 m.**

2) Altura de la comunidad MSNM **466**

3) Total de Viviendas **62**

4) Total de habitantes **366**

### 2. DATOS DE LA FUENTE:

2.1 Tipo de fuente: Superficial  Subterránea:

2.1.1 Superficial: Manantial:  Río:  Quebrada:  Laguna:  Otros:

2.1.2 Subterránea: PP:  PE:

Dueño de la fuente de agua: **La Comunidad Con Representación Legal De La Municipalidad.**

Coordenadas de la fuente de agua **N 1402829.0 m W 0619891.0 m**

Altura de la fuente: **513.45.0 msnm**

Fecha de aforo: **20/07/2019**

➤ **Método de aforo: se realizó aforo por el método volumétrico.**

**Fuentes superficial.**

Método Volumétrico:

N°	Volumen del Recipiente (L)	Tiempo de Llenado (S)	Caudal estimado (L/s)
1	18.92705	40.16	0.47
2	18.92705	33.92	0.56
3	18.92705	35.02	0.54
Promedio			1.57 L/s
			24.88 Gpm

Fuente: Elaboración Propia (2019)

## Anexo N° V: Resumen meteorológico anual 1970-2007

Instituto Nicaraguense De Estudios Territoriales													
INETER													
Direccion General De Meteorologia													
Resumen Meteorologico Anual													
Estacion	Terrabona/Terrabona										Coordenadas	Latitud	12°43'42"
Codigo	55026										Longitud	85°57'54"	
Datos	Precipitacion (mm)										Elevacion	600 msnm	
Años	1970-2005										Tipo	PV	
Años	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1970	24.2	5.2	5.1	21.9	112.8	203.8	106.6	140.2	276	164.3	57.7	35	1152.76
1971	10.3	4.2	0	16.3	143	136.4	50.7	47	185.8	218.8	23.1	14.6	850.20
1972	25.93	5.28	5.74	22.6	144.4	56.3	93.1	68.3	46.2	45.1	37.8	26.5	577.24
1973	11.5	0	0.9	0.2	100.1	90	200.3	157.9	229.7	317.6	55.9	2	1166.10
1974	53.9	4.6	3.4	4.3	10.7	44.6	40.5	87.3	235.6	82.5	14.3	18.7	600.40
1975	67.9	2.4	0	5.9	92.7	25.1	98.8	135	277.6	138	96.4	12.5	952.30
1976	8.6	25.8	25.6	0	60	164.8	45.9	46.6	55	64.3	35.3	12.2	544.10
1977	7.1	3.5	0	18.6	184.3	176	101.9	0	108.1	5.3	31.1	26.6	662.50
1978	6.7	0	0.9	9.3	141.7	159.7	143.8	76.8	70.1	147.1	24.8	22	802.90
1979	25.4	0	7.9	142.5	68.5	117.4	98	84.3	259.5	264.9	26.7	26.2	1121.31
1980	26.3	5.9	7.2	0	214.3	139.4	101.9	116.1	239.3	251.5	122.4	18.6	1242.90
1981	0	31.4	27.3	11.1	228	383.1	78.8	187.6	116.6	129.7	41.6	12	1247.20
1982	13.8	20.7	11.6	31.7	377.4	172.8	121.1	10.1	190.3	51	45.7	7.7	1053.90
1983	0	0	8	0	3	22	30.5	68	121.4	18	40.6	16.4	327.90
1984	0	0	9.7	0	21	57	43	162.4	402.9	12	0	17.5	725.50
1985	0	0	10.4	2	70	71.2	156.5	56.9	125.4	232.2	132.3	24	880.90
1986	3.6	8	0	12.7	452.6	139.2	99	56.8	109.7	51.3	48.2	7.8	988.90
1987	30.2	0	73	0	44.9	86.7	239.1	107.8	153.5	47.4	0	5.5	788.10
1988	19.6	8.9	0	0	118.3	213.5	113.62	0	182.58	72.18	44.22	14.24	787.14
1991	25.64	0	1.2	0	103.3	122.4	106	67.9	65.7	193.4	0	0	685.54
1992	0	0	1.2	0	98.2	0	146.7	56.6	171.7	70.2	5.4	33.3	583.30
1993	33.3	1.1	1.3	11.1	343.7	189.3	75.3	134.8	374.4	62.2	28	28.2	1282.70
1994	26	38	0	76.7	61.1	101.4	51	68.4	166.5	127.5	79.7	10.9	807.20
1995	4.7	17	55.6	74	21.6	279.9	143.3	181	125.1	235.2	7.6	0	1145.00
1996	55.8	0	8.1	0	138.9	67.2	240	165.4	146.8	222.5	249.1	6.3	1300.00
1997	5.3	0	28.3	57.7	16.3	211.6	103.4	46.2	247.3	327.9	22.7	0	1066.70
1998	0	0	15.9	0	84.1	92.4	126.1	152.8	171.5	620.2	150.1	25.9	1459.00
1999	54.4	0	66.6	0	167.4	55.4	156.2	34.6	364	171	117.1	9	1195.70
2000	0	0	0	0	54.3	156.1	61.6	40.7	225.4	85.6	18.9	0	642.60
2001	0	0	0	0	172.7	102.1	65.5	56.5	160.9	64.8	52.1	0	674.60
2002	19.6	7.4	0	0	245.2	245.4	102.4	48.4	111.7	93.1	40.8	0	914.00
2003	1	0	57.9	5.9	118.6	205.9	85.5	60.2	95.8	110.8	43.9	0	785.50
2004	28.6	0	19.2	3.7	122.66	87.4	44.5	63.8	115.4	90	61.3	0	636.56
2005	0	0	4.2	16.1	146.5	389.9	96.2	123.6	171.3	381.5	43.9	0	1373.20
Promedio	17.33	5.57	13.42	16.1	131.83	140.16	104.91	85.59	179.96	152.03	52.9	12.75	912.47
Des.Est	18.72	9.7	20.29	30.02	103.21	91.83	51.75	51.9	89.27	127.41	51.32	10.95	656.37
Maximo	0	0	15.9	0	47.1	92.4	126.1	152.8	191.5	620.2	150.1	25.9	1459.00
Minimo	25.93	0	8	0	3	22	30.5	68	121.4	18	40.6	16.4	353.83

Fuente: Ineter

## Anexo N° VI: Parámetros y resultados de calidad de agua

Parámetro	Valor obtenido	Categoría 1 A	Categoría 1 B
	Manantial el zapote		
Oxígeno disuelto (OD)	8.2	> 4.0 mg/l (*)	> 4.0 mg/l (*)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> , 20)	-	2.0 mg/l	5.0 mg/l
pH	7.18	mín. 6.0 y máx. 8.5	mín. 6.0 y máx. 8.5
Color real	< 1	< 15 U Pt-Co	< 150 U Pt-Co
Turbiedad	0.102	< 5 UNT	< 250 UNT
Fluoruros	0.1	mín 0.7 y máx. 1.5	< 1.7 mg/l
Hierro Total	0.018	0.3 mg/l	3 mg/l
Mercurio Total	-	0.001 mg/l	
Plomo Total	-	0.01 mg/l	
Sólidos Totales disueltos	222	1000 mg/l	
Sulfatos	8.47	250 mg/l	
Zinc		3 mg/l	
Cloruros	23.7	250 mg/l	
Organismos Colif. Totales	1.3 x 10	(**)	(***)

Cianuro total	-	0.1 mg/l
Cobre total	-	2.0 mg/l
Cromo total	-	0.05 mg/l
Detergentes	-	1.0 mg/l
Dispersantes	-	1.0 mg/l
Dureza como CaCO <sub>3</sub>	-	400 mg/l
Extracto de carbono al cloroformo	-	0.15 mg/l
Fenoles	-	0.002 mg/l
Manganeso total	< 0.02	0.5 mg/l
Nitritos + Nitratos (N)	3.159	10.0 mg/l
Plata total	-	0.05 mg/l
Selenio	-	0.01 mg/l
Sodio	20	200 mg/l
Organofosforados y Carbamatos	-	0.1 mg/l
Organoclorados	-	0.2 mg/l
Actividad □	-	max. 0.1 becquerelio por litro (Bq/l)
Actividad □	-	max. 1.0 becquerelio por litro (Bq/l)

Fuente: Norma CAPRE.

## Resultados de análisis físico químico generales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS					FQAN1708-0134
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN		TELEFONO
Manuel Salinas			Colonia Independencia No. 56		NR
ATENCIÓN			CARGO	EMAIL	CELULAR
Ing. Manuel Salinas			Consultor	<a href="mailto:proisa@ymail.com">proisa@ymail.com</a>	84639762
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	25/08/2019	2871	Tres (03)
11/08/2019	15/08/2019	24/08/2019			
Fecha y Hora de Muestreo			10/08/2019; 08:41 am		
Muestreado por			María Laura Salinas		
Supervisor de Muestreo en Campo			Ing. Manuel Salinas		
Fuente			La Lima		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			Comunidad El Balsamo, Terrabona, Matagalpa		
Coordenadas			X: 619834; Y: 1402836		
Codificación PIENSA			LA-1708-0629		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Norma CAPRE*
			PUNTO DE MUESTREO 3		
Visual	Aspecto	NE	Claro		NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.18		6,5 - 8,5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	334.00		400**
2130-B	Turbiedad	NTU	0.102		5
2120-C	Color Verdadero	UC	< 1.00		15
2320-B	Alcalinidad	mg/L	118.20		NE
2320-B	Carbonatos	mg/L	< 0.10		NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/L	118.20		NE
4500-B	Nitratos	mg/L	3.15		50
4500-B	Nitritos	mg/L	< 0.009		0.1
4500-D	Cloruros	mg/L	23.70		250
3500-B	Hierro Total	mg/L	0.018		0.3
4500-E	Sulfatos	mg/L	8.47		250
2340-C	Dureza total	mg/L	99.36		400**
2340-C	Dureza Calcica	mg/L	56.00		NE
3500-B	Calcio	mg/L	22.44		100**
3500-B	Magnesio	mg/L	10.54		50
3500-B	Manganeso	mg/L	< 0.02		0.5
3500-X	Sodio	mg/L	20.00		200
3500-C	Potasio	mg/L	2.10		10
4500-C	Fluor	mg/L	0.100		0.7

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
 <: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta, PMS=Poca Materia en Suspensión.  
 Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA – Environmental Protection Agency

\* Norma regional de calidad del agua para consumo humano: \*\* Valor recomendado

*Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente*

Ph.D. Leandro Parempo  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA UNI

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

0006342

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

Fuente: Alcaldía Municipal Terrabona (2019)

## Resultados de análisis físico químico coliformes totales



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



### LABORATORIO AMBIENTAL

CERTIFICADO DE ENSAYOS				LA-MB-1708-0130-3
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN:		TELEFONO
Ing. Manuel Salinas		Colonia Independencia No. 56		NER
ATENCIÓN:		CARGO:	EMAIL:	CELULAR
Ing. Manuel Salinas		Consultor	<a href="mailto:proisa@ymail.com">proisa@ymail.com</a>	84639762
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	21/08/2019	2871
11/08/2019	11/08/2019	15/08/2019		Tres(3)
Fecha y Hora de Muestreo		11/08/2019 8:41am		
Supervisor y muestreo de campo		Ing. Manuel Salinas		
Muestreado por		María Laura Salinas		
Fuente		La Lima		
Tipo de muestra		Agua Superficial		
Coordenadas		X: 619834 ; Y: 1402836		
Observaciones de Ubicación		El balsamo Terrabona Matagalpa		
Codificación PIENSA		LA-1708-0629		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION PUNTO DE MUESTREO 3	Norma CAPRE*
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	1.3*10	Neg
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	2.0	Neg
9221F	E.coli	NMP/100ml	2.0	NE

**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, 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*

Ph.D. Leandro Páramo 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.*

0006348

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni)

Fuente: Alcaldía Municipal Terrabona (2019)

## Resultados de análisis físico químico de arsénicos



**Universidad Nacional de Ingeniería**  
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo  
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente  
 Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS					MP1708-101
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN		TELEFONO
Manuel Salinas			Colonia Independencia No. 56		NR
ATENCIÓN			CARGO	EMAIL	CELULAR
Ing. Manuel Salinas			Consultor	proisa@ymail.com	8463-9762
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
10/08/2019	23/08/2019	23/08/2019	29/08/2019	2871	Tres (3)
Fecha y Hora de Muestreo			10/08/2019; 04:09 pm		
Muestreado por			María Laura Salinas		
Supervisor de Muestreo en Campo			Ing. Manuel Salinas		
Fuente			La Lima		
Tipo de muestra			Agua Superficial		
Observaciones de Ubicación			El Bálsamo-Terrabona, Matagalpa		
Coordenadas			X:619834 ; Y: 1402836		
Codificación PIENSA			LA -1708-0629		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Norma CAPRE*
GH	Arsénico	mg/l	PUNTO DE MUESTREO 3		0.01
			<0.001		

**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.  
 Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods, 21th.2005 EPA = Environmental Protection Agency  
 \*Norma Regional de Calidad del Agua para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE.  
 G.H: Generador de Hidruros, Utilizando ARSENATOR

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

  
**P.B. Leandro Pizarro Aguilera**  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

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

0006351

Telefax Dirección: (505) 2278-1462 • Teléfonos: Área Académica 2270-5613 y 8866-6702 (M); Atención al Cliente Laboratorios Tel.: 2270-1517 5847-6823 (C) y 8152-7314 (M); Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

Fuente: Alcaldía Municipal Terrabona (2019)

## Anexo N° VII: Clasificación de recursos hídricos

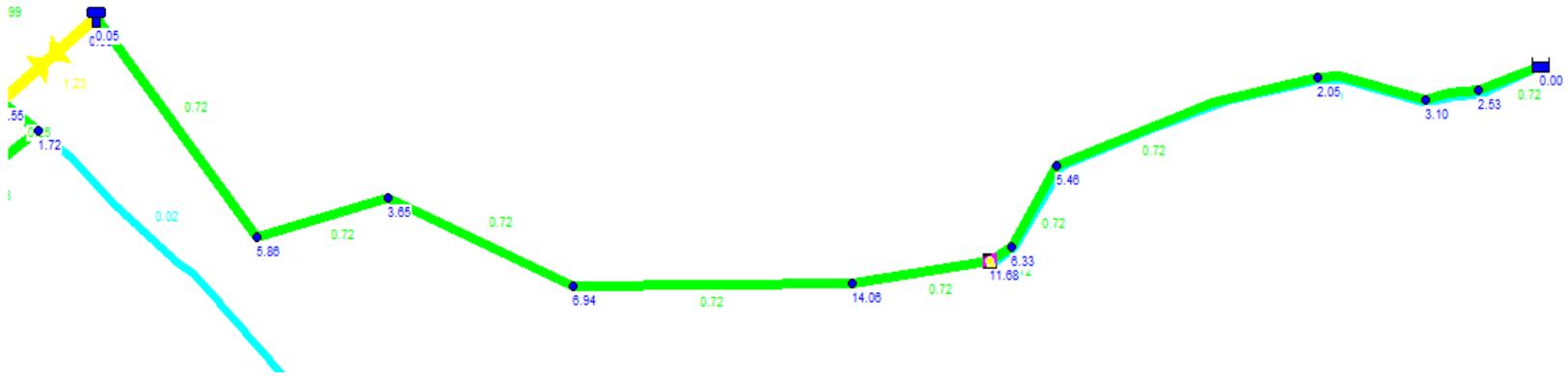
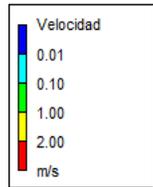
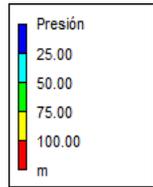
<b>Clasificación del Recurso Hídrico de Acuerdo a Uso (NTON 05-007-98)</b>				
<b>Desde El Punto de Vista Bacteriológico</b>				
<b>Parametro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Limite Maximo</b>	
			<b>Promedio Mensual Menor a</b>	
			<b>Categoría 1A</b>	<b>Categoría 1B</b>
Organismo de Coliforme Totales	UFC/100ml	17,000	2,000 NMP/100ml	10,000 NMP/100ml
Organismo de Coliforme Fecales	UFC/100ml	17,000		
			<b>Categoría 2A</b>	<b>Categoría 2B</b>
Organismo de Coliforme Totales	UFC/100ml	17,000	1,000 NMP/100ml	5,000 NMP/100ml
Organismo de Coliforme Fecales	UFC/100ml	17,000	100 NMP/100ml	1,000 NMP/100ml

Fuente: NTON 05-007-98

# Anexo N° VII: Análisis de parámetros de velocidad y presión en la red

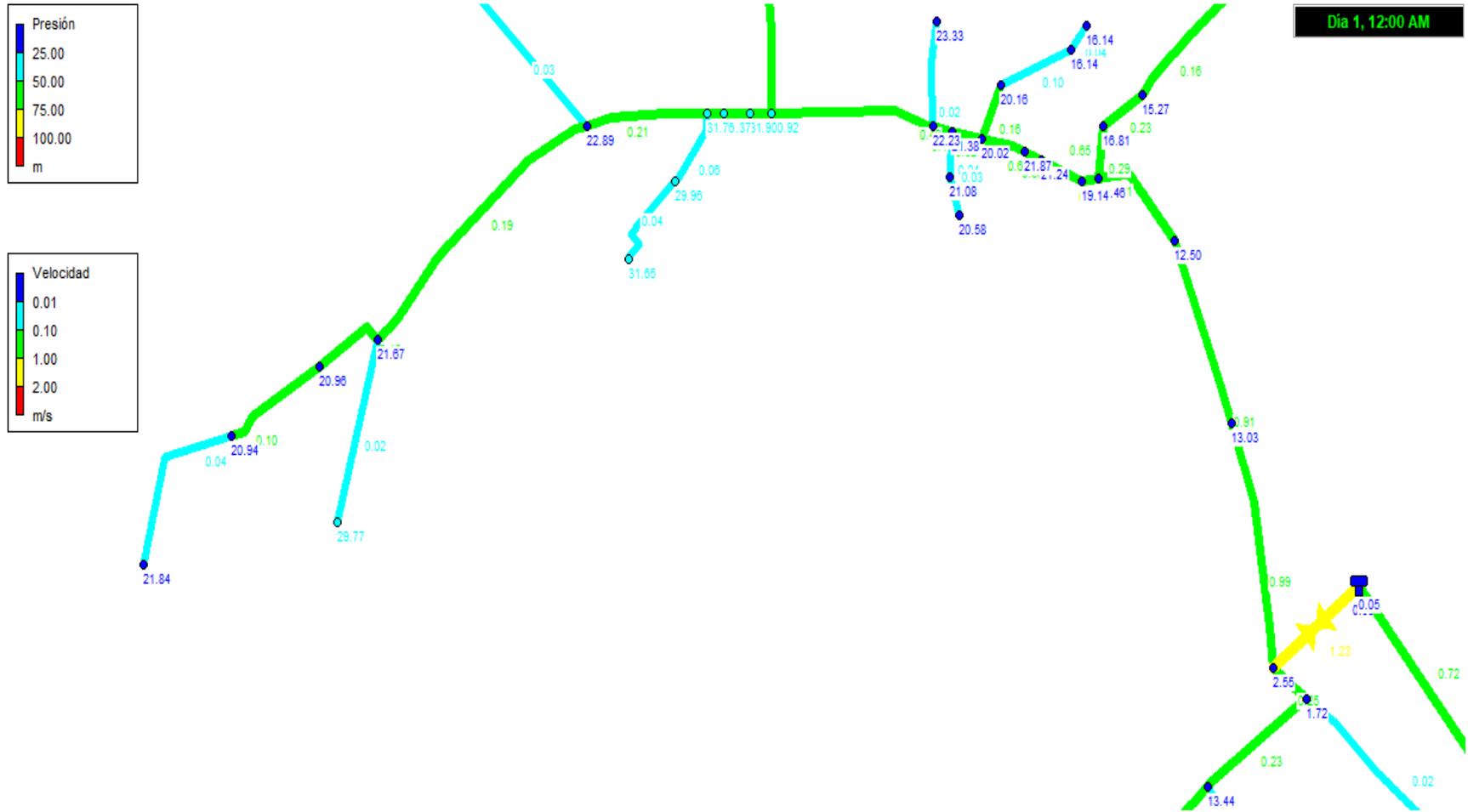
## Línea de conducción

Día 1, 12:00 AM



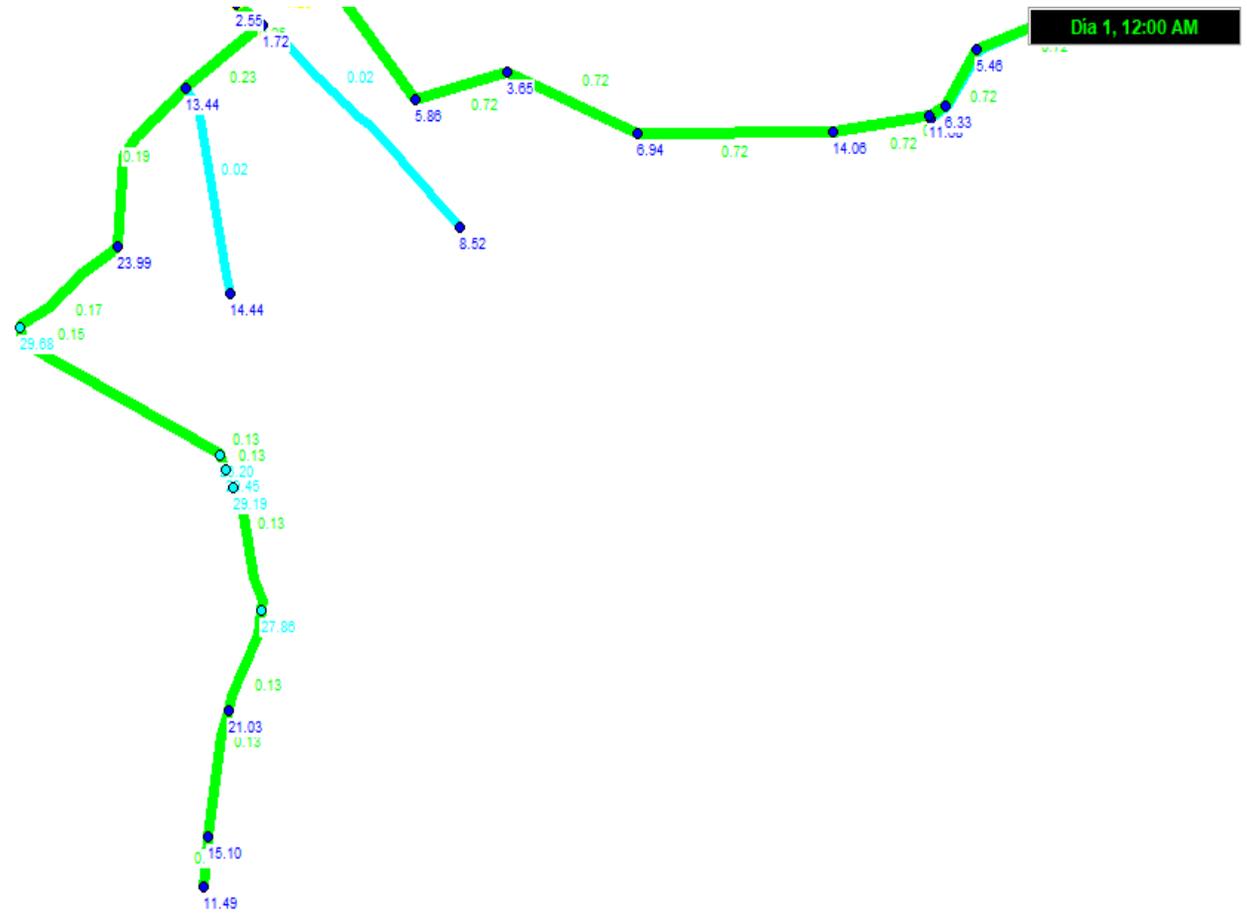
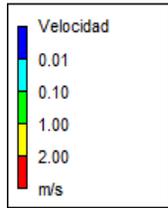
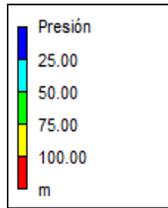
Fuente: Elaboración Propia 20

## Red de distribución Ramal principal



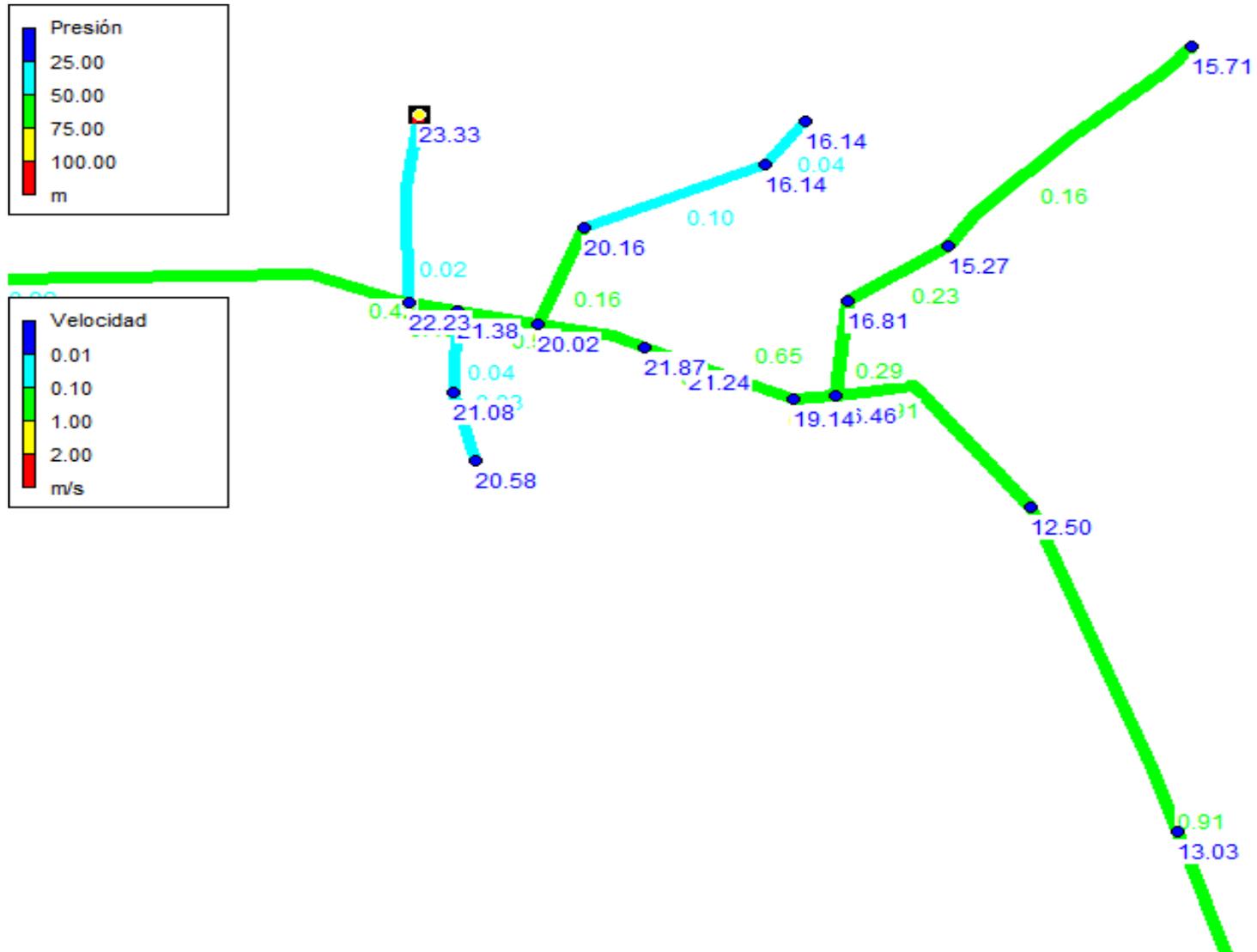
Fuente: Elaboración Propia (2019)

### Red de distribución Ramal N° 2 y 3



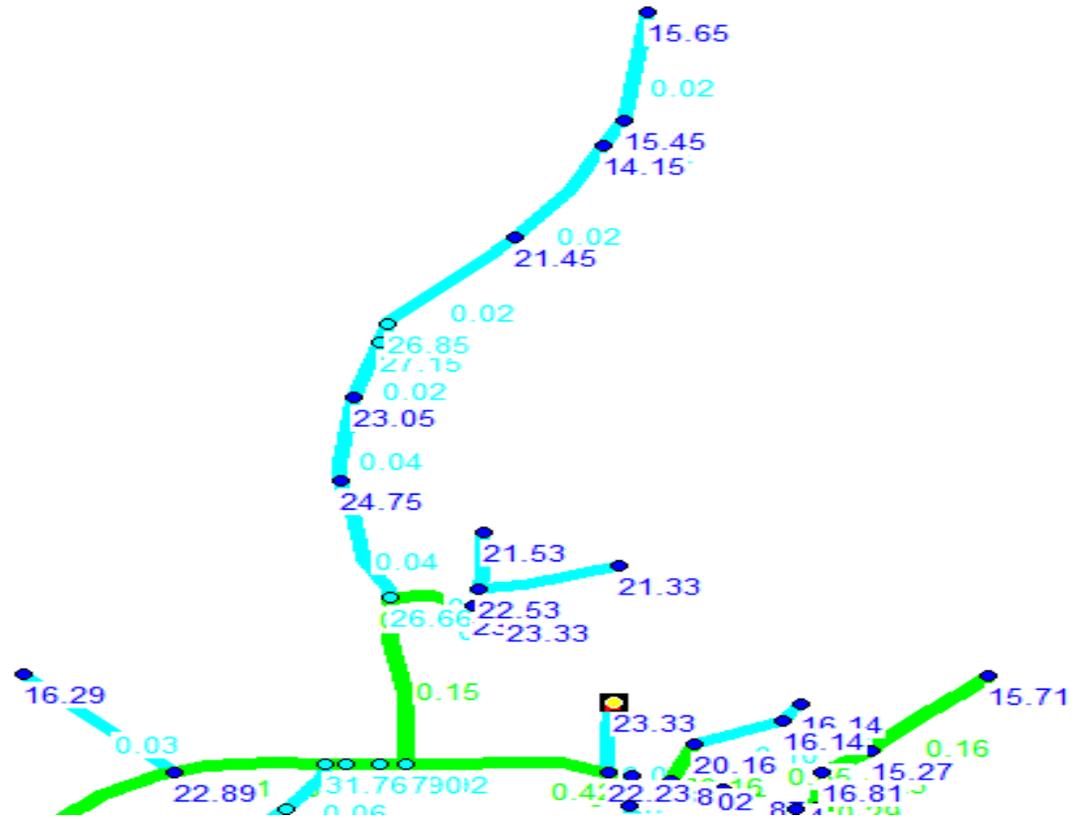
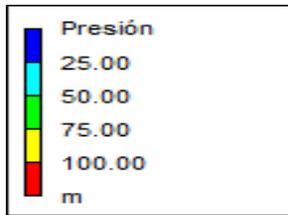
Fuente: Elaboración Propia (2019)

### Red de distribución Ramal N° 4, 5, 6 y 7



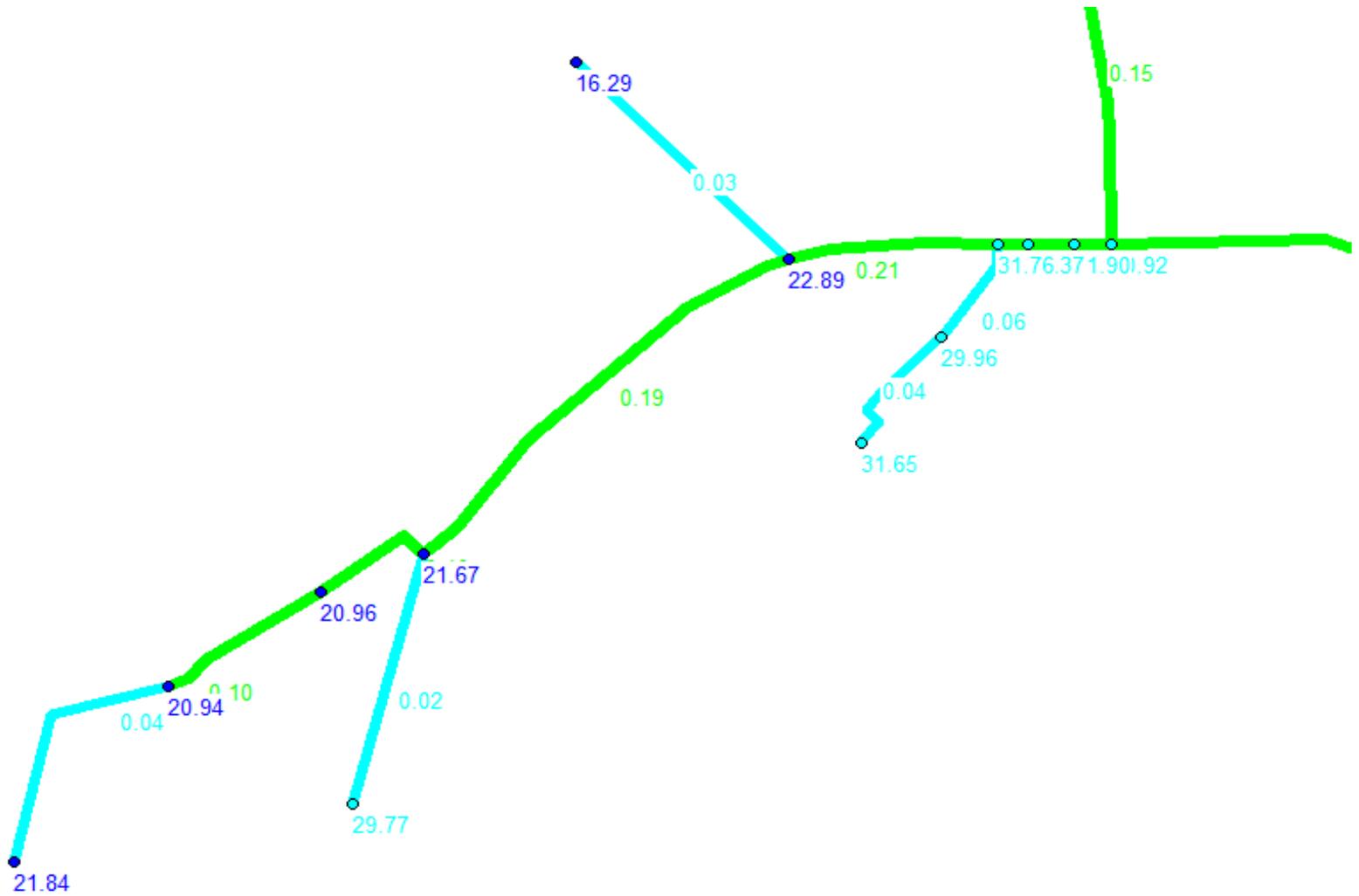
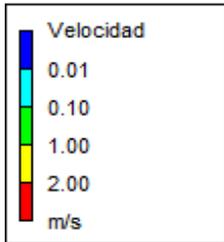
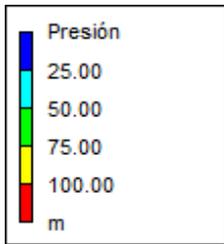
Fuente: Elaboración Propia (2019)

### Red de distribución Ramal N° 8, 9, 10 y 11

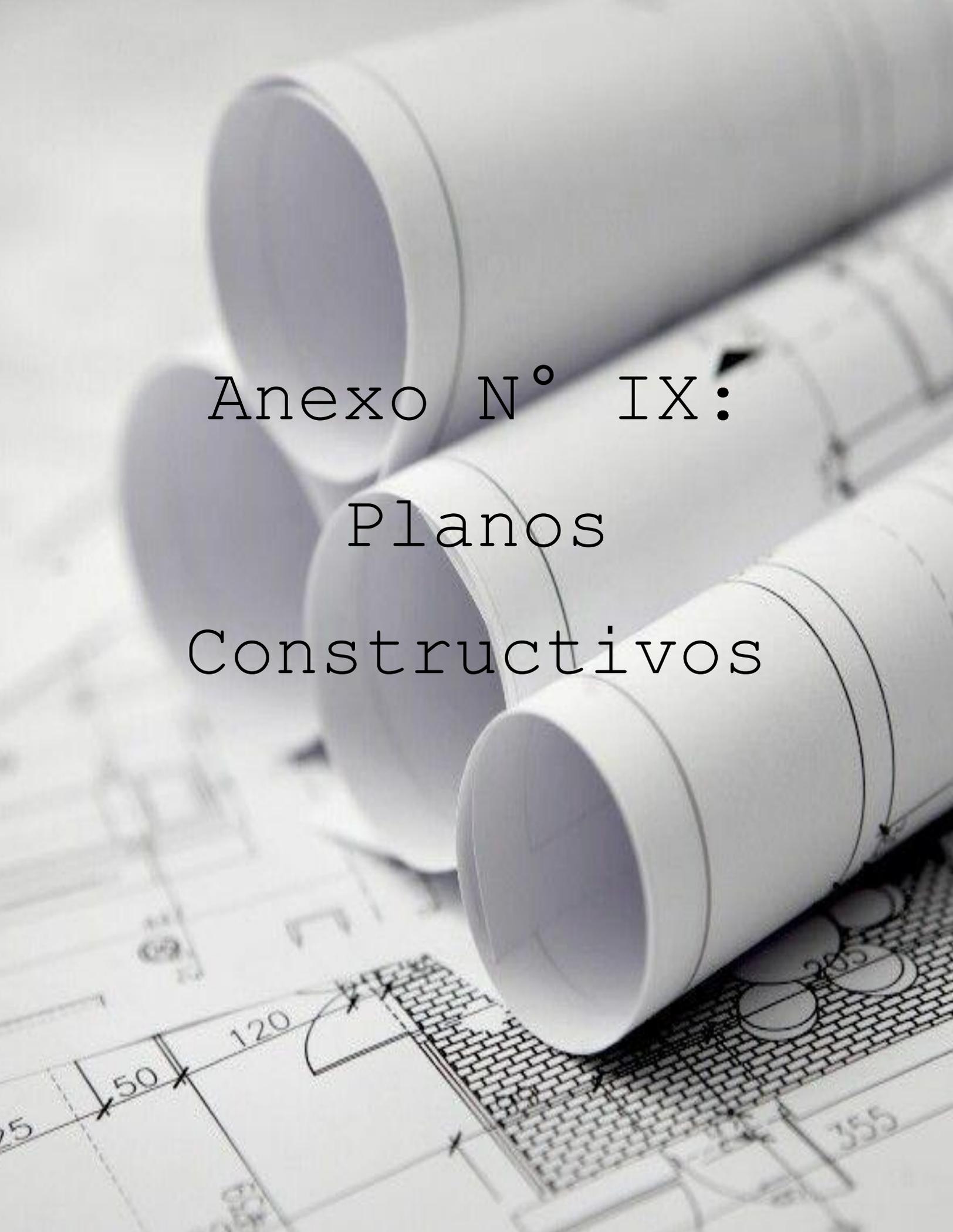


Fuente: Elaboración Propia 2019

### Red de distribución Ramal N° 12, 13 , 14 y 15



Fuente: Elaboración Propia 2019

The image shows three rolled-up architectural blueprints lying on a table. The blueprints are white with black lines and text. The top blueprint is partially unrolled, showing a grid pattern and some dimensions. The middle and bottom blueprints are more tightly rolled. The background is a light-colored surface, possibly a table, with some faint lines and numbers visible. The text is centered over the blueprints.

Anexo N° IX:  
Planos  
Constructivos

