



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

**Monografía**

**DISEÑO DE MINI ACUEDUCTO POR BOMBEO ELÉCTRICO (MABE) EN LA  
COMUNIDAD LAS CRUCES, MUNICIPIO YALAGÜINA,  
DEPARTAMENTO MADRIZ**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Sara Migdalia Arteta Centeno

Br. Greylin Lourdes Valdivia Torres

**Tutor**

Ing. Ajax Santiago Moncada

Managua, 30 de Agosto 2016

## DEDICATORIA

Esta tesis que hemos realizado con tanto esmero y dedicación se la dedico a mi madre **María Lourdes Torres Picado**, por ser mi inspiración para salir adelante, mi apoyo incondicional, la que siempre me motiva a realizar las cosas de la mejor manera, por ser una madre ejemplar y siempre mostrarme el camino del bien.

Te amo Madre y este logro es de las dos.

*Greylin Valdivia*

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres:

- A mi mamá ***Migdalia de Fátima Centeno Herrera***, por enseñarme a luchar por mis sueños instándome siempre a seguir adelante y no darme por vencida, por ser mi ejemplo a seguir y apoyarme en cada momento de mi vida. Te admiro y te amo mamá.
- A mi papá ***Joaquín del Rosario Arteta Montenegro*** por su apoyo sin condiciones, su esmero y su sacrificio, por brindarme la oportunidad de cumplir mis metas de seguir adelante, por ser ese hombre trabajador y responsable y con su ejemplo enseñarme a amar lo que hago, te amo papá.

Esta meta cumplida es fruto de su amor, de su trabajo, de su entrega papás. Este sueño cumplido es de ustedes, es nuestro.

*Sara Arteta*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos principalmente a Dios Nuestro Padre Celestial por guiarnos desde la elección de nuestra carrera hasta la culminación de nuestra tesis y brindarnos sabiduría para cumplir esta meta. Por cruzar nuestros caminos en este sueño mutuo, ser buenas compañeras y sobre todo grandes amigas. La Honra y Gloria sean para ti Señor.

Agradecemos también a las personas y entidades que nos brindaron su apoyo compartiendo sus conocimientos, tiempo y disponibilidad. Entre ellas: la Alcaldía de Yalagüina, TecnoBombas Construcciones y Servicios S.A, Ing. Vicente Díaz, Ing. Mauricio Castillo, Ing. Gustavo Montalván, Ing. César Collado, Arq. Ernesto Torres, Ing. Allan Soza. Deseándoles siempre lo mejor y bendiciones.

Estelí, 26 de agosto 2016.

Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba  
Decano FTC  
Su despacho

Saludos cordiales:

Por medio de la presente hago constar que los bachilleres **Sara Migdalia Arteta Centeno y Greylin Valdivia Torres**, han culminado su tesis monográfica con el tema ***“Diseño de Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) en la Comunidad Las Cruces, municipio Yalagüina, departamento Madriz”***, para optar al título de ingeniero civil.

Esperando tenga éxitos en sus labores y actividades personales, me despido.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A. Moncada', is written over a horizontal line.

Ing. Ajax Santiago Moncada

Tutor de Tesis

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento monográfico muestra el diseño de un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) en la comunidad Las Cruces, municipio de Yalagüina, departamento Madriz en Nicaragua, diseñado del tipo Fuente - Tanque – Red.

La Alcaldía de Yalagüina proporcionó la información sobre la población de Las Cruces y financió una prueba de bombeo a través de la cual se verificó que el pozo Nance Dulce satisface la demanda de la población en el período de diseño con un caudal óptimo de explotación de 40 gpm.

Según las proyecciones realizadas, en el año 2035 el MABE abastecerá a 852 habitantes con una demanda de 1.140 lps (18 gpm) en el día de máximo consumo.

El levantamiento topográfico altiplanimétrico fue realizado con Estación Total y GPS para ubicación de los componentes del sistema.

La tubería de la línea de conducción tiene una longitud de 374 m de PVC- SDR 26 de 50 mm de diámetro, impulsando el agua desde el pozo perforado Nance Dulce con una bomba sumergible Franklin Electric de 2 hp para una Carga Total Dinámica de 300 pies hasta el tanque de almacenamiento de mampostería con una capacidad útil de 24 m<sup>3</sup>.

La red de distribución posee una longitud de 2,920 m que se distribuye por gravedad a lo largo y ancho de la comunidad con tubería PVC-SDR 26 de 50 mm diámetro la línea principal y de 38 mm los ramales secundarios.

Se utilizará una bomba dosificadora de cloro para eliminar los patógenos que presenta el agua y de esta manera proveer agua de calidad a la comunidad.

Los datos obtenidos en campo fueron procesados y calculados en hojas de Microsoft Excel, dibujados en AutoCAD y simulados en EPANET. Las presiones obtenidas en la red están entre el rango permitido por las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüense (NTON) vigentes por el ente regulador INAA. Debido a que algunas de las velocidades de la red son bajas se propone instalar válvulas de limpieza para evitar la acumulación de residuos en la tubería.

Según el presupuesto general del proyecto el costo per cápita y total de la obra asciende a C\$ 2, 067,738.17 (dos millones sesenta y siete mil, setecientos treinta y ocho córdobas con diecisiete centavos) equivalentes a \$69,285.10 (sesenta y nueve mil doscientos ochenta y cinco córdobas con diez centavos), con una tasa de cambio de C\$ 28.8439 cotizada el 29 de agosto del año 2016. De acuerdo a esto se considera que la realización del proyecto es viable además de mejorar la calidad de vida de la comunidad.

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>ASPECTOS GENERALES</b> .....	1
1.1.	Introducción .....	1
1.2.	Antecedentes.....	3
1.3.	Justificación .....	4
<b>II.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	5
2.1.	Objetivo general .....	5
2.2.	Objetivos específicos.....	5
<b>III.</b>	<b>INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO DE ESTUDIO</b> .....	6
3.1.	Macrolocalización .....	6
3.2.	Microlocalización.....	9
3.3.	Geología .....	10
3.4.	Suelo .....	11
3.5.	Clima y vegetación.....	12
3.6.	Perfil socioeconómico .....	12
3.6.1.	Población.....	12
3.6.2.	Viviendas .....	13
3.6.3.	Educación.....	15
3.6.4.	Salud .....	16
3.6.5.	Religión.....	17
3.6.6.	Migración.....	17
3.6.7.	Actividades económicas .....	18
3.6.8.	Población económicamente activa.....	19
3.6.9.	Ingresos mensuales por vivienda .....	19
3.7.	Infraestructura y servicios básicos .....	20
3.7.1.	Agua y saneamiento.....	20
3.7.2.	Vías de comunicación .....	21
3.7.3.	Energía eléctrica .....	21
<b>IV.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	22
4.1.	Agua segura.....	22
4.2.	Tipos de acueductos .....	22

4.2.1. Mini Acueducto por Gravedad (MAG).....	22
4.2.2. Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE).....	22
4.3. Elementos que componen un sistema de abastecimiento de agua.....	23
4.3.1. Fuentes de abastecimiento .....	23
4.3.2. Captación .....	24
4.3.3. Estaciones de bombeo.....	26
4.3.4. Línea de conducción .....	30
4.3.5. Tanque de almacenamiento.....	32
4.3.6. Red de distribución .....	34
4.3.7. Tratamiento .....	35
4.3.8. Conexiones domiciliarias .....	36
4.4. Estudios básicos.....	36
4.4.1. Estudio demográfico.....	36
4.4.2. Censos de Población de años anteriores .....	36
4.4.3. Censo o levantamiento propio .....	36
4.4.4. Levantamiento topográfico .....	37
4.4.5. Investigación hidrológica e hidrogeológica .....	37
4.5. Diseño hidráulico del sistema .....	37
4.5.1. Dotación .....	38
4.5.2. Variaciones de consumo.....	38
4.5.3. Tipos de consumo.....	39
4.6. Accesorios de PVC.....	40
4.6.1. Tipos de accesorios.....	41
<b>V. DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>43</b>
5.1. Trabajo de campo .....	43
5.1.1. Fase inicial .....	43
5.1.2. Prueba de bombeo .....	44
5.1.3. Levantamiento topográfico .....	44
5.2. Trabajo de gabinete.....	45
5.2.1. Fase de procesamiento de datos .....	45
5.2.2. Fase final.....	46
5.3. Parámetros y criterios de diseño .....	47

5.3.1. Proyección de la población.....	47
5.3.2. Consumos .....	50
5.3.3. Fuentes de abastecimiento .....	52
5.3.4. Estación de bombeo.....	52
5.3.5. Línea de conducción .....	54
5.3.6. Red de distribución .....	60
5.3.7. Almacenamiento .....	64
5.3.8. Conexiones domiciliarias.....	64
5.3.9. Desinfección .....	64
5.4. Procedimiento de diseño .....	66
5.4.1. Definir puntos de entrada de agua.....	66
5.4.2. Trazado de las tuberías principales .....	66
5.4.3. Caudales de salida en los nodos.....	67
<b>VI. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>68</b>
6.1. Estudio de población y consumo.....	68
6.1.1. Período de diseño.....	68
6.1.2. Tasa de crecimiento de la localidad.....	68
6.1.3. Proyección de población.....	69
6.1.4. Proyección de consumos.....	70
6.2. Conceptualización del proyecto.....	71
6.2.1. Fuente de abastecimiento .....	71
6.2.2. Línea de conducción .....	73
6.2.3. Equipo de bombeo.....	78
6.2.4. Caseta de bombeo .....	79
6.2.5. Desinfección .....	79
6.2.6. Tanque de almacenamiento.....	80
6.2.7. Red de distribución .....	81
6.3. Estimación de take off y presupuesto general del proyecto.....	87
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>92</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1- Micro regiones del municipio de yalagüina .....	7
Tabla 5.1 - Períodos de diseño. ....	49
Tabla 5.2 - Tipos de consumos. ....	51
Tabla 5.3 - Diámetros de sarta en relación a un rango de caudales.....	54
Tabla 5.4 - Diámetros de válvulas con el caudal de descarga.....	54
Tabla 5.5 - Coeficientes de rugosidad de Hazen – Williams.....	56
Tabla 5.6 - Clases de tuberías y presiones de trabajo para PVC. ....	60
Tabla 6.1 - Datos de población de Madriz .....	68
Tabla 6.2 - Datos de población de Yalagüina.....	69
Tabla 6.3 - Proyección de la población de la comunidad Las Cruces.....	69
Tabla 6.4 - Variaciones de consumo de Las Cruces .....	70
Tabla 6.5 - Resultados de prueba de bombeo comunidad Las Cruces .....	72
Tabla 6.6 - Pérdidas por accesorios .....	77
Tabla 6.7 - Cantidad de hipoclorito de sodio al 12%. ....	79
Tabla 6.8 - Volumen del tanque de almacenamiento .....	80
Tabla 6.9 - Demanda nodales. ....	82
Tabla 6.10 - Presiones en red en la Hora de Máximo Consumo .....	85
Tabla 6.11 - Velocidades en la red en la Hora de Máximo Consumo .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 - Macrolocalización del sitio de estudio. ....	8
Figura 3.2 - Microlocalización comunidad Las Cruces.....	9
Figura 3.3 - Textura del suelo. ....	11
Figura 3.4 - Distribución por sexo.....	12
Figura 3.5 - Distribución por edades .....	13
Figura 3.6 - Viviendas: Tipo de paredes.....	14
Figura 3.7 - Viviendas: Tipo de techo.....	14
Figura 3.8 - Nivel educacional de la población .....	15
Figura 3.9 - Enfermedades más comunes.....	16
Figura 3.10 - Migración .....	17
Figura 3.11 - Población económicamente activa .....	19
Figura 3.12 - Ingresos económicos .....	20
Figura 3.13 - Cantidad de letrinas .....	21
Figura 5.1 - Carga Total Dinámica .....	57
Figura 5.2 - Ubicación de las válvulas de aire .....	62
Figura 5.3 - Ubicación de las válvulas limpieza.....	63
Figura 6.1 - Simulación del sistema propuesto en Epanet v2.....	86

## **I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Introducción**

El agua es un recurso vital, limitado, vulnerable, finito y estratégico, esencial para la existencia, el desarrollo social y económico del país. Proveer su suministro para el consumo humano representa una máxima prioridad nacional que debe ser garantizado por el Estado al pueblo nicaragüense. Así lo expresa la Ley 620: Ley General de las Aguas Nacionales.

Actualmente se está atravesando una crisis de escasez de agua potable en varias comunidades de Nicaragua, algunas de sus causas es el crecimiento de la población y las actividades de deforestación que el mismo hombre realiza, afectando en gran medida la distribución del ciclo del agua y por ende la calidad de vida de las personas.

La mayoría de las comunidades del municipio de Yalagüina se abastecen de agua principalmente de fuentes subterráneas, por medio de pozos perforados y excavados a mano.

Las Cruces es una de estas comunidades, cuenta con dos pozos públicos Nance Dulce y Guanacaste, ambos perforados en el año 2006, de los cuales se extrae el agua a través de bomba de mecate. Dicha comunidad no posee un sistema de abastecimiento que permita a la población recibir agua en cantidad, calidad y disponibilidad hasta sus hogares.

Este trabajo monográfico proporciona el diseño de un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) técnica y económicamente viable, como alternativa de solución, de acuerdo a las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON) establecidas por el ente regulador INAA.

Para un período de diseño de 20 años, se propone utilizar como fuente de abastecimiento el Pozo Nace Dulce (774 msnm) con 235 pies de profundidad y con un caudal óptimo de explotación de 40 gpm.

El tanque de almacenamiento se ubicará en un punto estratégico (797 msnm) con respecto al pozo y la comunidad, que permitirá que cumpla su función hidráulica eficientemente.

Como parte esencial se dará un tratamiento de desinfección con hipoclorito de sodio al agua para mejorar su calidad y de esta manera evitar que la población sufra de enfermedades provocada por la ingesta de agua contaminada.

## 1.2. Antecedentes

Según el informe del proyecto: "Construcción de pozos perforados y letrinas en las comunidades de Las Cruces, San Ramón, Samascunda, El Jocote en el Municipio de Yalagüina, Madriz" (2006) realizado por el Msc. Ing. en cuencas hidrográficas Freddy Obando Soriano, en esta comunidad, en el mes octubre del año 2006 se perforaron dos pozos: Nance Dulce y Guanacaste ejecutados por la empresa Perforaciones Centroamericanas S.A. (PERCASA).

El pozo Nance Dulce se perforó hasta 235 pies y está ubicado en las coordenadas: latitud 13°30'41.47" N y longitud 86°29'43.15" a 774 msnm. Se le realizó una prueba de bombeo escalonada de 6 horas con caudales de 15, 25, 40 gpm dando como resultado un caudal óptimo de explotación de 75 gpm y un máximo de 150 gpm.

De acuerdo al análisis físico químico el agua del pozo resultó Bicarbonatada cálcica ( $\text{HCO}_3 \text{ Ca}$ ) con limitación para consumo humano, levemente por la conductividad eléctrica con un valor de 677  $\mu\text{s/cm}$ , está por encima de las Normas CAPRE y OMS, que establecen 400  $\mu\text{s/cm}$  como límite máximo admisible para agua potable.

El segundo pozo, Guanacaste cuenta con una profundidad de 150 pies y se localiza en las coordenadas: latitud 13°30'48.94" N y longitud 89°29'33.87" a 749 msnm. Su caudal óptimo de explotación es de 23 gpm y un máximo de 40 gpm según la prueba de bombeo escalonada.

El tipo de agua resultó bicarbonatada sódica ( $\text{HCO}_3 \text{ Na}$ ), con limitación para consumo humano debido a su conductividad eléctrica de 1257  $\mu\text{s/cm}$ , que está por encima de las Normas CAPRE y Organización Mundial de la Salud (OMS), que establecen 400  $\mu\text{s/cm}$  como límite máximo admisible para agua potable.

### 1.3. Justificación

La población de Las Cruces del Municipio de Yalagüina se abastece de agua para consumo humano únicamente a través de pozos perforados, pues no cuenta con fuentes superficiales cercanas que puedan ser aprovechadas.

Actualmente la comunidad carece de un sistema de captación y distribución de agua para consumo humano que abastezca a todas las familias.

El pozo Nance Dulce (235 pies) es la principal fuente de obtención de agua, cuenta con bomba de mecate de doble manivela lo que dificulta la extracción del agua debido a su considerable profundidad.

Los más afectados son los niños, dejan de ir a clases por proveer del vital líquido hasta sus hogares, recorriendo largas distancias de forma repetida en el día y solo en ocasiones acompañados por adultos.

El pozo no cuenta con un sistema de purificación de agua cuya consecuencia se ve reflejada en el incremento de enfermedades estomacales en niños, adultos y personas de la tercera edad.

La concepción y el diseño de un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), pretende satisfacer a toda la comunidad de agua segura para consumo humano en cantidad, calidad y continuidad hasta sus hogares de acuerdo a la realidad social, económica y ambiental del lugar que ayude a mejorar el nivel de vida de los habitantes de Las Cruces.

Esta investigación servirá de referencia para llevar a cabo la ejecución del proyecto y como fuente de información para próximos estudios en la comunidad Las Cruces.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Diseñar un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) para la Comunidad Las Cruces en el Municipio de Yalagüina, departamento de Madriz.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analizar socioeconómicamente la población a través de la información existente proporcionada por la Alcaldía.
- Determinar el caudal óptimo de explotación del pozo Nance Dulce mediante prueba de bombeo comprobando así la capacidad como fuente de abastecimiento de la comunidad.
- Realizar un levantamiento topográfico altiplanimétrico mediante el método de poligonal abierta en la comunidad para ubicación de los componentes del sistema (fuente – tanque - red).
- Modelar el Sistema de Abastecimiento de Agua potable a través del uso de Software especializados (AutoCAD, CivilCAD, Epanet).
- Realizar el Take off de los elementos del sistema (fuente-tanque-red).
- Calcular el presupuesto general de la obra.

### III. INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO DE ESTUDIO

#### 3.1. Macrolocalización

El departamento de Madriz está ubicado en la región central norte del país. Sus límites:

- Al norte con el departamento de Nueva Segovia.
- Al sur con el departamento de Estelí.
- Al este con Jinotega y Nueva Segovia.
- Al oeste con el departamento de Chinandega y la república de Honduras.

Posee una extensión territorial de 1,708.23 km<sup>2</sup>, su cabecera municipal es la ciudad de Somoto, ubicada a 216 Km de la ciudad capital Managua<sup>1</sup>.

Está conformado por nueve municipios: San Juan de Río Coco, Somoto, Telpaneca, Palacagüina, Las Sabanas, San Lucas, Totogalpa, San José de Cusmapa y Yalagüina.

Madriz tiene una población de 132,459 habitantes (Censo de Población y Vivienda INIDE 2005), de los cuales 66,988 son hombres y 65,471 son mujeres, con una densidad poblacional de 78 habitantes por km<sup>2</sup>. La población urbana representa el 30.7% y en el área rural es donde está la mayor parte de la población con el 69.3%. Madriz está catalogado como uno de los departamentos más pobres del país.

El municipio de Yalagüina, está ubicado entre las coordenadas 13° 29' latitud y 86° 30' de longitud, con una altura promedio de 694.08 metros sobre el nivel del mar una superficie de 70.92 km<sup>2</sup>. Está localizado al oeste del departamento de Madriz, a 11 kilómetros de distancia de la cabecera departamental y a 205 Km al sur de la capital Managua.

---

<sup>1</sup> (MAGFOR/INIDE, 2013)

El municipio limita:

- Al norte: Totogalpa
- Al sur: Pueblo Nuevo
- Al este: Palacagüina
- Al oeste: Somoto

Posee una población de 9,597 habitantes, 4,855 son hombres y 4,742 son mujeres. La población urbana es de 1,636 habitantes y en el área rural es donde está la mayor parte de la población con 7,961 habitantes. Por su extensión le corresponde el último lugar entre los municipios del departamento de Madriz<sup>2</sup>.

El municipio de tiene 4 sectores, dos barrios urbanos y 21 comunidades rurales, dividido en 6 micro regiones como muestra la tabla siguiente:

<b>Micro Región N°</b>	<b>Comunidades</b>
1	Cerro Grande, Quebrada Arriba, Samascunda.
2	La Esperanza, Arado Quemado, San Antonio, Santa Ana.
3	El Chagüite, El Terreno, Cofradía.
4	San Ramón, La Cruz, Trapichito.
5	Los Encuentros, El Hatillo, Río Abajo, El Plan.
6	Las Cruces, El Jocote, La Muta.

**Tabla 3.1- Micro regiones del municipio de Yalagüina**

**Fuente:** Ficha del municipio de Yalagüina

---

<sup>2</sup> (OPS/OMS, 2007)

Yalagüina, está en el denominado Corredor Seco con precipitación media anual en el rango de 800 a 1200 mm. Los suelos son franco arcillosos con erosión en el rango de severa a fuerte<sup>3</sup>.

La vegetación del municipio es pobre, compuesta principalmente de malezas y tacotales con una mínima presencia de pino y caoba.

Los principales ríos que se destacan en el municipio son: San Antonio, El Hatillo, Los Encuentros, la Muta, Chagüite Grande, Samascunda, Quebrada Arriba, Santa Bárbara y Escondido. Los que no tienen un caudal de importancia, estos se secan durante el verano.



**Figura 3.1 Macrolocalización del sitio de estudio. Fuente: INTUR**

<sup>3</sup> (BVSDE OPS/OMS, 2007)

### 3.2. Microlocalización

La comunidad de Las Cruces pertenece al municipio de Yalagüina, está situada entre las coordenadas latitud 13°30' N, longitud 86°29' O. Ubicada a 5 km al este de la cabecera municipal (Yalagüina), 17 km al este de la cabecera departamental (Somoto) y a 210 km al norte de la ciudad capital<sup>4</sup>.

Tiene como límites los siguientes:

- Norte: Comunidad Sabana Grande
- Sur: Yalagüina
- Este: Comunidad La Palmera
- Oeste: Carretera Panamericana



Figura 3.2 - Microlocalización Comunidad Las Cruces.

Fuente: Google Earth

<sup>4</sup> (Alcaldía de Yalagüina, 2015)

Las Cruces tienen una extensión territorial de 3 km<sup>2</sup> y presenta una altura promedio de 768 metros sobre el nivel del mar.

### 3.3. Geología<sup>5</sup>

El área de estudio está compuesta por una secuencia de rocas del Cuaternario, del Terciario y Primario; pertenecientes a las eras Paleozoico y Cenozoico. El Cuaternario reciente está compuesto por formaciones aluviales (Qal), constituidas por conglomerados y arenas de granos gruesos, provenientes de la intemperización de las rocas intrusivas del batolito de Dipilto y rocas metamórficas. Las formaciones coluviales (Qc) forman las llanuras, las áreas inmediatas a los lechos de los ríos.

Las formaciones Terciarias están compuestas por materiales volcánicos extrusivos del tipo lava, indiferenciados y formaciones Volcano sedimentarias, todas ellas de la formación Matagalpa (Tomm), formada por piroclastos (tobas retrabajadas, tobas aglomeráticas, aglomerados). La formación Totogalpa (Tag) está compuesta por bancos de conglomerados rojos con abundantes clastos de cuarzo, cuarcita, mica, esquistos e intercalaciones de capas de areniscas de color rojo de la edad del Oleoceno o Mioceno, este tipo de formaciones se pueden apreciar a lo largo de la carretera entre el empalme de Somoto-Yalagüina-Ocotol. (Ver **ANEXO A**. Características del medio hidrogeológico).

En la formación Totogalpa se encuentra grafito, llamado comúnmente plumbagina o plomo negro, siendo esta una de las tres formas alotrópicas del carbón, las otras son el diamante y el carbón.

El grafito en la naturaleza se encuentra en forma mineral con impurezas, siendo el único material no metálico que conduce bien la electricidad, sin embargo, a diferencia de los otros conductores eléctricos, transmite mal el calor.

---

<sup>5</sup> (Soriano, 2006)



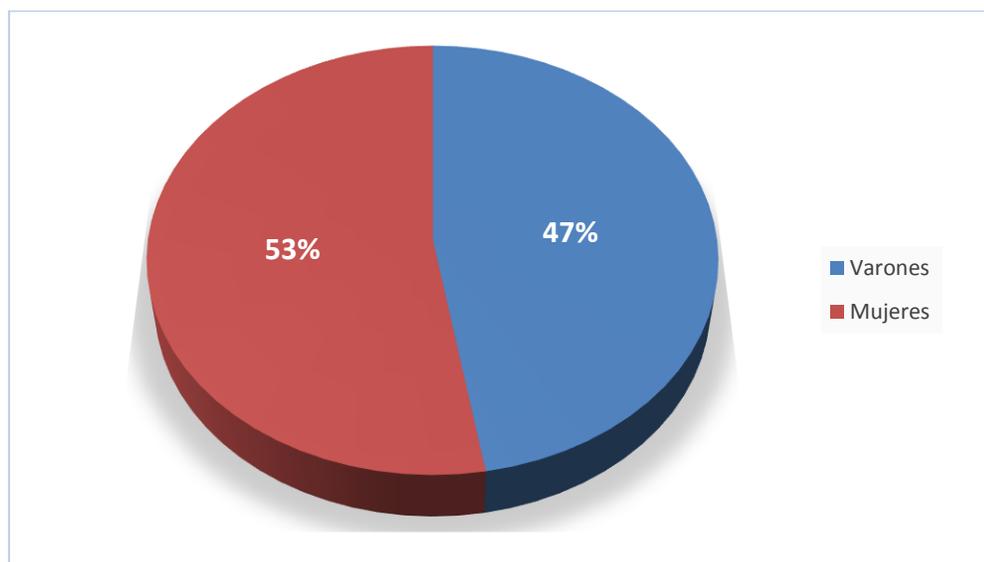
### 3.5. Clima y vegetación

El clima es seco con una temperatura promedio de 24 grados centígrados. Los llanos en la parte occidental están entre los más secos y áridos del país. Existen 2 cerros públicos con poca vegetación, debido al despale irracional.

### 3.6. Perfil socioeconómico

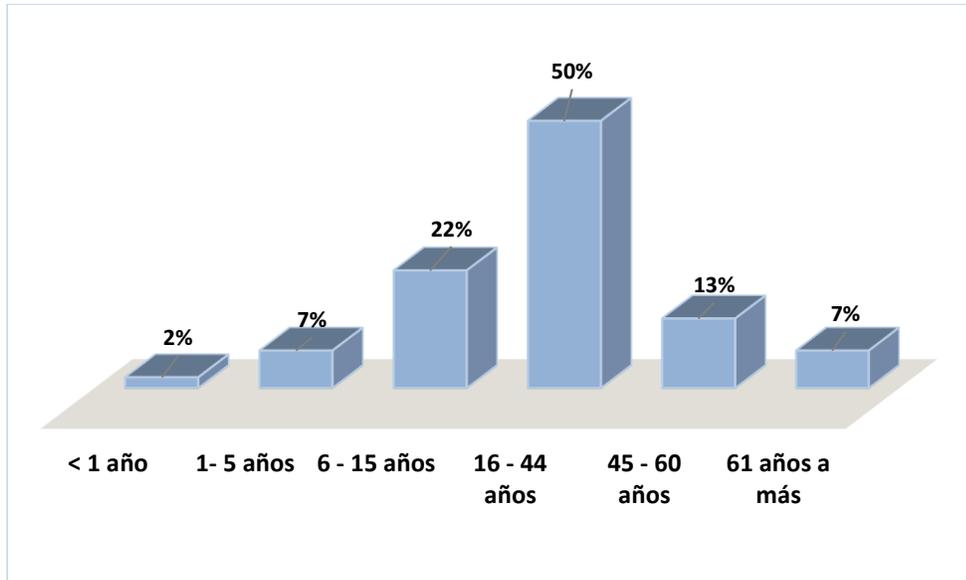
#### 3.6.1. Población

Según datos de la alcaldía de Yalagüina, la comunidad Las Cruces en el año 2015 tiene una población de 520 habitantes.



**Figura 3.4 - Distribución por sexo. Fuente:** Alcaldía de Yalagüina

En la comunidad el 53% de pobladores son del sexo femenino, esto equivale a que en la zona de estudio hay una cantidad de 276 mujeres y 244 varones, mayores de 18 años de edad.



**Figura 3.5 - Distribución por edades**

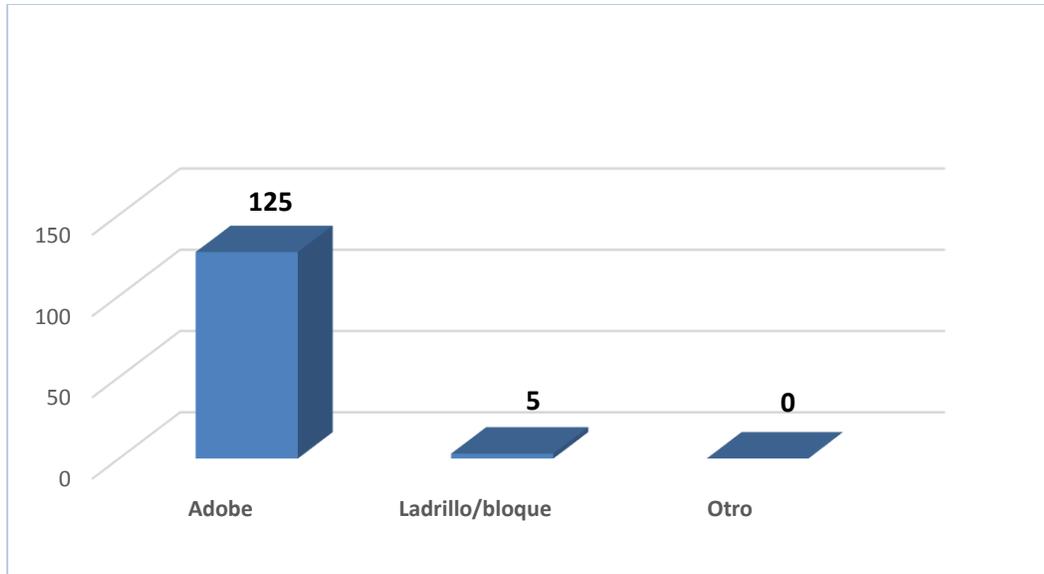
**Fuente:** Alcaldía de Yalagüina

La población de Las Cruces es considerada como joven debido a que 50% está entre edades que oscila entre 16 a 44 años de edad.

### **3.6.2. Viviendas**

La comunidad cuenta con 130 viviendas con una densidad poblacional de 4 habitantes/viviendas y un promedio de dos a tres familias por casa.

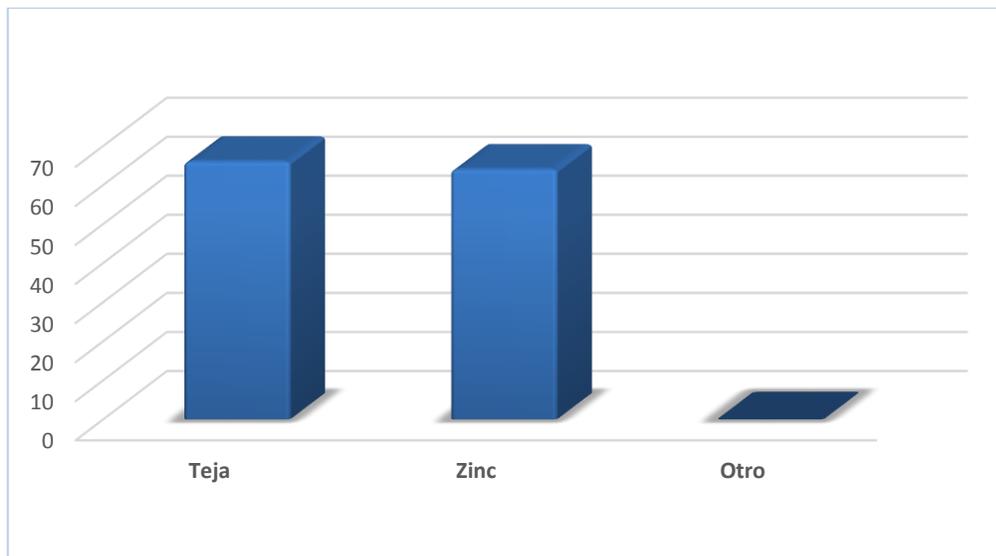
El estado de las casas es regular. La mayoría de las viviendas, poseen techo de teja, piso de tierra y paredes de adobe.



**Figura 3.6 - Viviendas: Tipo de paredes**

**Fuente:** Alcaldía de Yalagüina

De las 130 casas que existen en la comunidad Las Cruces, el 125 están construidas de adobe y solo un 5 varían entre ladrillo o bloque.



**Figura 3.7 - Viviendas: Tipo de techo**

**Fuente:** Alcaldía de Yalagüina

La mayor parte de las viviendas tienen techo de teja: 66 viviendas que representan un 51% y 64 viviendas (49%) son de zinc.

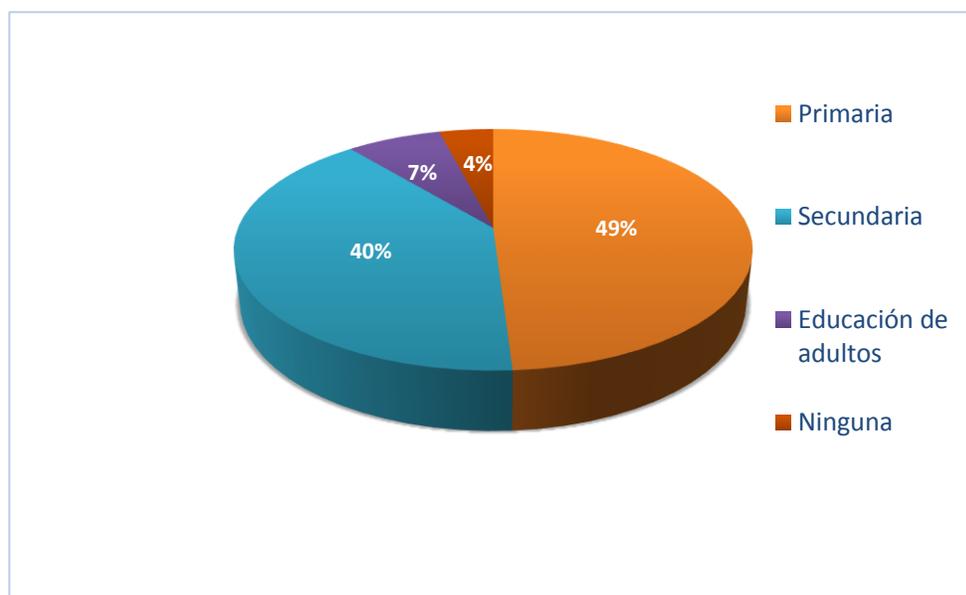
Las construcciones públicas que existen en la comunidad son las siguientes:

- Dos capillas evangélicas.
- Una capilla católica.
- Una escuela primaria.
- Un Puesto de salud: asistencia no permanente.
- Se cuenta con una casa comunal, en buen estado.

### 3.6.3. Educación

Tiene acceso a la educación primaria hasta sexto grado. Los jóvenes deben viajar fuera de la comunidad para continuar su educación secundaria.

Solo existe un edificio escolar de 4 aulas con paredes de ladrillo cuarterón, techo de zinc y piso de ladrillo artificial. Se considera que está en buen estado.



**Figura 3.8 - Nivel educacional de la población**

**Fuente:** Alcaldía de Yalagüina

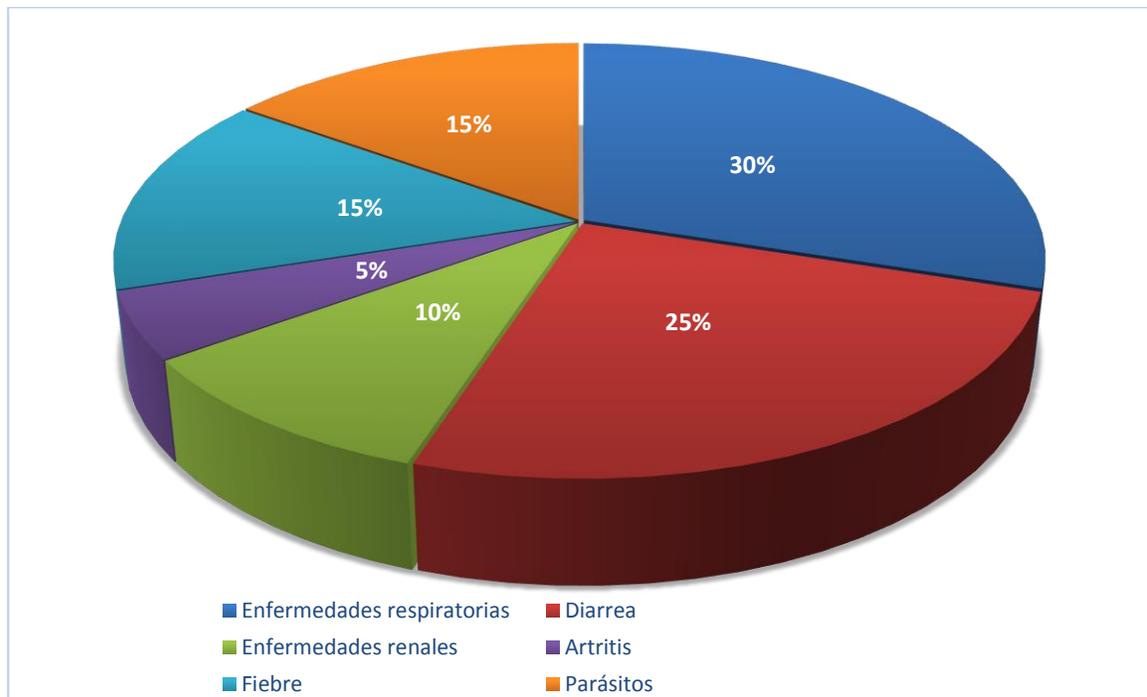
Según los datos de la alcaldía de Yalagüina, la población de Las Cruces tiene un alto nivel de analfabetismo ya que una parte de la población llegó hasta primaria y algunos sin concluirlo (49%), la otra parte prácticamente se considera analfabeta (40%), el 7% de la población posee un nivel de escolaridad hasta la secundaria y el 4% de la población recibió o recibe educación de adultos (ver **Figura 3.8**).

### 3.6.4. Salud

La población tiene que recurrir al centro de salud de Yalagüina, pues no cuenta con un centro de salud propio. El Ministerio de Salud (MINSA) no visita con frecuencia la comunidad, pero existen brigadistas de salud.

Las enfermedades más comunes:

- En los niños(as): enfermedades respiratorias, diarrea.
- En los hombres: gripe, artritis, enfermedades renales, fiebre.
- En las mujeres: enfermedades renales y muy propias de la mujer.



**Figura 3.9 - Enfermedades más comunes**

**Fuente:** Alcaldía de Yalagüina

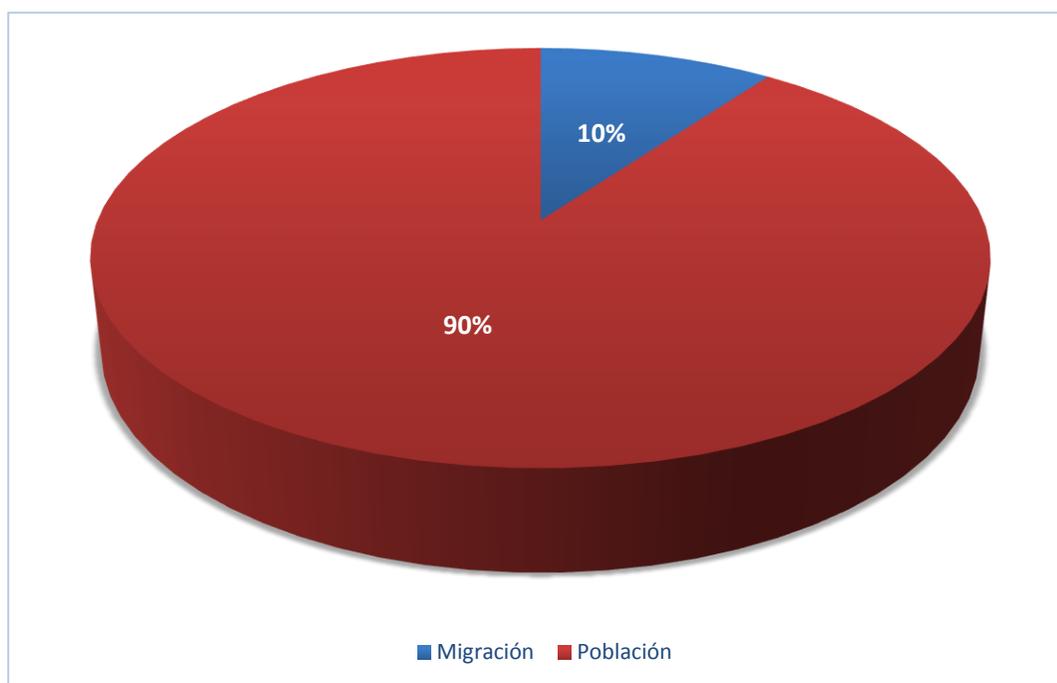
### 3.6.5. Religión

Las dos religiones predominantes de la población de Las Cruces son católica y evangélica. Existe una Ermita Católica, no hay sacerdote permanente, pero los miembros de la Ermita tienen un delegado de la palabra que se encarga de impartir la predica cuando no hay párroco que oficie la misa, generalmente los domingos. También existen dos iglesias evangélicas en las cuáles están a cargo Pastores Evangélicos.

### 3.6.6. Migración

Alrededor de 10% de la población de Las Cruces han emigrado a países como: Costa Rica y El Salvador para buscar otra fuente de empleo.

En temporada de café la mayoría de los pobladores de la comunidad migran a las zonas cafetaleras del país y a las tabacaleras de Ocotál.



**Figura 3.10 - Migración**

**Fuente:** Alcaldía de Yalagüina

### **3.6.7. Actividades económicas**

La principal actividad económica es la agricultura seguida de la producción pecuaria. Otra forma de subsistencia de algunos pobladores es la búsqueda de trabajo fuera de la comunidad.

#### **• Producción agrícola**

Las principales fuentes de empleo son siembra de granos básicos. Se cultivan principalmente:

- Maíz: 60 manzanas dando un total de 600 qq aproximados. El 70% está destinado al consumo, 20% semilla y 10% venta.
- Frijol: 50 manzanas sembradas dando un total de 625 qq aproximadamente. El 80% está destinado para consumo y 20% venta.
- Sorgo: 10 manzanas sembradas dando un total de 175 qq. El 80 % se usa para consumo, 10 % semilla y 10 % venta.

#### **• Producción pecuaria**

Existen 10 fincas con un promedio de 8 reses/finca para un total de 80 reses en la comunidad.

- 20 personas tienen cerdos para un total aproximado de 20 cerdos en la comunidad.
- 100 viviendas tienen gallinas con un promedio de 10 aves por vivienda, para un total aproximado de 1000 aves en la comunidad.
- Existen 5 propietarios de bestias.

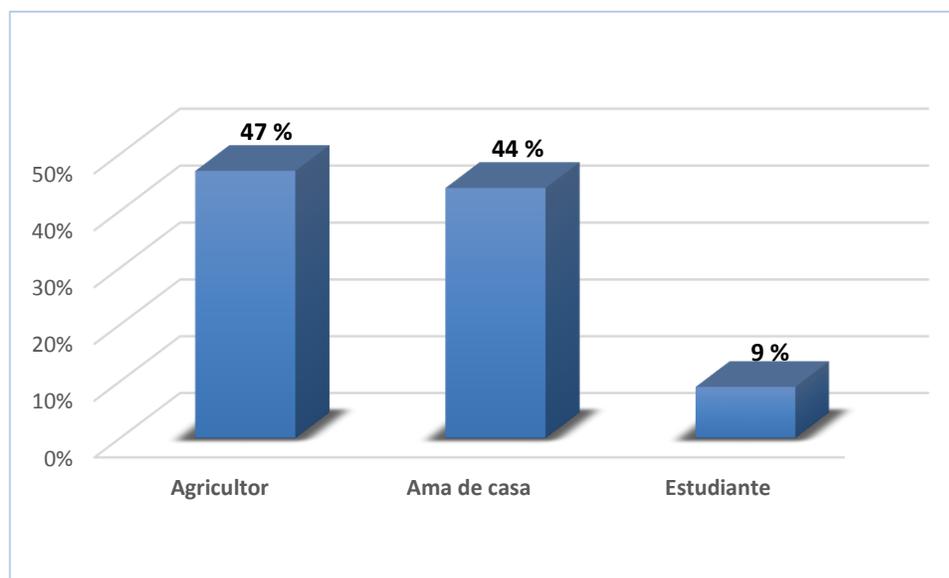
#### **• Actividades comerciales**

En relación a las actividades comerciales, varias mujeres venden en el mercado de Ocotil algunos productos como: cuajada, requesón, nacatamales.

Otra forma de subsistencia de algunos pobladores es la búsqueda de trabajo fuera de la comunidad.

### 3.6.8. Población económicamente activa

La población en su gran mayoría se dedica a la agricultura y es su mayor o único ingreso familiar.



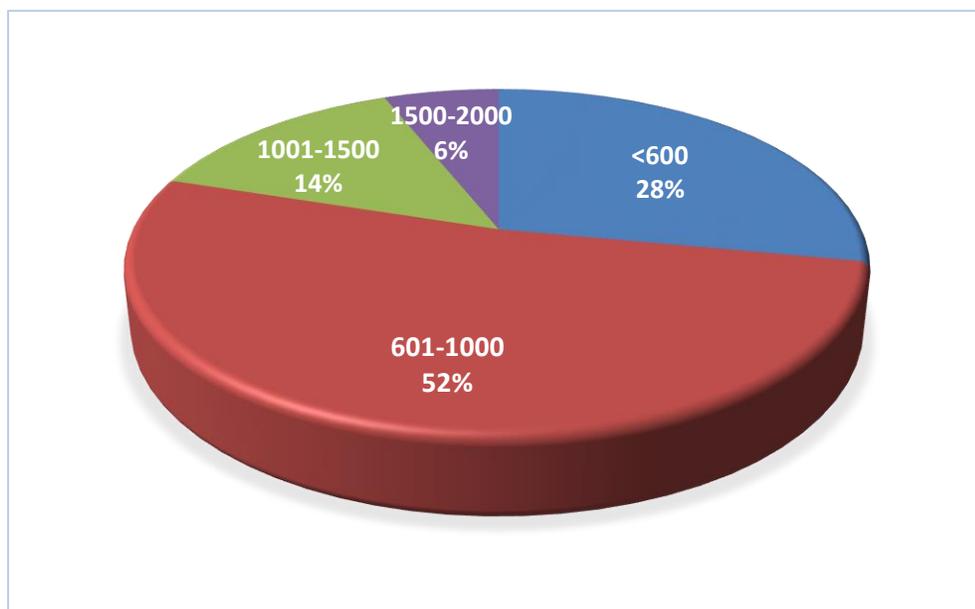
**Figura 3.11 - Población económicamente activa**

**Fuente:** Alcaldía de Yalagüina

El 47% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura, 44% ama de casa y el 9% de la población es estudiante.

### 3.6.9. Ingresos mensuales por vivienda

En su gran mayoría los habitantes poseen un ingreso mensual entre 600 a 1000 córdobas y la minoría tiene ingresos mayores a los 1500 córdobas.



**Figura 3.12 - Ingresos económicos**

**Fuente:** Alcaldía de Yalagüina

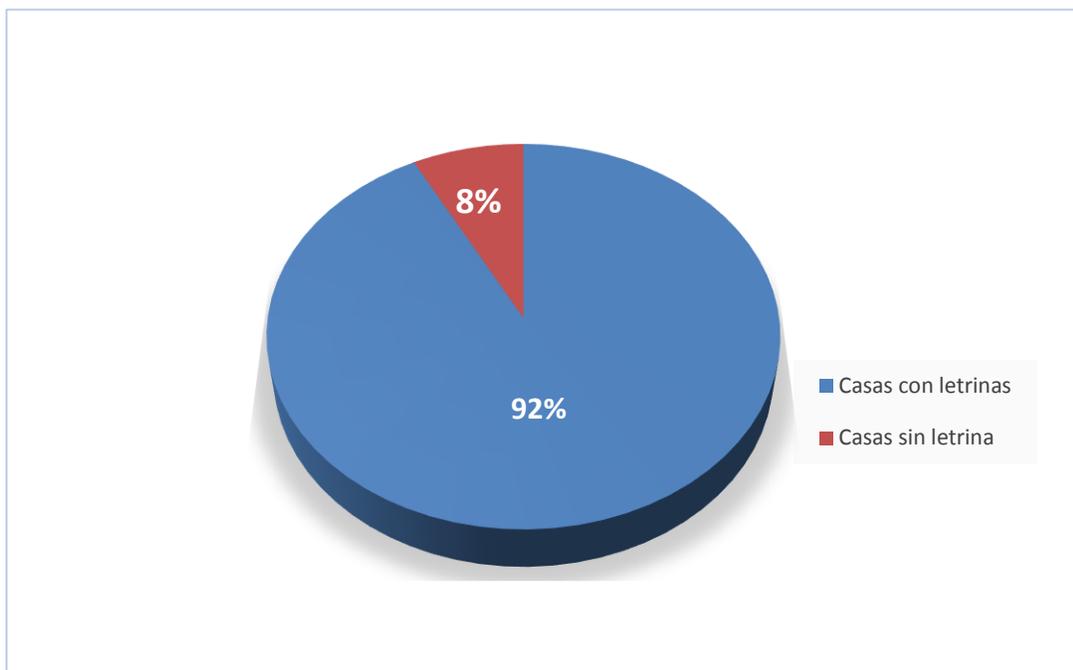
- El 52% de la población tiene ingresos mensuales de 600 a 1000 córdobas mensuales.
- El 28% de la población tiene ingresos mensuales menores a 600 córdobas.
- El 14% de la población tiene ingresos mensuales de 1001 a 1500 córdobas.
- El 6% de la población tiene ingresos mensuales de 1501 a 2000 córdobas.

### **3.7. Infraestructura y servicios básicos**

#### **3.7.1. Agua y saneamiento**

Existen 8 pozos excavados a mano y 5 pozos perforados, uno de ellos está fuera de servicio por el mal estado de la bomba y dos son los que actualmente abastecen a la población.

En relación a las letrinas, solo 10 viviendas (8%) no posee letrinas y 120 casas (92%) si poseen letrinas y de estas el 30% están es mal estado.



**Figura 3.13 - Cantidad de letrinas**

**Fuente:** Alcaldía de Yalagüina

### **3.7.2. Vías de comunicación**

La comunidad tiene vías de acceso terrestre que van al interior de la comunidad y provienen de la carretera Panamericana, Sabana Grande y El Jocote.

Tiene 3 km de camino de acceso de todo tiempo que permite el tránsito de vehículos y que está en regular estado. También posee 3 km de camino de verano y 3 km de camino de bestia dentro de la comunidad que está en mal estado.

No tiene servicios de comunicación telefónica, pero se reciben las señales de diferentes radios emisoras y de telefonías celulares.

### **3.7.3. Energía eléctrica**

Esta comunidad cuenta con el servicio de energía eléctrica, aunque no todas las viviendas por razones económicas o porque el tendido eléctrico está muy distante.

## **IV. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. Agua segura**

Es el agua apta para consumo humano en cantidad suficiente para las necesidades básicas de las personas y con buena calidad, es decir, cuando es salubre y limpia que no contiene microorganismos patógenos, ni contaminantes y su ingestión no cause efectos nocivos a la salud y cumpla además con el reglamento de la ley de salud en materia de control sanitario de actividades.

### **4.2. Tipos de acueductos**

#### **4.2.1. Mini Acueducto por Gravedad (MAG)**

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 estratégicamente desde donde el agua por su propio peso (por gravedad) desciende por tuberías a los puestos domiciliarios o públicos de donde se abastece la población.

El sistema está compuesto de las siguientes partes: obra de captación, pila rompe presión, planta de tratamiento, tanque de almacenamiento, red de distribución o puesto público<sup>8</sup>.

#### **4.2.2. Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE)**

Cuando por las condiciones topográficas del terreno y de localización no es posible utilizar la fuerza de gravedad para distribuir el agua potable a una población, es necesario recurrir a medios artificiales para elevar el agua hasta la altura conveniente<sup>9</sup>. Para este fin, se diseña un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), que consiste en un pozo perforado, una caseta de control, el

---

<sup>8</sup> (FISE), F. d. Operación y mantenimiento de mini acueducto por gravedad (MAG).

<sup>9</sup>Aguilár, I. M. (s.f.). Apuntes de Ingeniería Sanitaria I.

equipo de bombeo, la línea de conducción, el tanque de almacenamiento, la red de distribución y la conexión domiciliar.

El MABE será considerado solo en los casos que exista: fuente de abastecimiento, disponibilidad de energía eléctrica y capacidad de pago de la comunidad<sup>10</sup>.

### **4.3. Elementos que componen un sistema de abastecimiento de agua**

En términos generales se consideran los elementos característicos de diseño y construcción de un sistema de abastecimiento de agua como:

- a. Fuente de abastecimiento
- b. Obra de captación
- c. Estación de bombeo
- d. Línea de conducción
- e. Tanque de almacenamiento
- f. Redes de distribución
- g. Tratamiento

#### **4.3.1. Fuentes de abastecimiento**

La fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable constituye el elemento más importante de todo el sistema, por tanto debe cumplir con suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda de la población durante el período de diseño, manteniendo las condiciones de calidad necesarias para garantizar la potabilidad del agua.

En la selección de la fuente juega un papel importante los datos o registros hidrológicos para poder garantizar un servicio continuo y eficiente, es necesario que el proyecto contemple una fuente capaz de suplir el agua para el día más

---

<sup>10</sup>Alcantarillados, I. N. *Normas Técnicas Obligatorias Nicaraguenses (NTON-Rurales)*. Nicaragua

crítico (Día de Máximo Consumo). De acuerdo a esta selección se considera el tipo de acueducto a diseñarse.

### **3.3.1.1. Tipos de fuentes**

- Aguas atmosféricas: Son las aguas de lluvia, estas están menos expuestas a la contaminación con bacterias y parásitos, pero no constituyen fuentes de aprovechamiento constante, pues deben colectarse en épocas de lluvia y almacenarse durante el verano.
- Aguas superficiales: corrientes (ríos, arroyos y quebradas) y estancadas (lagos, lagunas). Proviene en gran parte del escurrimiento, y pueden recibir aporte de manantiales. Están sometidas a la acción del calor, la luz, y estos pueden ser contaminados por el vertedero de ciertos afluentes cargados de sustancias orgánicas.
- Aguas sub-superficiales: manantiales y afloramientos. Es el agua que se infiltra en el subsuelo y que al desplazarse a través de los pozos de los manantiales subterráneos y que por sus elevaciones o pendientes pueden reaparecer en la superficie en forma de manantiales.
- Aguas subterráneas: Acuíferos. Son aquellas que se han filtrado desde la superficie de la tierra hacia abajo por los poros del suelo a través de la gravedad hasta que alcanza un estrato permeable.

### **4.3.2. Captación**

Las obras de captación son las estructuras diseñadas para reunir adecuadamente aguas aprovechables, su finalidad básica es asegurar bajo cualquier condición de flujo y durante todo el año la captación de gastos previstos. El tipo de obra a emplearse es en función de las características de la fuente, calidad, localización y su magnitud. Pueden hacerse por gravedad,

aprovechando la diferencia de nivel del terreno y cuando esto no es posible se hace por impulsión utilizando bombas.

Las dimensiones y características de las obras de toma deben permitir la captación de los caudales necesarios para un suministro seguro a la población<sup>11</sup>.

Su diseño depende del tipo de fuente de abastecimiento seleccionado y sus características.

#### **4.3.2.1. Para fuentes superficiales:**

Con o sin regulación de caudales se pueden diseñar:

- **Captación abierta o superficial**

Es un muro o dique de toma, construido transversalmente al cauce del río, provisto de un aliviadero para evacuar las crecidas, tiene tuberías de salida, limpieza y válvulas de pase. Algunas veces dentro del dique se construye una caja para proteger la tubería de salida.

- **Captación cerrada**

Es una estructura cerrada, normalmente tiene un filtro de piedra bolón colocado entre la caja y la tierra donde brota el manantial. Esta caja puede ser construida de piedra bolón, ladrillo cuarterón, bloques o de concreto reforzado.

#### **4.3.2.2. Para fuentes subterráneas:**

Dependiendo de la profundidad y las características del terreno la obra de captación la constituyen los pozos que es una captación directa, debidamente diseñada y construida que permite efectuar la extracción del agua de una formación acuífera.

---

<sup>11</sup> Folleto de Ingeniería Sanitaria I. Ing. María Elena Baldizón Aguilar.

- **Pozo excavado a mano (PEM)**

Esta opción resulta ser una solución tecnológica bastante apropiada para el suministro de agua en el sector rural disperso. Para garantizar la durabilidad del sistema se deberá cumplir con los siguientes criterios:

- a. Todo PEM deberá ser sometido a una prueba de rendimiento.
- b. Serán considerados solamente aquellos PEM, cuyo nivel estático se encuentre como mínimo dos metros (2 m) por encima del fondo del pozo; esta medida deberá realizarse al final del periodo de seco de la zona.

- **Pozo perforado**

Son pozos que se construyen con un equipo de perforación, cuando no es posible excavar a mano porque el terreno es rocoso o el acuífero se encuentra a una profundidad mayor de quince metros (15 m). Generalmente, para extraer el agua se instala una bomba de mecate<sup>12</sup>.

#### **4.3.3. Estaciones de bombeo**

Las estaciones de bombeo son estructuras destinadas a elevar un fluido cuando por las condiciones topográficas del terreno y de localización, no permiten alcanzar las presiones mínimas establecidas por las normas y no es posible utilizar la fuerza de la gravedad para llevar el agua hacia el tanque de almacenamiento de donde se distribuye el agua a la red.

Para el diseño de la estación de pozos perforados, se deben considerar los siguientes elementos necesarios para el buen funcionamiento de la unidad de bombeo: caseta de protección de conexiones eléctricas o mecánicas, conexión de bomba o sarta, fundación, equipo de bombeo (bomba y motor) y el tipo de energía.

---

<sup>12</sup>(FISE), F. d. *Operación y mantenimiento de pozos excavados a mano (PEBM) y pozos perforados equipados con bomba de mecate (PPBM)*.

#### **4.3.3.1. Caseta de control**

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

#### **4.3.3.2. Equipo de bombeo y motor**

- **Bombas verticales**

Los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos perforados son los de turbina de eje vertical y sumergible accionadas por un motor. Este tipo de bomba tiene un eje vertical y el motor generalmente está encima de la bomba que permite que la bomba trabaje siempre rodeada por el líquido a bombear.

- **Bombas horizontales**

Las bombas centrifugas horizontales generalmente se emplean para pozos llanos y con un nivel de agua no mayor de 5.5 metros por debajo del centro de la bomba y con un límite máximo de aspiración que se fija con la presión atmosférica. El eje de la bomba y del motor está a la misma altura. La bomba no debe trabajar en seco ya que necesita el líquido bombeado como lubricante entre anillos rozantes - rodete y entre empaquetadura - eje.

- **Motores eléctricos**

De acuerdo al tipo de bomba a instalarse se tienen motores eléctricos verticales que se emplean para bombas centrifugas en pozos profundos con capacidad de uso corriente, dados por los fabricantes que oscilan desde los 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125 hasta 200 HP y de mayor capacidad.

Para seleccionar el equipo de bombeo se debe considerar:

#### 4.3.3.3. Pruebas de bombeo

Las pruebas de bombeo se hacen con fin de determinar las características hidráulicas de los acuíferos. Este tipo de ensayos estudian al acuífero mismo y al pozo, no a la bomba, son llamadas también pruebas de acuífero. Cuando se planifican y llevan a cabo correctamente estas pruebas pueden proporcionar información básica para la solución de problemas locales y aún regionales sobre el flujo del agua subterránea.

También proporcionan los datos necesarios para determinar la capacidad específica o la relación caudal-abatimiento, para seleccionar el equipo de bombeo adecuado. Dicha definición deberá basarse además de los resultados de esta prueba de bombeo (aforo) en las características físico-químicas de las aguas extraídas.

Un ensayo de bombeo consiste en bombear agua en una captación (bajo unas condiciones prefijadas en la fase de diseño de la prueba) controlando simultáneamente el caudal extraído (que puede ser constante o variable, según el tipo de ensayo elegido) y la evolución temporal del nivel de agua en propia captación y en otras cercanas.<sup>13</sup>

Los métodos de ensayo existentes son:

##### a. Caudal constante:

- **Régimen permanente.** Los niveles en el pozo de bombeo se estabilizan a partir de un tiempo y ya no varían con el bombeo. Esto implica que el acuífero actúa como mero transmisor de la recarga y que el bombeo no toma agua del almacenamiento. Se interpreta la evolución de los descensos de nivel en puntos de observación cercanos, no el descenso total.

---

<sup>13</sup> Arellano, P. M. (2008-2009). *Curso de hidrología subterránea e hidrogeología*.

- **Régimen variable.** Los niveles en el pozo van variando durante toda la prueba, lo que significa que el agua extraída procede total o parcialmente del almacenamiento del acuífero. Estos ensayos suelen ser a caudal constante (la variable de control es el nivel), pero también se pueden realizar a nivel constante (se va variando el caudal para mantener el nivel constante).

**b. Caudal variable:**

- Bombeo a caudal crítico.
- Bombeo escalonado. El caudal se aumenta tres o cuatro veces a lo largo del ensayo, pero se mantiene constante dentro de cada escalón.
- Ensayos de recuperación: se interpreta la evolución de los niveles en el propio pozo de bombeo durante la recuperación de éstos tras un ensayo de bombeo.

**4.3.3.4. Longitud de succión del pozo**

La profundidad e instalación de la bomba deben estar definidas por las condiciones hidráulicas del acuífero y el caudal de agua a extraerse, tomando en consideración las siguientes recomendaciones:

- a. Nivel de bombeo, de acuerdo a la prueba de bombeo.
- b. Sumergencia de la bomba.
- c. Factor de seguridad.
- d. Variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en verano e invierno.
- e. El diámetro del ademe del pozo debe estar relacionado al caudal a extraerse.
- f. La línea de succión debe ser lo más corta y recta posible, deben evitarse los cambios de dirección, especialmente cerca de la bomba.
- g. La línea de succión debe llegar hasta la succión de la bomba evitando codos o tees horizontales.

- h. Si el diámetro de la tubería de succión es mayor que el de la admisión de la bomba, deberá conectarse por medio de una reducción excéntrica con su parte superior horizontal.
- i. Se deberá proporcionar una línea de succión separada para cada bomba. Si esto no es posible, y se utiliza un múltiple de succión, las derivaciones se harán por medio de yees.
- j. El diámetro de la tubería de succión, será igual o mayor que el diámetro de la tubería de impulsión, será por lo menos el diámetro comercial inmediatamente superior.

#### **4.3.4. Línea de conducción**

La línea de conducción es el conjunto de conductos, estructuras de operación, de protección y accesorios especiales destinados a transportar el agua desde el lugar de la captación hasta el tanque de almacenamiento.

Las aguas captadas a ser conducidas y distribuidas a la población se pueden transportar por gravedad o bombeo; a través de canales abiertos o conductores cerrados a presión dependiendo de la topografía del terreno.

##### **4.3.4.1. Línea de conducción por gravedad**

Una línea de conducción por gravedad es la que dispone para transportar el caudal requerido aguas abajo que debe aprovechar al máximo la energía potencial disponible para conducir al gasto deseado. Esto conduce a la selección del diámetro mínimo, que satisfaciendo razones técnicas (capacidad) permita presiones iguales o menores que la resistencia física del material.

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

En el caso de líneas de conducción por bombeo la diferencia de elevación es carga a vencer. Esta carga se ve incrementada en función de la selección de diámetros menores ocasionando mayores costos de equipos y de energía.<sup>14</sup>

#### **4.3.4.3. Carga Total Dinámica (CTD)**

Es la carga total contra la cual debe de operar una bomba. La energía por unidad de peso de líquido que debe de suministrarle la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que pretende.

#### **4.3.4.4. Golpe de ariete**

Es un fenómeno transitorio que puede ocurrir en la tubería de descarga. Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente.

Debido a la magnitud e importancia de la conducción, es importante tener en cuenta el efecto de este fenómeno en las tuberías. Algunas de las causas son:

- El abrir o cerrar total o parcialmente una válvula.
- Encendido y apagado de una bomba.
- Cambio en la velocidad de una turbina.
- Cambio en la elevación de una cisterna.
- Acción de onda en una cisterna.
- Separación de columnas de líquido.
- Aire atrapado.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Folleto de Ingeniería Sanitaria I. Ing. María Elena Baldizón Aguilar.

<sup>15</sup> Manual Técnico Para Tuberías Plásticas (AMANCO). Managua, Nicaragua.

#### **4.3.4.5. Prueba de presión hidrostática**

La finalidad de las pruebas de presión a que debe someterse la instalación de tuberías es la de verificar que todas sus partes hayan quedado correctamente instaladas y que los materiales empleados estén libres de defectos o roturas y así encontrar averías posibles por la inadecuada manipulación de la tubería o fallas en el montaje de las distintas partes de la línea.

Puesto que el objeto de la prueba es comprobar todas las partes de la instalación, es indispensable que el tramo que va a probarse se encuentre totalmente terminado; por tanto, debe verificarse que la tubería esté correctamente soportada, los bloques de anclaje estén contruidos y fraguados y que las conexiones de hidrantes y domiciliarios estén terminadas.

El material de relleno que se coloca por encima de la tubería será el suficiente para mantener el tubo en su posición, evitando que éste se levante debido a la elasticidad de las juntas. Las juntas deben mantenerse descubiertas para su inspección.

#### **4.3.5. Tanque de almacenamiento**

Los estanques de almacenamiento juegan un papel básico en el sistema de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico, así como por su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema y en el mantenimiento de un servicio eficiente.<sup>16</sup>

##### **4.3.5.1. Funciones**

Un tanque de almacenamiento cumple tres propósitos fundamentales:

1. Compensar las variaciones de consumo diario.
2. Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.

---

<sup>16</sup>Ravelo, S. A. (1977). *Abastecimiento de Agua (Segunda ed.)*. Caracas. Recuperado el 12 de Febrero de 2015

3. Atender situaciones de emergencia, tales como incendios, interrupciones en el servicio por daños de tubería de conducción o de estacionamiento de bombeo.

#### **4.3.5.2. Capacidad**

La capacidad del tanque de almacenamiento estará en dependencia del volumen compensador y el volumen de reserva.

#### **4.3.5.3. Localización**

Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas cercanas al poblado y de acuerdo a la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicios aceptables en los puntos de distribución.

#### **4.3.5.4. Tipos de tanques**

Los tipos de tanques que se han recomendado construir en el país son los siguientes:

##### **a. Tanque sobre el suelo**

Se recomienda este tipo de tanques cuando lo permita la topografía del terreno, asegurando las presiones adecuadas en todos los puntos de la red.

En casos especiales se construirán tanques de acero sobre el suelo.

##### **b. Tanques elevados**

Se sugiere este tipo de tanque cuando por razones de servicio se requiera elevarlos. Los estanques elevados se construyen de acuerdo a los requerimientos y características del proyecto.

#### **4.3.6. Red de distribución**

Es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de almacenamiento hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos; con el fin de proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios.

##### **4.3.6.1. Consideraciones**

Los sistemas de distribución deben cumplir con los siguientes requisitos principales:

- a. Abastecer de agua potable al consumidor en cantidad y sanitariamente segura.
- b. Proporcionar suficiente agua para combatir incendios en cualquier punto del sistema.

##### **4.3.6.2. Tipos de redes**

Dependiendo de la topografía, las vías de acceso terrestre, la ubicación de las fuentes de abastecimiento y del tanque de almacenamiento puede determinarse el tipo de red de distribución<sup>17</sup>.

###### **a. Redes tipo ramificado**

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

###### **b. Redes tipo mallado**

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red de distribución es el más conveniente y se tratará siempre de

---

<sup>17</sup>Aguilar, I. M. (s.f.). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria*. Managua.

lograrse mediante la interconexión de las tuberías, con el fin de crear circuitos cerrados que permitan un servicio más eficiente y permanente.

Un buen sistema de red de distribución conlleva a satisfacer las necesidades de abastecimiento de agua potable a la comunidad con cantidad, calidad y continuidad, a través de las tomas del tipo conexión domiciliar y puesto público.

#### **4.3.7. Tratamiento**

Toda agua que se utiliza para consumo humano, debe estar exenta de organismos patógenos que producen brotes epidémicos de enfermedades de origen hídrico. Para lograr esto, será necesario someter el agua a desinfección (incluyendo la de origen subterráneo) que es la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua<sup>18</sup>, garantizando una buena calidad y previniendo cualquier contaminación durante la distribución.

Existen varias sustancias químicas que se emplean para desinfectar el agua, siendo el cloro el más usado a nivel mundial.

En Nicaragua casi todos los sistemas de abastecimiento que desinfectan el agua potable usan cloro debido a que es la sustancia química más económica, con potencia germicida, con mejor control y eficiencia que se puede aplicar al agua. Además, los desinfectantes basados en cloro son los únicos con las propiedades residuales duraderas que previenen el recrecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante la distribución del agua dado a sus propiedades oxidantes y su efecto residual para eliminar contaminaciones posteriores.

Por eso, desde hace décadas, el cloro ha sido un desinfectante muy importante y ha jugado un papel esencial en el tratamiento del agua.

---

<sup>18</sup>*Water Treatment Solutions*. (s.f.). Recuperado el 1 de Marzo de 2015, de LENNTESH: <http://www.lenntech>

#### **4.3.8. Conexiones domiciliarias**

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

La red cumple con la función de suministrar suficientemente el agua potable a los consumidores en forma segura desde el punto de vista sanitario.

#### **4.4. Estudios básicos para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable**

##### **4.4.1. Estudio demográfico**

La base fundamental de todo estudio de abastecimiento de agua potable, es conocer lo más aproximadamente posible la cantidad de población que ha de servir durante el período de diseño previsto. Las fuentes de datos pueden ser INIDE (Instituto de Información y Desarrollo), alcaldías, organismos comunales, encuestas y censos propios.

##### **4.4.2. Censos de Población de años anteriores**

Sirve para determinar la población actual y su distribución. Los más importantes son los aplicados y registrados por la institución de seguimiento y estudio de la demografía nacional. En Nicaragua la fuente de datos oficiales es el INIDE (antes INEC).

##### **4.4.3. Censo o levantamiento propio**

Cuando es evidente el sub registro o cuando existen evidencias razonables de flujos migratorios u otras causalidades que no están registradas en los censos nacionales o municipales entonces se justifica la aplicación de una forma de obtención de datos de la población actual, mediante censos propios o encuestas.

#### **4.4.4. Levantamiento topográfico**

Para realizar adecuadamente el trazado del sistema de abastecimiento de agua potable, deben conocerse con anterioridad las características topográficas de la zona de estudio, que consiste en determinar la posición relativa de uno o más puntos sobre un plano horizontal considerando las diferencias de cotas o desniveles (altimetría) del terreno. Para tal efecto, se miden las distancias horizontales y los ángulos horizontales o direcciones, las diferencias de altura y se trazan las curvas de nivel.

El levantamiento topográfico permite representar en forma plana el terreno donde detalla el perímetro urbano o rural, las calles o carretera con toda la infraestructura vial, las áreas de desarrollo futuro, los cursos de agua y la localización de otros servicios públicos, como alcantarillados, energía, telefonía, entre otros.

Este estudio es esencial para emplazar correctamente un determinado proyecto que se desee llevar a cabo.

#### **4.4.5. Investigación hidrológica e hidrogeológica**

Esta consiste en investigar las posibles fuentes de abastecimiento de la zona de estudio ya sean subterránea o superficiales en cuanto a calidad, cantidad, pozos existentes, nivel estático del agua, nivel de bombeo, peligros de contaminación.

Es posible aprovechar la información de los estudios realizados anteriormente en otras obras de infraestructura del municipio o comunidad.

#### **4.5. Diseño hidráulico del sistema**

Con base en el estudio de la población se procede a proyectar la demanda que va a tener la comunidad, se debe considerar:

#### **4.5.1. Dotación**

Es el agua utilizada por un grupo cualquiera radicado en un lugar, este consumo estará en proporción directa al número de habitantes en proporción al mayor o menor desarrollo de sus actividades comerciales e industriales y también de su modus vivendi.

Además del crecimiento poblacional, el consumo de agua está influenciado por factores tales como el clima, el nivel económico, la densidad de población, el costo, la presión, la calidad de abastecimiento, costumbre, uso de hidrómetros (medidores), pérdidas de fricción de las tuberías y fugas y existencia de alcantarillado sanitario, uso del agua.

#### **4.5.2. Variaciones de consumo**

En un sistema público de abastecimiento de agua, la cantidad de agua consumida varía continuamente en función del tiempo, de las condiciones climáticas, costumbres de la población y otros factores. Hay meses en que el consumo de agua es mayor en los países tropicales como en Nicaragua, sobre todo en los meses de verano. Por otro lado, dentro de un mismo mes, existen días en que la demanda de agua asume valores mayores sobre los demás.

Durante el día el caudal dado por una red pública varía continuamente. En las horas diurnas el caudal supera el valor medio, alcanzando valores máximos alrededor del mediodía, durante el período nocturno el consumo decae, por debajo de la media, presentando valores mínimos en las primeras horas de la madrugada. De lo anterior se deducen un Consumo promedio Diario (CPD), un Consumo de Máximo Día (CMD) y un Consumo Máximo Horario (CMH).

##### **4.5.2.1. Consumo promedio diario**

Es el consumo promedio de los consumos diarios durante un año de registro y es la base para la estimación del caudal máximo ario y horario.

#### **4.5.2.2. Consumo máximo día**

Se refiere al día que tenga el consumo máximo en un año. Este dato al final del período de diseño, se utiliza para dimensionar la línea de conducción, la planta de tratamiento, el equipo de bombeo y seleccionar la fuente.

#### **4.5.2.3. Consumo máximo hora**

Se refiere a la hora de mayor consumo en el día de mayor demanda en el período de un año. Este dato al final del período del diseño se utiliza para dimensionar la red de distribución.

### **4.5.3. Tipos de consumo**

La demanda municipal de agua es comúnmente clasificada de acuerdo con la naturaleza del usuario. Las clasificaciones ordinarias son:

#### **4.5.3.1. Consumo doméstico**

Suministro de agua a hoteles, consumo familiar dentro del cual se contempla agua para: ingerir, lavado de ropa, aseo personal, etc. El uso varía con el nivel económico de los consumidores y este representa generalmente el consumo predominante en el diseño.

#### **4.5.3.2. Consumo comercial e industrial**

Suministro de agua a establecimientos industriales y comerciales tales como fábricas, oficinas y almacenes. La importancia de este uso varía dependiendo si hay grandes industrias y de si estas obtienen su agua del sistema municipal.

La cantidad de agua requerida para propósitos comerciales e industriales se ha relacionado con factores como unidades producidas, número de personas empleadas o área del establecimiento. Tales factores, deben ser obtenidos localmente o verificados mediante la comparación con consumos registrados. Cuando el comercio e industria constituyen una situación normal (comercio e

industria, hoteles, gasolineras) pueden ser incluidos y estimados dentro de los consumos per cápita adaptados y diseñar en base a esos parámetros.

#### **4.5.3.3. Consumo público**

Suministro de agua a edificios públicos, edificios del gobierno, colegios, riego de calles y protección contra incendios, por los cuales el abastecedor municipal en general no recibe pago.

#### **4.5.3.4. Consumo para incendio**

Adicionalmente a los otros consumos en los sistemas de abastecimientos de agua debe preverse una demanda para combatir incendios y que satisfaga con agua proveniente del sistema. El abastecimiento para el fuego no afecta el promedio de consumo enormemente, pero tiene un gran efecto sobre las tasas pico. Con el fin de determinar la demanda máxima de agua durante un incendio, el flujo para incendio debe añadirse a la tasa de consumo máximo diario.

#### **4.6. Accesorios de PVC**

Los accesorios en un sistema de abastecimiento de agua son todas aquellas piezas que son necesarias para poder unir los tubos de conducción y de distribución, unir ramificaciones, para cambiar diámetros, tipos de tuberías y cambio de direcciones, entre otras cosas. Los accesorios de PVC serán cédula 40 y deberán cumplir con las normas ASTM-D-2466-69.

Entre los principales accesorios se pueden encontrar: codos de 45 y 90 grados, reductores, bushing, adaptadores machos y hembras, tapones machos y hembras, tees, uniones, coplas y uniones universales. Algunos de estos accesorios de PVC tienen un extremo con rosca, estos son útiles cuando se cambia el tipo de tubería o para la instalación de válvulas. Estos accesorios al igual que los tubos PVC trabajan a cierta presión.

## **4.6.1. Tipos de accesorios**

### **4.6.1.1. Válvulas**

Son dispositivos mecánicos que permiten el control del flujo en la conducción con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Son muy útiles para evitar acumulación de aire, depresiones y sobrepresiones generadas por fenómenos transitorios y retroceso del agua por paro del equipo de bombeo, entre otras.

Algunos tipos de válvulas son las siguientes:

- **Válvulas de aire**

Son las válvulas que se proponen para evacuar el aire que queda atrapado dentro de la tubería y que tiende a depositarse en los puntos altos, cuando se tienen presiones altas el aire tiende a disolverse y continúa en los ductos hasta que es expulsado, pero en los puntos altos de relativa baja presión, el aire no se disuelve creando bolsas que reducen el área útil de la tubería y por lo tanto, su capacidad de conducción. La cantidad acumulada de aire puede ser tanta que llega a impedir completamente la circulación del agua.

- **Válvula de limpieza**

En las líneas de conducción con topografía accidentada existirá la tendencia a la acumulación de sedimentos en los puntos bajos por lo cual resulta conveniente colocar dispositivos que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.

- **Válvula reguladora de presión**

Se usan para mantener una presión constante en la descarga, aunque en la entrada varíe el flujo o la presión. Estas válvulas producen en su interior una pérdida constante sin importar la presión de entrada.

- **Válvula de compuerta**

Sirven para abrir o cerrar el flujo de agua de un sistema. Es completamente incorrecto utilizarla para regular el flujo. El cierre y la apertura se realizan mediante un disco, el cual es accionado por un vástago. El vástago puede subir al abrir la válvula de compuerta o permanecer en la misma posición y solamente elevar el disco.

#### **4.6.1.2. Tee**

Las tee se utilizan para unir tres conductos, donde las tres uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos de igual diámetro y uno menor. En el segundo caso se llama te de reducción.

#### **4.6.1.3. Reducciones**

Las reducciones se emplean para unir dos tubos de diferente diámetro.

## V. DISEÑO METODOLÓGICO

La actividad en desarrollo descrita en este documento es tipificada como de aplicaciones de ingeniería. Por tanto, la metodología empleada para el desarrollo del proyecto es una secuencia de actividades de campo y su posterior procesamiento en gabinete.

Se aplicaron conocimientos y técnicas de obtención de datos particulares que se denominan como estudios de ingeniería básica.

Los resultados de estos estudios se obtienen de las especificaciones y criterios para el diseño de obras. Los criterios de diseño que regirán el proyecto están basados en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON) para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.

### 5.1. Trabajo de campo

#### 5.1.1. Fase inicial

La Alcaldía de Yalagüina proporcionó la información de la comunidad como: cantidad de población, números de casas, pozos existentes, principales actividades económicas, problemas de salud más comunes, proyectos y estudios ejecutados anteriormente, entre otros. Se procesaron estos datos mediante el Software Excel (ver **CAPÍTULO III**).

Se utilizó como base el estudio hidrogeológico de Las Cruces<sup>19</sup>, realizado por el Msc. Ing. en cuencas hidrográficas Freddy Obando Soriano para identificar la fuente del MABE e información sobre la geología de la zona.

---

<sup>19</sup> (Soriano, 2006)

### 5.1.2. Prueba de bombeo

Se efectuó una prueba de bombeo en el pozo perforado Nance Dulce en la comunidad Las Cruces de 15 horas continuas, desde las 08:00 am hasta las 11:00 pm. La prueba es de tipo escalonada a caudal variable, cada escalón corresponde a intervalos de 1, 2, 5,10, 20, 30 y 40 minutos, se evaluó con caudales de 30, 40, 45 y 60 gpm con el fin de determinar el caudal óptimo de explotación y de esta manera evaluar la capacidad como fuente de abastecimiento de la comunidad (ver **ANEXO B**. Prueba de bombeo pozo Nance Dulce).

Este ensayo se realizó con un equipo sumergible de capacidad de 30 a 100 gpm acoplado a un motor de 5 HP trifásico 230 voltios, instalado con una longitud de columna de 220 pies.

La prueba de bombeo fue financiada por la alcaldía de Yalagüina.

### 5.1.3. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico altiplanimétrico en la comunidad para ubicación de los componentes del sistema como son la fuente, el tanque y la red, mediante la utilización de Estación Total y GPS, a través del método de poligonal abierta. Este método consiste en ubicarse en el centro de calle y luego visar hacia las esquinas y puntos intermedios.

Actividades:

- Reconocimiento visual de la zona.
- Se encontraron las coordenadas de salida usando el GPS.
- Se establece un banco de nivel (BM) marcando un punto con el GPS, al cual se amarra todo el levantamiento.

- Se levantaron los datos necesarios (niveles y altura) del terreno con Estación Total de acuerdo el método de la poligonal abierta.
- Se identificó el punto estratégico para ubicar el tanque de almacenamiento, tomando en cuenta su ubicación con respecto a la comunidad y al pozo.
- Luego se procesó la información recopilada y se elaboró el plano topográfico, utilizando el software AutoCAD y para el trazado de las curvas de nivel se utilizó la herramienta CivilCAD (ver **ANEXO L**. Plano topográfico (lámina 02/18)).

## 5.2. Trabajo de gabinete

Se estableció el tipo de sistema de abastecimiento de agua potable como un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico del orden fuente – tanque – red.

### 5.2.1. Fase de procesamiento de datos

- Con los datos de la población obtenidos a través de los censos del Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE) de los años 1950, 1963, 1995, 2005 e información proveniente de la alcaldía de Yalagüina, se estimó la tasa de crecimiento poblacional para calcular la población futura.
- Conociendo la población a beneficiar y la dotación de la comunidad, se calcularon los consumos para un período de diseño de 20 años.
- Con los resultados de la prueba de bombeo realizada al pozo Nance Dulce, se analizó si la fuente tiene la capacidad de satisfacer la demanda de consumos de la comunidad para el período de diseño.

Modelación del sistema de abastecimiento de agua potable:

- Se realizaron los cálculos hidráulicos necesarios para diseño de fuente – tanque – red.
- Se trazó la línea de conducción y red de distribución del MABE en el software AutoCAD.
- Se equilibró la red en el programa Epanet, verificando que cumpla con los criterios de presiones y velocidades según lo establece la NTON 09001-99 Rurales.
- Se analizaron los resultados obtenidos de la modelación en Epanet.
- Se diseñaron los componentes del sistema.
- Elaboración de planos finales del sistema.

### **5.2.2. Fase final**

Take off de los elementos del sistema:

- Se calcularon los volúmenes y cantidades de materiales de cada una de las etapas del proyecto.

Presupuesto general de la obra:

- Se realizó el presupuesto de la obra por etapas de construcción.
- A partir del presupuesto, se dedujeron conclusiones acerca de la rentabilidad, posibilidad y conveniencia de ejecución de la obra.

Se procedió a la elaboración del informe final.

### **5.3. Parámetros y criterios de diseño**

Los criterios técnicos a utilizar para la concepción del MABE se tomarán de las normas vigentes para la zona rural establecidas para agua potable por el ente regulador Instituto Nicaragüenses de Acueductos y Alcantarillados (INAA) con características de reglamentos de aplicación obligatoria integradas bajo las siglas NTON (Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses):

NTON 09001-99: Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural.

NTON 09002-99: Saneamiento Básico Rural.

NTON 09003-99: Normas para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Potabilización del Agua (Sector Urbano).

#### **5.3.1. Proyección de la población**

Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable se debe determinar la cantidad de agua necesaria para una comunidad, por consiguiente, es fundamental predecir la población para un número de años, que será fijado por los períodos del diseño.

##### **5.3.1.1. Método de cálculo**

Cada ingeniero proyectista está en libertad de seleccionar la tasa de crecimiento y el método de proyección a ser usado y que mejor se ajusta a las condiciones reales de diseño. El método de estimación de la evolución de la población más usado es el método geométrico.

- **Método geométrico**

Este método consiste en suponer que el crecimiento de la comunidad es en todo instante proporcional a su población, es más aplicable a comunidades que no han alcanzado su estabilización, por ejemplo, cuando se observa un comportamiento activo en la construcción de nuevas viviendas e incremento de

actividades económicas o de facilidades y capacidades para el desarrollo, esto indica un crecimiento a una tasa geométrica.

El cálculo de la población futura debe estimarse mediante la fórmula del interés compuesto:

$$dPdt = r * Po \quad \text{ó} \quad dPPo = rdt$$

Integrando para el periodo intercensal resultará que:

$$\int dPPPfPo = r \int dtfto$$

Aplicando logaritmos y resolviendo:

$$\ln Pf - \ln Po = r * (tf - tb)$$

$$Pf = Po * (1 + r)(tf - to)$$

Se usará el método geométrico expresado por la fórmula siguiente:

$$Pn = Po(1 + r)^n$$

Donde:

Pn: población en el año "n".

Po: población al inicio del período de diseño.

r: tasa de crecimiento en el período de diseño expresado en notación decimal.

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

- **Tasa de crecimiento**

Para estimar la tasa de crecimiento se puede obtener por medio de los registros de censos realizados en años anteriores por el Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE) de los años 1950, 1963, 1995, 2005. Además de Información proveniente de instituciones propias del lugar, como: Alcaldías, ENACAL y MINSA.

La fórmula para calcular la tasa de crecimiento de la población es la siguiente:

$$r = \left(\frac{P_f}{P_o}\right)^{1/n} - 1$$

Donde:

P<sub>f</sub>: población futura

P<sub>o</sub>: población inicial

r: tasa de crecimiento en el período de diseño

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

Según el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) en sus Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimientos y Potabilización del Agua, establece que la tasa de crecimiento de las localidades estará en un rango de 2.5% a 4%.

### 5.3.1.2. Períodos de diseño

En los diseños de proyectos de abastecimiento de agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema con el propósito de satisfacer las demandas futuras de la comunidad.

Las NTON proponen:

<b>Tipos de componentes</b>	<b>Período de diseño</b>
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro Lento	20 años
Líneas de Conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

**Tabla 5.1 - Períodos de diseño. Fuente NTON 09 001 – 99**

## 5.3.2. Consumos

### 5.3.2.1. Dotación

La dotación o consumo per cápita de agua depende de algunos factores:

- Disponibilidad de fuentes.
- Clima y temperatura de la zona.
- Hábitos higiénicos y culturales de la población.
- Ingreso familiar.

Para sistemas de abastecimiento de agua potable, el INAA plantea:

- a. Puestos públicos de 30 a 40 lppd.
- b. Conexiones domiciliarias de patio de 50 a 60 lppd.
- c. Pozos excavados a mano y pozos perforados de 20 a 30 lppd<sup>20</sup>.

### 5.3.2.2. Población a servir

Estará en dependencia de las características de la población, configuración de la comunidad y las características tecnológicas de las instalaciones a establecerse.

### 5.3.2.3. Variaciones de consumo

- Consumo promedio diario: Es el promedio de los consumos diarios durante un año de registro, depende de la población y la dotación que se asigne.

$$CPD = P_f * Dotación$$

- Consumo máximo día: Se estima con el valor K por el consumo promedio diario más las pérdidas. El valor K oscila de 1.30 a 1.50.

$$CMD = (K * CPD) + H_f$$

---

<sup>20</sup> Alcantarillados, I. N. *Normas Técnicas Obligatorias Nicaraguenses (NTON-Rurales)*. Nicaragua. pp. 3-1

- Consumo máximo hora: Es el valor de K por el consumo promedio diario más las pérdidas. El valor K está entre 1.5 a 2.5.

$$CMH = (K * CPD) + H_f$$

#### 5.3.2.4. Pérdidas de agua en el sistema ( $H_f$ )

Se debe considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de los componentes del sistema. La cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

#### 5.3.2.5. Tipos de consumo

Las NTON proponen:

Consumo	Porcentaje %
Comercial	7
Público o institucional	7
Industrial	2

Tabla 5.2 - Tipos de consumos. Fuente: NTON 09 001-99

#### 5.3.2.6. Niveles de servicio

- **Puestos públicos**

Son tomas de agua que se implantan particularmente en el sector rural para abastecer de 2 a un máximo de 20 casas.

- **Conexiones domésticas**

Deberá realizarse un estudio cuidadoso para considerar las posibilidades económicas de la comunidad para construir un sistema con tomas domiciliarias.

### **5.3.3. Fuentes de abastecimiento**

#### **5.3.3.1. Pozo perforado**

Los criterios para la aceptación del pozo según las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON 09001-99) Rurales son los siguientes:

- a. El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba de bombeo de un mínimo de 24 horas a caudal constante y de una prueba de bombeo con un mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba.
- b. El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- c. El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo promedio diario (CPD).
- d. Disposición de la comunidad para operar y mantener el sistema.

#### **5.3.4. Estación de bombeo**

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

##### **5.3.4.1. Tuberías, válvulas de succión y descarga de bombas**

El diámetro de la tubería de succión y de impulsión no deberá ser menor que el diámetro admitido por la bomba, en caso contrario se debe conectar una reducción excéntrica.

- **Potencia requerida**

La potencia neta requerida del motor depende de:

- a. La potencia neta demandada por la bomba.
- b. Pérdidas por fricción mecánica en rotación del eje.
- c. Pérdidas en el cabezal de descarga.

Para determinar la potencia hidráulica de la bomba se usará la siguiente fórmula:

$$P_B = \frac{Q_{diseño} \cdot CTD}{3960 \cdot Ef}$$

Donde:

$P_B$ : potencia de la Bomba (hp)

Q: caudal de diseño (gpm)

CTD: carga total dinámica (pies)

Ef: eficiencia de la bomba

Se tiene que considerar como norma emplear un factor de 1.15 para calcular los hp del motor en base a los hp de la bomba, debido a las pérdidas mecánicas.

Las velocidades de operación de los motores eléctricos varían de acuerdo a la capacidad o caudal del equipo de bombeo.

- **Sarta**

El diámetro de la sarta está definido por el diámetro del medidor de agua. En la sarta de la bomba deberán considerarse:

- Válvula de compuerta.
- Válvula de retención.
- Medidor maestro.
- Manómetro con llave de chorro ½".
- Derivación descarga para prueba de bombeo y limpieza de la sarta.
- Unión flexible para efecto de mantenimiento.

Para la selección del diámetro de la sarta las NTON recomiendan:

Diámetro de Sarta		Rango de Caudales	
pulg	mm	gpm	lps
2	50	80	5.05
3	75	200	12.6

Tabla 5.3 - Diámetros de sarta en relación a un rango de caudales.

Fuente: NTON 09 001-99

Las tuberías deben anclarse adecuadamente y se debe considerar una válvula de alivio para proteger la instalación del golpe de ariete, recomendándose los siguientes diámetros:

Diámetro de válvula		Rango de caudales			
pulg	mm	gpm		lps	
3	75	250	500	15.8	31.5
2	50	60	250	3.8	15.8
1	25		60		3.8

Tabla 5.4 - Diámetros de válvulas con el caudal de descarga.

Fuente: NTON 09 001-99

### 5.3.5. Línea de conducción

Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día. Se le deberá proveer de los accesorios y obras de arte necesarios para su buen funcionamiento conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías, tomándose en consideración la protección y mantenimiento de las mismas.

Cuando la topografía del terreno así lo exija se deberán instalar válvulas de aire y vacío en las cimas y válvulas de limpieza en los cumpios.

### 5.3.5.1. Línea de conducción por bombeo

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga total dinámica al trasladarse el flujo. Deberán considerarse los siguientes aspectos.

- a. Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual se estima en 1.5 del consumo promedio diario.
- b. Para el cálculo hidráulico las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen - Williams u otra similar.
- c. La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas y el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de la bomba.
- d. Para determinar el diámetro más económico puede aplicarse la fórmula de Bresse.

- **Selección del diámetro de tuberías**

La fórmula de Bresse permite hacer un pre-dimensionamiento del diámetro más económico de las tuberías a usarse:

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

D: diámetro (m)

Q: consumo máximo día (m<sup>3</sup>/s)

- **Pérdida por fricción**

Para el dimensionamiento de la tubería de las líneas de conducción se aplicará la fórmula exponencial ampliamente utilizada de Hazen Williams:

$$h_f = 10.6451 * \frac{Q^{1.852} * L}{C^{1.852} * D^{4.871}}$$

Donde:

H<sub>r</sub>: pérdida de carga (m)

L: longitud (m)

Q: caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg)

D: diámetro (m)

C: coeficiente de Hazen Williams, depende del tipo de tubería utilizada como se muestra en el cuadro siguiente:

Material del conducto	Coficiente de rugosidad (C)
Tubo de hierro Galvanizado (Ho.Go)	100
Tubo de concreto	130
Tubo de asbesto cemento	140
Tubo de Hierro fundido (Ho. Fo)	130
Tubo plástico (PVC)	150

**Tabla 5.5 - Coeficientes de rugosidad de Hazen – Williams.**

Fuente: NTON 09 001-99

- **Carga Total Dinámica (CTD)**

Se debe estimar la carga total dinámica bajo la condición de bombeo desde la línea de impulsión al tanque de almacenamiento.

La carga total dinámica para pozos perforados se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$CTD = CE + hc + hf + ha$$

De donde:

CE: carga estática

hc : pérdidas en la tubería de descarga o columna de la bomba

hf : pérdidas por fricción

ha : pérdidas por accesorios

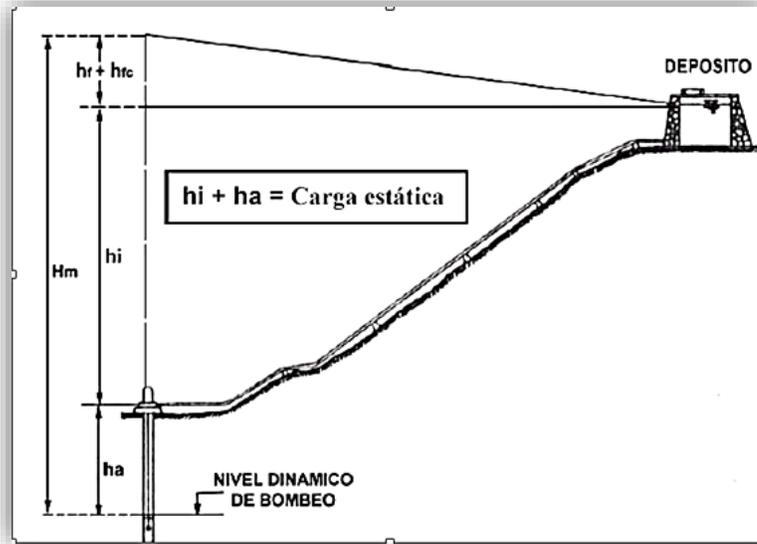


Figura 5.14 - Carga Total Dinámica

**a. Carga estática (CE)**

$$CE = h_i + h_a$$

$h_i$ : diferencia de altura desde el nivel de rebose del tanque hasta el nivel del terreno natural del pozo.

$h_a$ : diferencia de altura desde el nivel del terreno natural hasta el ojo de la bomba.

**b. Pérdida en la columna de la bomba ( $h_c$ )**

$$h_c = 5\% * L_c$$

$L_c$ : longitud de la columna de la bomba

**c. Pérdidas por accesorios ( $h_{acc}$ )**

Se utilizará la fórmula de Hazzen Williams donde la longitud es igual a la longitud equivalente de los accesorios de la tubería que se extraen del Nomograma de Pérdidas de cargas menores (ver **ANEXO C**).

- **Golpe de Ariete**

Se determina con las fórmulas de Michaud y Allievi.

$$G_a = \frac{c * V}{g}$$

Donde:

G<sub>a</sub>: sobrepresión o golpe de ariete (m)

v: velocidad el agua (m/s)

g: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

c: celeridad o velocidad de la onda (m/seg)

- **Celeridad**

Es la velocidad de propagación de la onda de sobrepresión y se calcula así:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k * (\frac{d}{e})}} \quad \text{Considerando } C \leq 1000 \text{ m/s}$$

Donde:

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

D: diámetro de la tubería (m).

e: espesor de la tubería (m).

k: coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad (a dimensional).

Para tubos plásticos o de PVC, K = 18

- **Velocidad**

La velocidad del agua se calcula a través de la fórmula de continuidad:

$$V = \frac{Q}{A} \quad A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Sustituyendo y despejando:

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

Donde:

V: velocidad (m<sup>2</sup>/s)

Q: caudal de diseño (m<sup>3</sup>)

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

d: diámetro de la tubería (m)

- **Sobrepresión o subpresión en las paredes de la tubería**

$$S_{p1} = (E_2 - E_1) + G_a$$

$$S_{p2} = (E_2 - E_1) - G_a$$

S<sub>p1</sub> : sobrepresión (m)

S<sub>p2</sub>: subpresión (m)

E<sub>2</sub>: elevación rebose tanque almacenamiento (msnm)

E<sub>1</sub>: elevación de ojo de la bomba (msnm)

G<sub>a</sub>: golpe de ariete (m)

- **Resistencia de la tubería**

$$P_t = f * P_n$$

P<sub>n</sub> = Presión de trabajo tubería

F= Factor de seguridad (0.95)

P<sub>t</sub>= Resistencia de la tubería (mca) (ver **Tabla 5.6**)

Condición: P<sub>t</sub> > S<sub>p1</sub>

- **Cálculo del coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad.**

$$K = \frac{10^{10}}{E}$$

Donde:

k: coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad (adimensional).

E: módulo de elasticidad del material del tubo (adimensional).

- **Clases de tubería**

La tubería a usarse será capaz de soportar la presión hidrostática y ajustarse a la máxima economía.

SDR	Presiones de trabajo		
	Kg/cm <sup>2</sup>	PSI	mca
11	28	400	280
13.5	22.4	320	224
17	17.5	250	175
26	11.2	160	112
32.5	8.8	125	88
41	7	100	70
50	5.6	80	56

**Tabla 5.6 - Clases de tuberías y presiones de trabajo para PVC.**

Fuente: ASTM

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

### **5.3.6. Red de distribución**

En el diseño de la red de distribución se deberá de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Se diseñará 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.
- b. El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.

- c. Se utilizarán válvulas, accesorios y obras de arte necesarias para asegurar el buen funcionamiento de la red y facilitar su mantenimiento.

#### **5.3.6.1. Diámetro mínimo**

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución será de 2 pulgadas (50mm) siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima, aceptándose en ramales abiertos en extremos de la red, para servir a pocos usuarios de reducida capacidad económica; y en zonas donde razonablemente no se vaya a producir un aumento de densidad de población, podrá usarse el diámetro mínimo de una pulgada y media 1 ½" (37.5 mm).

#### **5.3.6.2. Presiones máximas y mínimas**

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda que estén entre el rango de 5 metros a 50 metros.

#### **5.3.6.3. Velocidades permisibles en tuberías**

Los valores permisibles son de 0.4 m/s a 2.0 m/s para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías.

Cuando no se pueda cumplir con la velocidad mínima, proponer válvulas de limpieza para evitar la sedimentación de partículas en la red de distribución.

#### **5.3.6.4. Cobertura de tuberías**

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

### 5.3.6.5. Válvulas y anclajes

- **Válvula de aire:** las válvulas de aire permiten tanto el ingreso como la salida de éste. El acceso de aire se produce cuando se inicia bruscamente la salida del agua, como en el caso de una ruptura, de no contarse con una válvula de aire, pueden producirse presiones negativas dentro de la misma y se puede llegar a romper la tubería si es de PVC, o a colapsarse si es de acero.

El diámetro de las válvulas de aire y vacío se determinará en función del diámetro de la línea de conducción. Los fabricantes generalmente recomiendan el uso de válvulas cuyo diámetro es  $1\frac{1}{2}$ " por pie de diámetro de la línea de conducción, normalmente es de  $\frac{3}{4}$ ".

La siguiente figura muestra el perfil de donde se debe de ubicar la válvula de aire:

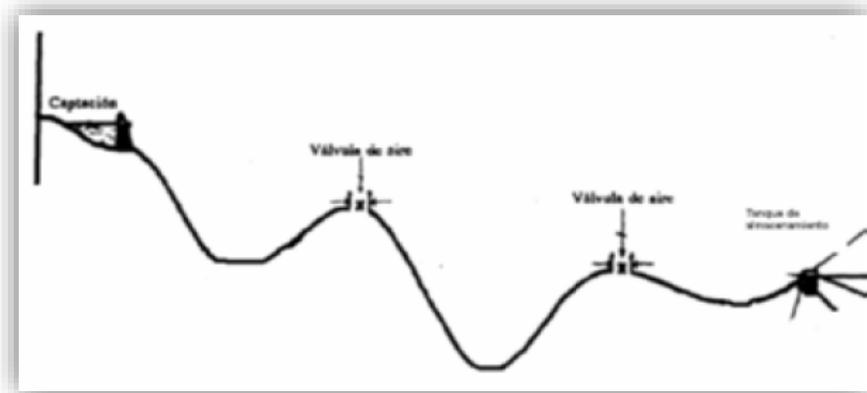


Figura 5.15 - Ubicación de las válvulas de aire

- **Válvulas de limpieza:** Estos dispositivos permiten las descargas de los sedimentos acumulados en las redes, se deben instalar en los puntos extremos y más bajos de ellas. El diámetro de las válvulas es igual al de la tubería que sirve.

A continuación, la figura ilustra donde se debe colocar la válvula de limpieza en el perfil de una línea de conducción:

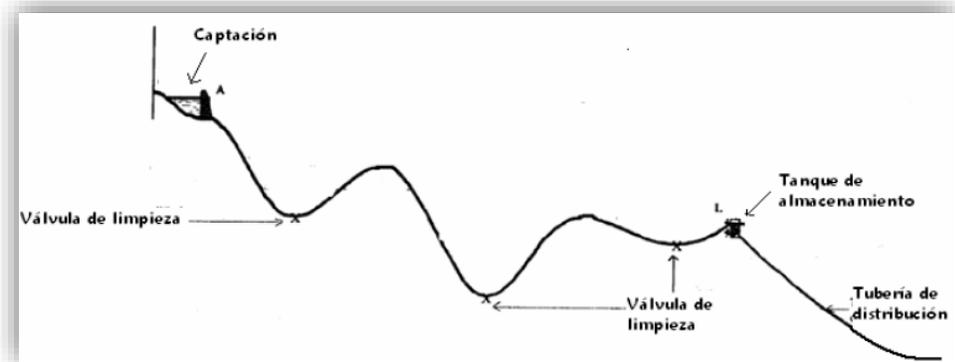


Figura 5.16 - Ubicación de las válvulas limpieza.

- **Válvulas de pase:** Deberán espaciarse de tal manera que permitan aislar tramos máximos de 400 metros de tuberías, cerrando no más de cuatro válvulas. Serán instaladas siempre en las tuberías de menor diámetro y estarán protegidas mediante cajas metálicas subterráneas u otras estructuras accesibles especiales.
- **Válvula de compuerta:** pueden ser de hierro fundido, empleándose principalmente para diámetros de 6" en adelante; de bronce que son más económicas que las de hierro fundido de 4" de diámetro o menos, o de plástico que se emplean en los equipos dosificadores de solución de hipoclorito de calcio. Se ubicarán al inicio y al final de la línea de conducción, para regular o cortar el flujo cuando sea necesario.
- **Anclajes:** Es obligado el uso de los anclajes de concreto en cada uno de los accesorios de la red. El diseño de los mismos será realizado para soportar las fuerzas internas producidas por la presión del agua dentro de la red.

### 5.3.7. Almacenamiento

#### 5.3.7.1. Capacidad mínima

La capacidad mínima de almacenamiento está compuesta por: volumen compensador, reserva para eventualidades o emergencias y reserva para combatir incendios:

Por tanto, el volumen de almacenamiento se calcula:

$$V_T = VC + VR$$

Donde:

$V_T$ : volumen total (m<sup>3</sup>, gpm, lts)

$VC$ : volumen de compensación por variaciones horarias

$VR$ : volumen de reserva

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

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

### 5.3.8. Conexiones domiciliarias

El diámetro mínimo de cada conexión será de ½ pulgada (12.5 mm). Toda conexión domiciliar deberá estar siempre controlada por su medidor correspondiente o por un regulador de flujos.

### 5.3.9. Desinfección

Para desinfectar el agua se estima la concentración del cloro que vamos a utilizar para preparar adecuadamente la dosificación de la mezcla.

- **Volumen Dosificador**

La determinación del volumen dosificador se basa en la cantidad de Cloro que se agrega al agua, la producción de la fuente y el grado de concentración dosificante que se quiere establecer.

$$M = \frac{D * Q}{C}$$

Donde:

M: cantidad de solución diluida a agregar, en ml/min.

D: dotación de Cloro igual a 1.5 mg/lt

Q: Consumo máximo diario para cada año comprendido entre el período de diseño (CMD) en litros/minutos

C: concentración de la solución (1%)

Con los datos obtenidos para un volumen dosificador (ml/min) cualquiera, se puede calcular el volumen de almacenamiento para un día, mes o año. Como máximo se calculará para un mes, pero se deben preparar cada semana para evitar que el cloro pierda su capacidad desinfectante (se vence).

$$V_{\text{día}} = \text{volumen dosificador} * \frac{1440 \text{ min}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ lt}}{1000 \text{ ml}}$$

Como en el mercado nicaragüense las soluciones de cloro se venden en presentaciones del 12% de concentración, es necesario calcular el volumen de solución al 12% necesaria para preparar una solución al 1% de concentración que es la que nos permite calcular la dosificación del aparato clorinador. Se emplea la siguiente fórmula:

$$V_{12\%} * C_{12\%} = V_{1\%} * C_{1\%}$$

Donde:

$V_{12\%}$ : volumen de la solución al 12% (ml)

$V_{1\%}$ : volumen de la solución al 1% (ml)

$C_{12\%}$ : concentración de la solución al 12%

$C_{1\%}$ : concentración de la solución al 1%

Despejando  $V_{12\%}$  que el volumen requerido:

$$V_{12\%} = \frac{V_{1\%} * C_{1\%}}{C_{12\%}} = \frac{1}{12} V_{1\%}$$

Para determinar la cantidad de dosificación de cloro, se emplean las ecuaciones antes descritas. Estas se calculan en base a la Proyección de Consumo Máximo Día (CMD) por año.

#### **5.4. Procedimiento de diseño**

##### **5.4.1. Definir puntos de entrada de agua**

Para el diseño de la red de distribución se requiere el conocimiento de la ubicación de la fuente de abastecimiento que usará en el periodo de diseño. El punto de entrada será el tanque de almacenamiento, este será fijado por medio del plano de curvas de nivel y del conocimiento que se tenga de la localidad.

##### **5.4.2. Trazado de las tuberías principales**

Una vez identificado el punto de entrada se procede al trazado de las tuberías principales (circuitos) y las tuberías secundarias. Los anillos principales de la red se analizan por las condiciones establecidas por el método de Hardy Cross. El criterio básico que se sigue en el diseño es la velocidad y presiones.

### **5.4.3. Caudales de salida en los nodos**

Definidos los circuitos o anillos principales se procede a definir la salida en cada punto de concentración o nodo evitando salidas concentradas a distancia menores de 200 m y mayores de 300 m.

La magnitud de salida se establece en base a su área de influencia que representa el sector poblacional que a través de sus conexiones domiciliarias utilizará el agua que teóricamente se acumulará en los puntos de concentración.

## VI. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Estudio de población y consumo

#### 6.1.1. Período de diseño

El proyecto será diseñado para un período de 20 años de acuerdo a las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON 09001-99).

#### 6.1.2. Tasa de crecimiento de la localidad

La determinación de la población esperada a lo largo del período de diseño se basó en la proyección del crecimiento geométrico, teniendo como dato inicial los resultados de censos poblacionales efectuados por INIDE (Instituto Nicaragüense de Información y Desarrollo) en los años comprendidos de 1963, 1971, 1995, y 2005.

Al carecer de datos históricos sobre la población de la comunidad Las Cruces, se procedió a determinar el crecimiento poblacional del departamento y del municipio, para estimar de acuerdo a estas tasas de crecimiento el comportamiento poblacional de la comunidad en estudio, como se muestran en las tablas siguientes:

<b>Departamento de Madriz</b>				
<b>Año</b>	<b>Población Urbana</b>	<b>Población Rural</b>	<b>Población Total</b>	<b>Tasa de Crecimiento %</b>
1963	8,652	41,577	50,229	-
1971	11,552	41,871	53,423	0.774
1995	27,411	80,156	107,567	2.959
2005	40,681	91,778	132,459	2.103

**Tabla 6.1 - Datos de población de Madriz**

**Fuente:** Censos Nacionales INIDE

<b>Departamento de Yalagüina</b>				
<b>Año</b>	<b>Población Urbana</b>	<b>Población Rural</b>	<b>Población Total</b>	<b>Tasa de Crecimiento %</b>
1963	355	3,148	3,503	-
1971	532	2,726	3,258	-0.902
1995	1,677	5,824	7,501	3.536
2005	1,636	7,961	9,597	2.495

**Tabla 6.2 - Datos de población de Yalagüina**

**Fuente:** Censos Nacionales INIDE

Los cálculos anteriores muestran que las tasas de crecimiento oscilan entre 0.774% a 3.536%. De acuerdo con las NTON estas deben de estar en el rango de 2.5% a 4%, por tanto, se considera la tasa mínima de 2.5% para realizar la proyección poblacional de la comunidad Las Cruces.

### 6.1.3. Proyección de población

Según los datos más recientes de la alcaldía de Yalagüina, la comunidad Las Cruces cuenta con 520 personas y 130 viviendas con un índice poblacional de 4 habitantes por vivienda en el año 2015.

<b>AÑO</b>	<b>Proyección de Población Tasa de crecimiento 2.5%</b>
2015	520
2020	588
2025	666
2030	753
2035	852

**Tabla 6.3 - Proyección de la población de la Comunidad Las Cruces**

**Fuente:** Elaboración propia

#### 6.1.4. Proyección de consumos

##### 6.1.4.1. Nivel de servicio y dotación de agua

El nivel de servicio propuesto corresponde a conexiones domiciliarias con una dotación de 60 lppd (15.9 gppd) para todo el período de diseño.

##### 6.1.4.2. Estimación de consumo

Para la proyección de consumo se utilizó una cobertura del 100% de la población y de acuerdo a la dotación estimada se calcularon las variaciones de consumos que incluyen el consumo promedio diario asumiendo el 20% que corresponde a las pérdidas de agua de la tuberías, además el consumo de máximo día y el consumo de máxima hora, expresados en litros por segundo (lps).

En la tabla siguiente se muestra la demanda de la población proyectada cada cinco años (ver **ANEXO D**. Tabla de proyección de población y consumos).

AÑO	Población	Dotación	CPD	CMD	CMH
		lppd	lps	lps	lps
2015	520	60	0.464	0.696	1.159
2020	588	60	0.525	0.787	1.311
2025	666	60	0.594	0.890	1.484
2030	753	60	0.672	1.007	1.679
2035	852	60	0.760	1.140	1.899

**Tabla 6.4 - Variaciones de consumo de Las Cruces**

**Fuente:** Elaboración propia

En el año de 2035, la demanda de consumo máximo día equivale a 1.140 lps (18 gpm) y el consumo de máxima hora es de 1.899 lps (30 gpm).

## **6.2. Conceptualización del proyecto**

Para solucionar la problemática de abastecimiento de agua potable en la comunidad Las Cruces - Yalagüina, se plantea la construcción de un sistema del tipo fuente –tanque – red, debido a la ubicación estratégica del tanque con respecto a la comunidad que permitirá que el comportamiento hidráulico del sistema sea más efectivo.

La fuente de abastecimiento es un pozo perforado que constituirá la principal obra de captación de aguas subterráneas del sistema. El agua extraída del pozo, será impulsada al tanque de almacenamiento y luego saldrá hacia la red de distribución para que la población se abastezca.

El diseño se presenta de la siguiente manera:

- Fuente de abastecimiento.
- Línea de conducción.
- Tanque de almacenamiento.
- Red de distribución.

### **6.2.1. Fuente de abastecimiento**

La fuente de abastecimiento que se propone para la comunidad es el pozo perforado Nance Dulce en las coordenadas 13°30'41.47" latitud Norte y 86°29'43.15" longitud Oeste con una elevación del terreno natural de 774 msnm.

El pozo tiene una profundidad de 235 pies (71.63 m). Se le realizó una prueba de bombeo para evaluar si tiene la capacidad de satisfacer la demanda de la comunidad Las Cruces.

Caudal gpm	Nivel de bombeo	Abatimiento	CE (gpm/pie)
30	169.090	1.07	28.04
40	174.050	6.03	6.63
45	176.000	7.10	6.34
60	177.100	9.08	6.61

**Tabla 6.5 - Resultados de prueba de bombeo comunidad Las Cruces**

**Fuente:** Elaboración propia

Según la tabla 5.5, la capacidad específica promedio del pozo es de 6.526 gpm/pie tomando en cuenta 40, 45 y 60 gpm. Analizando estos resultados se puede deducir que el pozo se puede explotar hasta un caudal de 60 gpm como máximo.

La prueba se evaluó con método grafo analítico de Cooper-Jacob, donde se grafica el descenso en la escala Y (escala normal) contra tiempo en X (escala logarítmica) (ver **ANEXO E**. Transmisibilidad del pozo Nance Dulce).

La transmisibilidad (T) se evalúa con la fórmula:

$$T = 264 * \frac{Q}{\Delta s}$$

Donde:

Q: caudal de bombeo en gpm

$\Delta s$ : diferencia de descenso en un ciclo logarítmico en pies

T: resulta en gpd/pie, indica la capacidad del acuífero para almacenar y ceder agua.

Para los caudales de 45 y 60 gpm nos indica que la transmisibilidad es clase alta según tabla de Krasny (ver **ANEXO F**. Tabla de Krasny).

Las gráficas de los caudales muestran como la transmisibilidad disminuye a medida que sacamos mayor caudal, lo que indica que la recarga de la cuenca no es tan significativa debido a que la recuperación es lenta. Por tal motivo, se recomienda un caudal óptimo de explotación del pozo de 40 gpm garantizando de esta manera satisfacer la demanda de consumo de la población que según los cálculos es de 17.869 gpm.

Los datos del pozo son:

- Nivel estático del agua: 168.02 pies ~ 51.21 m
- Nivel dinámico del agua: 177.10 pies ~ 53.98 m
- Diámetro revestido: 6 pulgadas
- Caudal óptimo de explotación: 40 gpm ~ 2.52 lps
- Profundidad del pozo: 235 pies ~ 71.63 m

Ver **ANEXO L**. Plano Predio del Pozo (lámina 04/18).

Según los resultados del análisis bacteriológico del agua realizado por la alcaldía de Yalagüina en el año 2006, el pozo Nance Dulce no presenta agentes contaminantes y puede usarse como fuente para consumo humano (ver **ANEXO G**. Análisis físico químico y bacteriológico del Pozo Nance Dulce).

### **6.2.2. Línea de conducción**

El caudal de diseño utilizado será el CMD que es de 1.140 lps (18 gpm) al final del período de diseño.

Se bombeará en un régimen de 12 horas para evitar el encarecimiento del sistema y no afectar la eficiencia del motor y la bomba.

### 6.2.2.1. Cálculo del diámetro

El diámetro de la línea de conducción está diseñado para impulsar el flujo desde el pozo hasta el tanque de almacenamiento de agua potable y luego hacia la red de distribución, este diámetro será capaz de llevar el caudal bombeado cada año, desde el inicio de funcionamiento del sistema hasta el final del periodo de diseño. Según la fórmula de Bresse:

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

$$D = 0.9 (0.00114)^{0.45}$$

$$D = 0.04264 \text{ m} = 1.6789 \text{ pulg}$$

$$CMD = 1.140 \text{ lps} = 0.00114 \text{ m}^3/\text{s}$$

El diámetro de la línea de conducción será de 2 pulg.

### 6.2.2.2. Cálculo de velocidad

$$V = \frac{Q}{A} \quad A = \frac{\pi d^2}{4}$$

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

$$V = \frac{4 * (0.00114 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi (0.0508 \text{ m})^2} = 0.562 \text{ m/s}$$

De acuerdo a los resultados se puede observar que la línea de conducción propuesta cumple con la norma que establece un rango de velocidad entre 0.4 m/s y 2 m/s.

Según NTON 09001-99:

$$0.4 < V > 2$$

$$0.4 < 0.562 > 2$$

**Cumple**

### 6.2.2.3. Cálculo del golpe de ariete

$$G_a = \frac{C * V}{g}$$

$$G_a = \frac{468.85 \frac{m}{s} * 0.562 m/s}{9.81 m/s^2} = 26.86 m/s$$

$G_a$  = sobrepresión o golpe de ariete (m)

$v = 0.562 m/s$

$g = 9.81 m/s^2$

$C = 468.85 m/seg$

- **Velocidad o celeridad de la onda de choque**

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k * \left(\frac{d}{e}\right)}}$$

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 * \left(\frac{0.0508}{0.00231}\right)}} = 468.85 m/s$$

K: coeficiente de módulo de elasticidad del tipo de material de tubo (PVC = 18)

$d_{tu} = 2'' \sim 5.08 cm \sim 0.0508 m$

$e = 0.0023 m$

- **Sobrepresión o subpresión en las paredes de la tubería**

$$S_{p1} = (E_2 - E_1) + h_a \quad S_{p2} = (E_2 - E_1) - h_a$$

$S_{p1}$  = sobrepresión (m)

$S_{p2}$  = subpresión (m)

$E_2 = 799.35$  msnm

$E_1 = 713.04$  msnm

$G_a = 26.86$  m

$$S_{p1} = (799.35 - 713.04) + 26.86 \frac{m}{s} = 113.17 \text{ m}$$

$$S_{p2} = (799.35 - 713.04) - 26.86 \frac{m}{s} = 59.45 \text{ m}$$

#### 6.2.2.4. Resistencia de la tubería

$$P_t = f * P_n$$

$P_n = \text{PVC } 112 \text{ mca}$

F= Factor de seguridad (1.05)

$P_t = \text{Resistencia de la tubería (Cédula 40)} = 106.4 \text{ mca}$

$$P_t = 1.05 * 112 \text{ mca} = 117.6 \text{ mca}$$

Condición:  $P_t > S_{p1}$

$$117.6 > 113.17 \quad \text{Cumple}$$

Por tanto, en la línea de conducción se propone utilizar tubería PVC de diámetro de 2" SDR-26.

#### 6.2.2.5. Carga Total Dinámica (CTD)

Para el cálculo de la Carga Total Dinámica (CTD), se debe considerar las pérdidas en la columna de la bomba, la carga estática, pérdidas por fricción y por accesorios.

Nivel del terreno natural del tanque = 797 msnm

Nivel de rebose = 799.35 msnm

Nivel natural del pozo = 774 msnm

Nivel del pozo perforado hasta el ojo de la bomba = 713.04 msnm

Longitud de la línea de impulsión = 374 m

**a) Carga estática (CE)**

$$CE = h_i + h_a$$

$$CE = (799.35 - 774) + (774 - 713.04)$$

$$CE = 86.31 \text{ m}$$

**b) Pérdida de la columna de la bomba ( $h_c$ )**

$$h_c = 5\% * L_c$$

$$L_c = 60.96 \text{ m}$$

$$h_c = 5\% * 60.96 \text{ m}$$

$$h_c = 3.048 \text{ m}$$

**c) Pérdidas por fricción ( $h_f$ )**

$$h_f = 10.6451 * \frac{Q^{1.852} * L}{C^{1.852} * D^{4.871}}$$

$$h_f = 10.6451 * \frac{0.00114^{1.852} * 374}{(150)^{1.852} * (0.0508)^{4.871}}$$

$$h_f = 2.648 \text{ m}$$

$$Q = 1.140 \text{ lps} = 0.0114 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$C = \text{PVC} = 150$$

$$L = 374 \text{ m}$$

$$D = 0.0508 \text{ m}$$

**d) Pérdidas por accesorios ( $h_{acc}$ )**

$$h_{acc} = 10.6451 * \frac{0.00114^{1.852} * 24.2}{(150)^{1.852} * (0.0508)^{4.871}}$$

$$h_{acc} = 0.171 \text{ m}$$

Accesorio	N° accesorios	L/D (m)	L/Dt (m)
Codo 45°	5	0.7	3.5
Válvula de aire	3	5	15
Válvula de retención (check)	1	5	5
Válvula de compuerta (limpieza)	2	0.35	0.7
<b>TOTAL</b>		<b>11.05</b>	<b>24.2</b>

**Tabla 6.6 - Pérdidas por accesorios Fuente:** Elaboración propia

$$CTD = CE + hc + hf + ha$$

$$CTD = 86.31 \text{ m} + 3.048 \text{ m} + 2.648 \text{ m} + 0.171 \text{ m}$$

$$CTD = 92.17 \text{ m}$$

La carga total dinámica es de 300 pies.

### 6.2.3. Equipo de bombeo

La bomba debe ser capaz de vencer la carga total dinámica y solo se utilizará para el bombeo de la línea de conducción porque la distribución será por gravedad.

#### 6.2.3.1. Potencia de la bomba

$$P_B = \frac{Q_{\text{bombeo}} \text{ CTD}}{3960 * Ef}$$

$Q_{\text{diseño}} = 1.140 \text{ lps} \sim 18 \text{ gpm}$

$CTD = 300 \text{ pies}$

$Ef = \text{Eficiencia de la bomba} = 75\%$

$$P_B = \frac{18 \text{ gpm} * 300 \text{ pies}}{3960 * 75\%}$$

$$P_B = 1.81 \text{ hp}$$

#### 6.2.3.2. Potencia del motor

Factor de potencia del motor = 1.15

$$P_m = f * P_B$$

$$P_m = 1.15 * 1.81 \text{ hp}$$

$$P_m = 2.08 \text{ hp} \sim 2 \text{ hp}$$

Para que pueda vencer una carga dinámica de 300 pies con un caudal de 18 gpm, se propone trabajar con una bomba sumergible marca Franklin Electric construida en HG acoplada a un motor marca Franklin Electric de 2 hp de 4 pulgadas 2/60/230V (ver **ANEXO H**. Curva característica de la bomba).

#### 6.2.4. Caseta de bombeo

Es necesaria la construcción de una caseta de bombeo para mantener control y aseguramiento del sistema. Esta caseta se construirá de mampostería (ver ANEXO L. Plano Caseta de control (láminas 12,13/18)).

#### 6.2.5. Desinfección

La siguiente tabla, muestra el cálculo de la cantidad de cloro a usarse para la desinfección del agua, mediante la dotación de 1.5 mg/litro.

En el mercado el hipoclorito de sodio está disponible en proporciones al 12 % por lo que para preparar una solución al 1% en cada año del periodo de diseño se dispone en la última columna de la tabla.

Año	Población Proyectada	CMD lps	Dosis Diaria ml/min	Volumen Solución 1% (lt/d)	Tiempo de vaciado (días) de un bidón de 100 lts	Cantidades vaciadas bidón de 100 lts	Cantidad de solución 1% x mes (lts)	Cantidad de hipoclorito al 12% x mes (lts)	Cantidad de hipoclorito al 12 % por año (lts)
2015	520	0.688	6.19	8.92	11	2.67	267.46	22.29	267
2016	533	0.705	6.35	9.14	11	2.74	274.15	22.85	274
2017	546	0.723	6.50	9.37	11	2.81	281.00	23.42	281
2018	560	0.741	6.67	9.60	10	2.88	288.03	24.00	288
2019	574	0.759	6.83	9.84	10	2.95	295.23	24.60	295
2020	588	0.778	7.00	10.09	10	3.03	302.61	25.22	303
2021	603	0.798	7.18	10.34	10	3.10	310.17	25.85	310
2022	618	0.818	7.36	10.60	9	3.18	317.93	26.49	318
2023	634	0.838	7.54	10.86	9	3.26	325.88	27.16	326
2024	649	0.859	7.73	11.13	9	3.34	334.02	27.84	334
2025	666	0.881	7.93	11.41	9	3.42	342.37	28.53	342
2026	682	0.903	8.12	11.70	9	3.51	350.93	29.24	351
2027	699	0.925	8.33	11.99	8	3.60	359.71	29.98	360
2028	717	0.948	8.53	12.29	8	3.69	368.70	30.72	369
2029	735	0.972	8.75	12.60	8	3.78	377.92	31.49	378
2030	753	0.996	8.97	12.91	8	3.87	387.36	32.28	387
2031	772	1.021	9.19	13.23	8	3.97	397.05	33.09	397
2032	791	1.047	9.42	13.57	7	4.07	406.98	33.91	407
2033	811	1.073	9.66	13.90	7	4.17	417.15	34.76	417
2034	831	1.100	9.90	14.25	7	4.28	427.58	35.63	428
2035	852	1.127	10.15	14.61	7	4.38	438.27	36.52	438

**Tabla 6.7 - Cantidad de hipoclorito de sodio al 12%.**

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.6. Tanque de almacenamiento

La siguiente tabla muestra las especificaciones hidráulicas para el diseño del tanque de almacenamiento de la comunidad Las Cruces de acuerdo a las NTON 09001-99, determinando el volumen compensador y de reserva que se estimó con el 35% del consumo promedio diario total.

Volumen del tanque de almacenamiento		
CPDT	65.664 m <sup>3</sup>	
Volumen compensador	15%	9.84 m <sup>3</sup>
Volumen de reserva	20%	13.13 m <sup>3</sup>
<b>Volumen Total</b>	<b>35%</b>	<b>22.97 m<sup>3</sup></b>

Tabla 6.8 - Volumen del tanque de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia

Se propone la construcción de un tanque de concreto ciclópeo sobre el suelo, con losa superior e inferior de concreto reforzado con las siguientes características:

- Base interna 3.5 m
- Largo interno 3.5 m
- Altura interna 2.5 m
- Altura de rebose 2.0 m
- Capacidad útil 24.5m<sup>3</sup>

El tanque de almacenamiento contara con todos sus accesorios para su funcionamiento como tubería de limpieza y de rebose, tubería de entrada y salida, válvulas de compuerta, instalación de escaleras, tapa de inspección, impermeabilizante en paredes.

Para a ubicación del tanque se propone que se construya en las coordenadas 13°30'42.57"N y 86°29'33.34"O con una elevación de terreno natural de 797 msnm (ver **ANEXO L**. Plano de tanque de almacenamiento y predio del tanque (láminas 10,11/18)).

### 6.2.7. Red de distribución

Las variaciones de consumo de la red de distribución se analizaron mediante el programa computarizado Epanet v2.0 que nos permite conocer el comportamiento del sistema en la hora de máximo consumo.

#### 6.2.7.1. Tipo de red

Debido al grado de dispersión que presentan las viviendas de la comunidad en estudio se optó por asignar una red del tipo abierta o ramificada la cual se adapta muy bien a la necesidad.

Se trabajó con un total de 20 tramos y 20 nodos distribuido a todo lo largo y ancho de la comunidad, con el objetivo de abastecer el 100% de las viviendas.

#### 6.2.7.2. Demandas nodales

El diseño de la red de distribución se llevó a cabo con la condición de máxima hora.

Las demandas nodales se calcularon con el método por metro lineal, considerando el consumo promedio horario calculado y la longitud total de la tubería:

$$Q_{unit} = \frac{CMH}{Long T} = \frac{1.899 \text{ lps}}{2919.89 \text{ m}} = 0.000650367 \text{ lps/m}$$

Definido cada uno de los tramos de tubería y sus respectivas longitudes, se determinaron los valores del gasto por tramo mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{nodo1} = Q_{unit} * longitud$$
$$Q_{nodo1} = 0.000650367 \frac{\text{lps}}{\text{m}} * 24.98 \text{ m} = 0.0162 \text{ lps}$$

De	A	Longitud (m)	Q <sub>nodo</sub> (lps)
Tanque	1	24.98	0.016
1	2	88.7013	0.057
2	3	114.8	0.074
3	4	171	0.110
4	5	108.1	0.070
4	6	232.1	0.149
1	7	184.8	0.119
7	8	185.3	0.119
8	9	249.1	0.179
2	10	184.1	0.119
10	11	55.27	0.036
11	12	70.03	0.045
11	13	184.3	0.119
13	14	114.4	0.074
10	15	223.5	0.144
15	16	163	0.105
16	17	64.71	0.042
17	18	103.4	0.067
18	19	194.8	0.125
19	20	203.5	0.131
<b>Total</b>		<b>2919.8913</b>	<b>1.899</b>

Tabla 6.9 - Demanda nodales.

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.7.3. Introducción y procesamiento de datos en Epanet

Los datos que se introdujeron en Epanet v.2 para efectuar el análisis son:

- En los nodos: cota de elevación y la demanda nodal.
- En los tramos: diámetro, longitud, coeficiente de rugosidad.

El procesamiento de los datos está enfocado principalmente a los resultados de la velocidad en los tramos y la presión en cada nodo, si estos no cumplen con lo establecido en las normas nacionales se puede proponer otros diámetros y así sucesivamente hasta obtener resultados aceptables.

Para la selección de diámetros de la red de distribución se tomaron en cuenta criterios técnicos y económicos para las zonas rurales, el material y longitud de las tuberías.

Para conocer las condiciones de comportamiento hidráulico del sistema de abastecimiento de la comunidad Las Cruces, se realizó análisis en la hora más crítica del día (CMH), verificando las presiones y velocidades del sistema.

- **Presiones máximas y mínimas**

Las presiones en la red están en el rango permitido de 5 a 50 mca según las NTON, como se muestra en los siguientes resultados:

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m
Conexión Nudo5	774	0	31.24
Conexión n11	777	0.036	14.54
Conexión n12	772	0.045	19.53
Conexión n10	774	0.119	17.65
Conexión n3	776	0.074	19.43
Conexión n4	757.3	0.110	37.63
Conexión n5	756	0.070	38.92
Conexión n6	755	0.149	39.78
Conexión n1	792	0.016	5.01
Conexión n8	761.7	0.119	34.02
Conexión n9	765	0.179	30.48
Conexión n15	762	0.144	27.58
Conexión n16	760	0.105	28.66
Conexión n17	758	0.042	30.65
Conexión n18	752	0.067	36.36
Conexión n19	765	0.125	23.27
Conexión n20	758	0.131	30.26
Conexión n7	775	0.119	21.17
Conexión n2	787	0.057	8.92
Conexión n13	762	0.119	29.34
Conexión n14	753	0.074	38.31

**Tabla 6.10 - Presiones en la red en la Hora de Máximo Consumo**

Fuente: Elaboración propia

- **Velocidades permisibles**

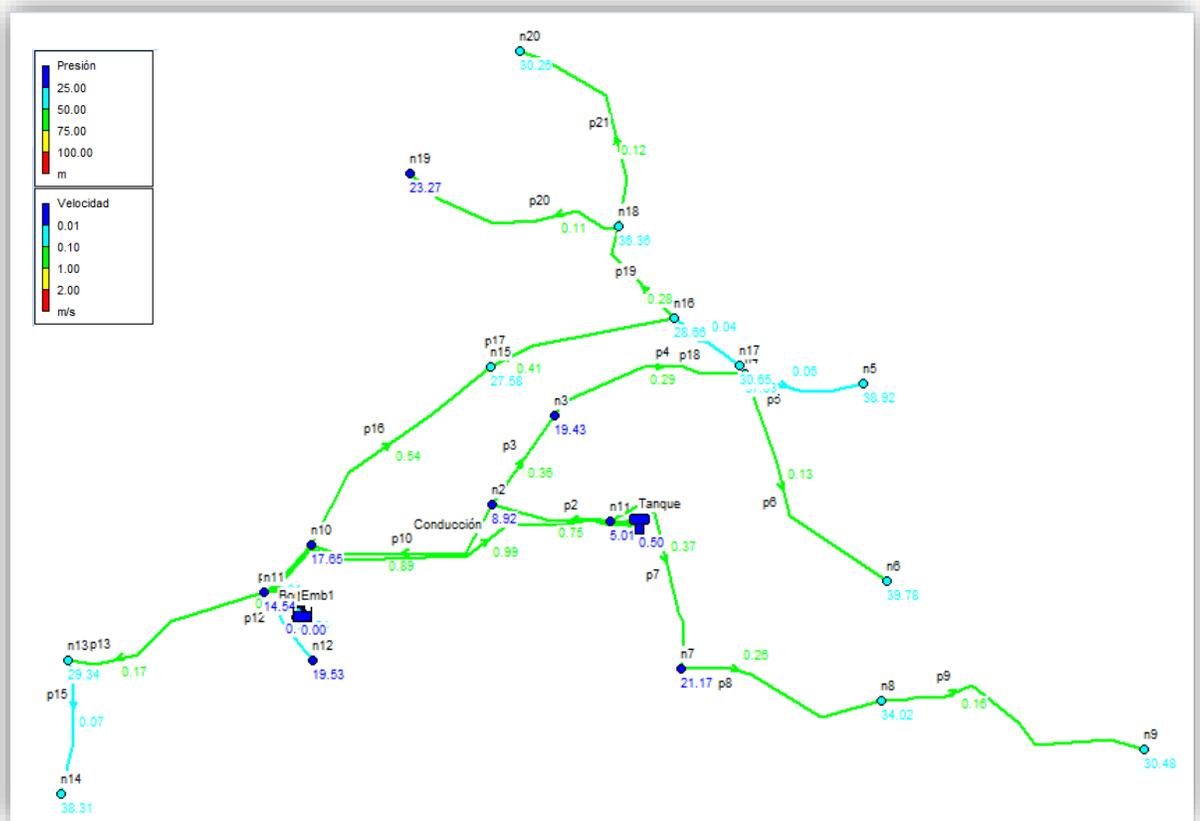
Los resultados obtenidos de la modelación en Epanet son los siguientes:

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería p12	70.03	38	150	0.05	0.04
Tubería p11	55.27	38	150	-0.27	0.24
Tubería p4	171	38	150	0.33	0.29
Tubería p5	108.1	38	150	0.07	0.06
Tubería p6	232.1	38	150	0.15	0.13
Tubería p9	249.1	38	150	0.18	0.16
Tubería p16	223.5	38	150	0.61	0.54
Tubería p18	64.71	38	150	0.04	0.04
Tubería p19	103.4	38	150	0.32	0.28
Tubería p20	194.8	38	150	0.12	0.11
Tubería p21	203.5	38	150	0.13	0.12
Tubería p17	163	38	150	0.47	0.41
Tubería p10	184.1	38	150	-1.01	0.89
Tubería p13	184.3	38	150	0.19	0.17
Tubería p15	114.4	38	150	0.07	0.07
Tubería p3	114.8	38	150	0.40	0.36
Tubería Conducción	374.1	50	150	1.95	0.99
Tubería p1	24.98	50	150	1.90	0.97
Tubería p7	184.8	38	150	0.42	0.37
Tubería p8	185.3	38	150	0.30	0.26
Tubería p2	88.7013	50	150	-1.47	0.75

**Tabla 6.11 - Velocidades en red en la Hora de Máximo Consumo**

**Fuente:** Elaboración propia

Como se muestra en la **tabla 6.11** la red de distribución presenta velocidades muy bajas en algunos tramos aún con el diámetro mínimo según las NTON (1 ½”), por lo que se propone colocar válvulas de limpieza para evacuar los sedimentos que se puedan depositar y válvulas de aire con el fin de evitar este daño en la tubería. De esta manera, garantizar el buen funcionamiento de todo el sistema.



**Figura 6.17 - Simulación del sistema propuesto en Epanet v2**

Fuente: Elaboración propia

De forma general, la red está dentro del rango de presiones establecido en las normas, lo que nos indica que el sistema tendrá un funcionamiento hidráulicamente satisfactorio.

### 6.3. Estimación de take off y presupuesto general del proyecto

Para realizar el take off de la obra, se hizo un análisis minucioso de la información contenida en los planos, tratando de no omitir ni el más mínimo detalle.

Tomando en cuenta el costo de los materiales, mano de obra y transporte, se calculó el costo respectivo de las etapas de construcción de las obras proyectadas y el precio unitario con el fin de obtener el costo total del proyecto.

El valor del MABE asciende a C\$ **2067,738.17** (dos millones sesenta y siete mil, setecientos treinta y ocho córdobas con diecisiete centavos) equivalentes a **\$72,807.68** (setenta y dos mil ochocientos siete córdobas con sesenta y ocho centavos). El tipo de cambio oficial del dólar al momento de realizar el presupuesto fue de C\$ 28.4. (Ver **ANEXO I**. Presupuesto detallado de la obra).

ETAPA	ACTIVIDAD	U/M	CANT.	COSTO UNITARIO	TOTAL
I	PRELIMINARES	M	1,848.00	14.59	C\$ 26,956.80
II	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	M	374.00	113.72	C\$ 42,531.30
III	EQUIPO DE BOMBEO	C/U	1.00	104,595.73	C\$ 104,595.73
IV	CASETA DE CONTROL	C/U	1.00	103,888.83	C\$ 103,888.83
V	DESINFECCIÓN	C/U	1.00	20,044.60	C\$ 20,044.60
VI	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	C/U	1.00	409,830.91	C\$ 409,830.91
VII	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	M	2,922.66	118.65	C\$ 346,783.33
VIII	CONEXIONES DOMICILIARES	C/U	130.00	1,804.30	C\$ 234,559.00
IX	LIMPIEZA FINAL	GBL	1.00	2,500.00	C\$ 2,500.00

Costo total directo	C\$ 1291,690.51
Costo total indirecto (20%)	C\$ 258,338.10
<b>Subtotal 1</b>	<b>C\$1550,028.61</b>
Utilidades (15%)	C\$ 232,504.29
<b>Subtotal 2</b>	<b>C\$ 1782,532.90</b>
IVA (15%)	C\$ 267,379.94
IM (1%)	C\$ 17,825.33

**COSTO TOTAL DEL PROYECTO C\$ 2067,738.17**  
**\$69,285.10**

## CONCLUSIONES

- La población actual de Las Cruces es de 520 habitantes, el 53% son mujeres y 47% varones, se considera una comunidad joven. Tiene 130 viviendas, la mayoría de adobe y techo de teja. La densidad poblacional de Las Cruces es de 4 hab/vivienda. El 47% de la población es económicamente activa y se dedica a la agricultura y ganadería. Los ingresos oscilan entre 600 a 2,000 córdobas por mes.
- El pozo perforado Nance Dulce es propiedad de la comuna desde el año 2006, es la fuente que presenta las condiciones más favorables en cantidad y calidad de agua. Según la prueba de bombeo realizada en el corriente año su caudal óptimo de explotación es de 40gpm (2.52 lps) cantidad que duplica la demanda de agua de la población proyectada a 20 años (18gpm ~ 1.140lps). Teniendo la capacidad para proveer una dotación de 60 lppd (15.85gpd).
- La configuración más adecuada para el mini acueducto es de tipo Fuente – Tanque – Red en base al levantamiento topográfico altiplanimétrico realizado.
- El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable cumple con los criterios de las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses vigentes para la zona rural garantizando un buen funcionamiento del sistema. Se utilizaron los software AutoCAD, CivilCAD y Epanet v2.
- Según el take off realizado y el presupuesto del sistema, el proyecto es rentable y su costo total de inversión asciende a C\$2067,738.17 (\$69285.10).

## RECOMENDACIONES

- Promover en la comunidad beneficiaria, proyectos de reforestación del área cercana a la fuente con el fin de evitar la erosión y disminución del caudal en época seca.
- Se recomienda realizar un análisis físico químico y bacteriológico actual a la fuente para comprobar la calidad del acuífero.
- Se debe organizar en la comunidad un Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), eligiendo personas idóneas para la operación del sistema.
- Fomentar acciones de cultura hídrica a través de las instituciones involucradas con la comunidad y el apoyo de los dirigentes locales.
- Se debe dar mantenimiento periódico al sistema para cumplir con un funcionamiento eficiente durante el período de diseño.
- Según los criterios de las NTON, se debe bombear en un régimen de 12 horas.
- Es necesario se evalúe una tarifa del servicio de agua potable para el sostenimiento del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar, I. M. (s.f.). Apuntes de Ingeniería Sanitaria I.
2. Arellano, P. M. (2008-2009). *Curso de hidrología subterránea e hidrogeología*.
3. BVSDE OPS/OMS . (2007). *Ficha Municipal de Yalagüina*.
4. Coronel, G. M. (2013). *Modulo I: DISEÑO Y EVALUACION DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE*. Managua.
5. FISE. (s.f.). *Operación y mantenimiento de pozos excavados a mano (PEBM) y pozos perforados equipados con bomba de mecate (PPBM)*.
6. INAA, I. N. (s.f.). *Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses NTON 09001-99*
7. *Rurales. Managua*.
8. INAA, I. N. (s.f.). *Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses NTON 09002-99:*
9. *Saneamiento Básico Rural. Managua*.
10. INAA, I. N. (s.f.). *Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses NTON 09003-99:*
11. *Normas para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento y Potabilización del Agua (Sector Urbano). Managua*.
12. Lenntech. (s.f.). *Water Treatment Solutions*. Recuperado el 01 de Marzo de 2015, de <http://www.lenntech.es/sobre/sobre-lenntech.htm>

13. MAGFOR/INIDE. (2013). *IV Censo Nacional Agropecuario-IV CENAGRO: Departamento de Madriz y sus municipios*. Madriz, Madriz.
14. OPS/OMS. (2007). *Plan de Prevención, Mitigación y Atención de Desastres: Municipio de Yalagüina, Departamento de Madriz*. Managua.
15. Ravelo, S. A. (1977). *Abastecimiento de Agua*. Caracas. Recuperado el 12 de Febrero de 2015
16. Social., M. d. (1960). *Normas para el Estudio Diseño y Construcción de Acueductos en localidades pequeñas*. Caracas.
17. Soriano, F. O. (2006). *Construcción de pozos perforados y letrinas en las comunidades de Las Cruces, San Ramón, Samascunda, El Jocote. En el municipio de Yalaguina..* Madriz.
18. Universidad Rafael Landívar. (2007). Tipos de Investigación. En R. M. ALMA DEL CID PÉREZ, *Investigación. Fundamentos y Metodología*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
19. Yalagüina, A. d. (2013). *Plan de Prevención, Mitigación y Atención de desastres*.

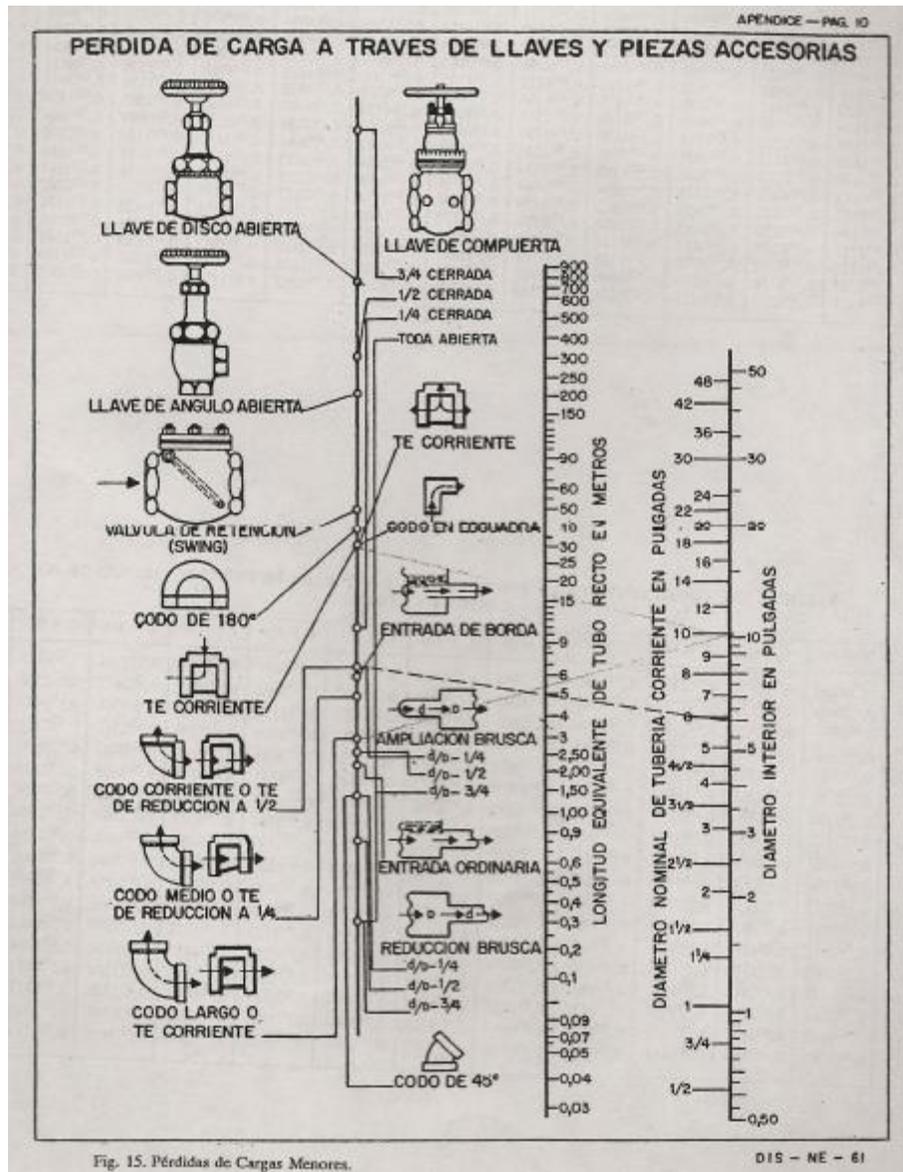


## ANEXO B. Prueba de Bombeo pozo Nance Dulce

<b>Agro - irrigaciones del Norte s.a.</b> <b>Prueba de Bombeo</b>				
<b>Fecha: 25-01-2016</b>		<b>Nivel estático: 168.02 pies</b>		
<b>Localidad: Las Cruces</b>		<b>Nivel de dinámico: 177.10 pies</b>		
<b>Departamento: Madrid</b>		<b>Diámetro de carga: 2"</b>		
<b>Profundidad de pozo: 235 pies</b>		<b>Duración de prueba: 15 horas</b>		
<b>Diámetro revestido: 6"</b>		<b>Hora de inicio: 8:00 Am</b>		
<b>Equipo de bombeo: Sumergible</b>		<b>Hora de finalización: 11:00 pm</b>		
HORA	Tiempo (Minutos)	Nivel de bombeo (pie)		Observaciones
08:00	0	168.02	0	Q: 30 gpm
08:01	1	169.05	1.03	
08:02	2	169.08	1.06	
08:03	3	169.08	1.06	
08:04	4	169.08	1.06	
08:05	5	169.08	1.06	
08:06	6	169.08	1.06	
08:07	7	169.08	1.06	
08:08	8	169.08	1.06	
08:09	9	169.09	1.07	
08:10	10	169.09	1.07	
08:12	12	169.09	1.07	
08:14	14	169.09	1.07	
08:16	16	169.09	1.07	
08:18	18	169.09	1.07	
08:20	20	169.09	1.07	
08:22	22	169.09	1.07	
08:24	24	169.09	1.07	
08:26	26	169.09	1.07	
08:28	28	169.09	1.07	
08:30	30	169.09	1.07	
8.35	35	169.09	1.07	

08:40	40	169.09	1.07	Se aumenta Q: 40 gpm
08:45	45	171.02	3	
08:50	50	171.04	3.02	
09:00	60	171.06	3.04	
09:10	70	171.09	3.07	
09:20	80	171.09	3.07	
09:30	90	172.02	4	
09:40	100	172.04	4.02	
10:00	120	172.06	4.04	
10:20	140	172.08	4.06	
10:40	160	172.1	4.08	
11:00	180	173	4.1	
11:20	200	173.01	4.11	
11:50	230	173.08	5.06	

## ANEXO C. Nomograma de pérdidas de cargas menores



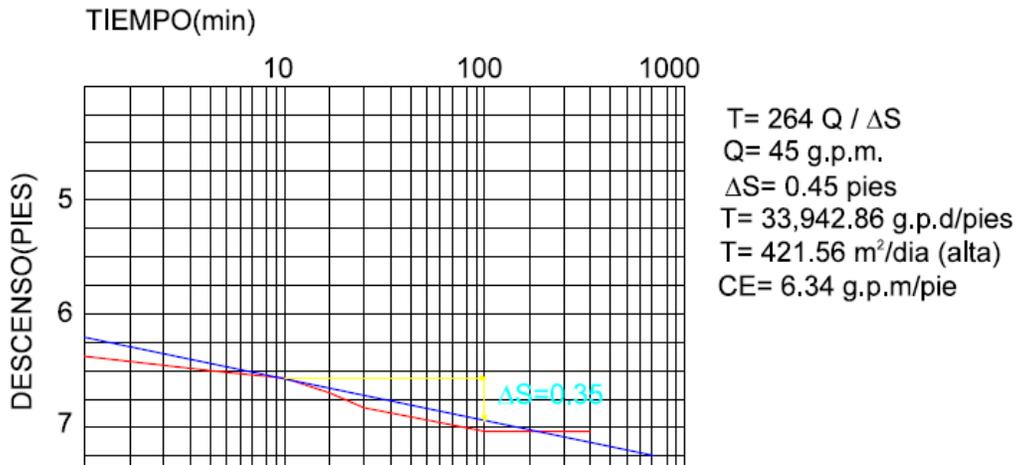
Fuente: Libro Abastecimiento de agua – Simón Arrocha Ravelo Teoría y Diseño, pág. 31.

## ANEXO D. Tabla de proyección de población y consumos

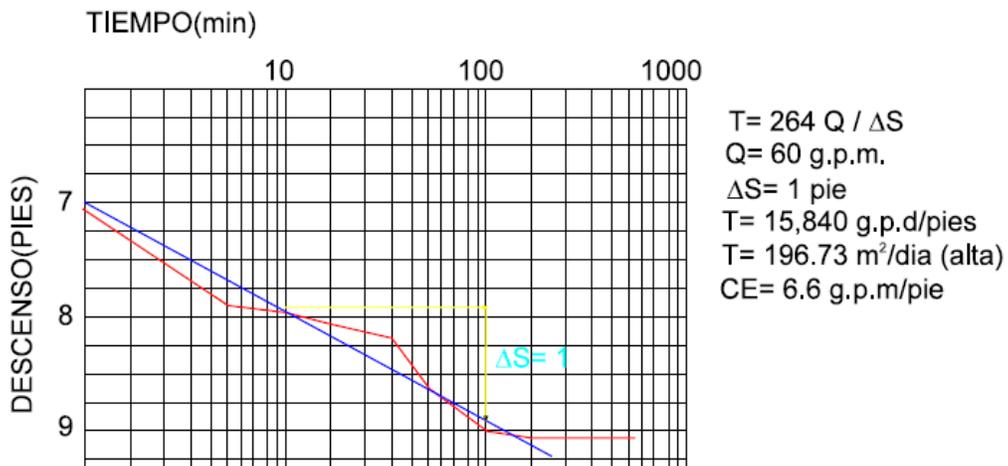
PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y CONSUMO																			
n	AÑO	Proyección de Población	Dotación	CONSUMO PROMEDIO DIARIO (CPD)										CONSUMO MÁXIMO DÍA (CMD)		CONSUMO MAXIMO HORARIO (CMH)		TANQUE	
				CPD		Consumo Inst. 7% CPD		CPD + 7%CPD		Pérdidas 20%		CPDT		gpm	lps	gpm	lps	gpd	m3/d
				lppd	gpm	lps	gpm	lps	gpm	lps	gpm	lps	gpm						
0	<b>2015</b>	<b>520</b>	<b>60</b>	<b>5.72</b>	<b>0.36</b>	0.40	0.03	6.13	0.39	1.23	0.08	7.35	0.46	11.03	0.70	18	1.16	3,704	14
1	2016	533	60	5.87	0.37	0.41	0.03	6.28	0.40	1.26	0.08	7.53	0.48	11.30	0.71	19	1.19	3,797	14
2	2017	546	60	6.01	0.38	0.42	0.03	6.44	0.41	1.29	0.08	7.72	0.49	11.58	0.73	19	1.22	3,892	15
3	2018	560	60	6.16	0.39	0.43	0.03	6.60	0.42	1.32	0.08	7.92	0.50	11.87	0.75	20	1.25	3,989	15
4	2019	574	60	6.32	0.40	0.44	0.03	6.76	0.43	1.35	0.09	8.11	0.51	12.17	0.77	20	1.28	4,089	15
5	<b>2020</b>	<b>588</b>	<b>60</b>	<b>6.48</b>	<b>0.41</b>	0.45	0.03	6.93	0.44	1.39	0.09	8.32	0.52	12.47	0.79	21	1.31	4,191	16
6	2021	603	60	6.64	0.42	0.46	0.03	7.10	0.45	1.42	0.09	8.52	0.54	12.79	0.81	21	1.34	4,296	16
7	2022	618	60	6.80	0.43	0.48	0.03	7.28	0.46	1.46	0.09	8.74	0.55	13.11	0.83	22	1.38	4,403	17
8	2023	634	60	6.97	0.44	0.49	0.03	7.46	0.47	1.49	0.09	8.96	0.56	13.43	0.85	22	1.41	4,513	17
9	2024	649	60	7.15	0.45	0.50	0.03	7.65	0.48	1.53	0.10	9.18	0.58	13.77	0.87	23	1.45	4,626	18
10	<b>2025</b>	<b>666</b>	<b>60</b>	<b>7.33</b>	<b>0.46</b>	0.51	0.03	7.84	0.49	1.57	0.10	9.41	0.59	14.11	0.89	24	1.48	4,742	18
11	2026	682	60	7.51	0.47	0.53	0.03	8.04	0.51	1.61	0.10	9.64	0.61	14.47	0.91	24	1.52	4,861	18
12	2027	699	60	7.70	0.49	0.54	0.03	8.24	0.52	1.65	0.10	9.89	0.62	14.83	0.94	25	1.56	4,982	19
13	2028	717	60	7.89	0.50	0.55	0.03	8.44	0.53	1.69	0.11	10.13	0.64	15.20	0.96	25	1.60	5,107	19
14	2029	735	60	8.09	0.51	0.57	0.04	8.65	0.55	1.73	0.11	10.39	0.66	15.58	0.98	26	1.64	5,234	20
15	<b>2030</b>	<b>753</b>	<b>60</b>	<b>8.29</b>	<b>0.52</b>	0.58	0.04	8.87	0.56	1.77	0.11	10.65	0.67	15.97	1.01	27	1.68	5,365	20
16	2031	772	60	8.50	0.54	0.59	0.04	9.09	0.57	1.82	0.11	10.91	0.69	16.37	1.03	27	1.72	5,499	21
17	2032	791	60	8.71	0.55	0.61	0.04	9.32	0.59	1.86	0.12	11.18	0.71	16.78	1.06	28	1.76	5,637	21
18	2033	811	60	8.93	0.56	0.62	0.04	9.55	0.60	1.91	0.12	11.46	0.72	17.20	1.08	29	1.81	5,778	22
19	2034	831	60	9.15	0.58	0.64	0.04	9.79	0.62	1.96	0.12	11.75	0.74	17.63	1.11	29	1.85	5,922	22
20	<b>2035</b>	<b>852</b>	<b>60</b>	<b>9.38</b>	<b>0.59</b>	0.66	0.04	10.0	0.6	2.01	0.13	12.04	0.76	18.07	1.14	30	1.90	6,070	23

## ANEXO E. Transmisibilidad del pozo Nance Dulce

### GRAFICA (1) Q= 45 g.p.m.



### GRAFICA (2) Q= 60 g.p.m.



## ANEXO F. Tabla de Krasny

**Table 3.** Krasny's classification of transmissivity of magnitude and variation.

Classification of T Magnitude				Classification of T Variation			
Coefficient of T (m <sup>2</sup> /d)	Class of T magnitude	Designation of T magnitude	Groundwater supply potential	Standard deviation of T Index (Y)	Class of T Variation	Designation of T Variation	Hydro geological environment
> 1000	I	Very high	Withdrawals of great regional importance	< 0.2	a	Insignificant	Homogeneous
1000 - 100	II	High	Withdrawals of lesser regional importance	0.2 – 0.4	b	Small	Slightly heterogeneous
100 - 10	III	Intermediate	Withdrawals for local water supply (small communities and plants)	0.4 – 0.6	c	Moderate	Fairly heterogeneous
10 - 1	IV	Low	Smaller withdrawals for local water supply (private consumption)	0.6 – 0.8	d	Large	Considerably heterogeneous
1 - 0.1	V	Very low	Withdrawals for local water supply with limited consumption	0.8 – 1.0	e	Very large	Very heterogeneous
< 0.1	VI	Imperceptible	Sources for local water supply are difficult	> 1.0	f	Extremely large	Extremely heterogeneous

# ANEXO G. Análisis físico químico y bacteriológico del Pozo Nance Dulce



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE  
LABORATORIO FÍSICO-QUÍMICO DE AGUAS NATURALES

INTERESADO: Ing. Arlen Vallecillo  
 PROYECTO: Perforación 6 pozos y 111 letrinas comunidad Las Cruces, El jocote, Samascundo y San Ramón  
 FUENTE: Pozo 1 *Nance Dulce*  
 FECHA Y HORA DE CAP: 22 de Octubre del 2006, 07:00 p.m  
 DEPARTAMENTO: Madriz  
 MUNICIPIO: Yalaguina COMUNIDAD: Las Cruces

### RESULTADOS DE ANALISIS

MÉTODO	PARÁMETRO REALIZADO	VALOR / CONCENTRACIÓN	AN- 0-1 Normas CAPRE LÍM. MÁX. ADMIS.
	ASPECTO	Clara	
4500-B	pH	7.16	6.5 - 8.5
2510-B	CONDUCTIV. ELÉCTRICA	677 $\mu$ S/cm	400 $\mu$ S/cm
2130-B	TURBIEDAD	0.02 NTU	5 NTU
2120-C	COLOR	<1.0 UC	15 UC
2320-B	ALCALINIDAD TOTAL	366.4 mg/l	NO ESP.
2320-B	CARBONATO	N.S.D mg/l	NO ESP.
2320-B	BICARBONATO	366.4 mg/l	NO ESP.
2340-C	DUREZA TOTAL	357 mg/l	400 mg/l
2340-C	DUREZA CÁLCICA	195.0 mg/l	NO ESP.
3500-B	CALCIO	78.11 mg/l	100 mg/l
3500-B	MAGNESIO	39.4 mg/l	50 mg/l
4500-D	CLORURO	9.50 mg/l	250 mg/l
3500-B	HIERRO	0.111 mg/l	0.3 mg/l
4500-B	NITRITO	0.029 mg/l	0.1 mg/l
4500-D	NITRATO	3.89 mg/l	50 mg/l
4500-E	SULFATO	7.10 mg/l	250 mg/l
3500-X	SODIO	40.0 mg/l	200 mg/l
3500-C	POTASIO	4.18 mg/l	10 mg/l
4500-C	FLUOR	0.22 mg/l	0.7 mg/l

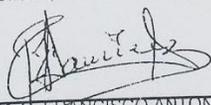
Comentarios: La muestra fueron recolectada por el cliente.

\* N.S.D. = No se detectó.

\* NO ESP. = No está especificado en las normas de calidad de agua para consumo humano.

Se utilizan los procedimientos establecidos por APHA, AWWA y CEPIS en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, 1998.

Autorizado por:

  
 Lic. MSc. FRANCISCO ANTONIO RAMIREZ  
 DIR. LABORATORIO F-Q DE AGUAS NATURALES  
 CIEMA - UNI



c.c:FQ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
CENTRO DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS EN MEDIO AMBIENTE  
LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA CIEMA-UNI  
Teléfono: 2701515 Telefax: 2781462  
pidma@tmx.com.ni



### RESULTADOS

#### ANALISIS BACTERIOLOGICO DE COLIFORME TOTAL Y FECAL

ATENCION: Ing. Edgardo Soreano  
PROYECTO: Proyecto de perforaciones de 6 pozos y 111 letrinas  
LOCALIDAD: Yalagüina, Madriz  
FECHA DE TOMA: 22/10/2006

<i>FUENTE</i>	<i>Coliforme total</i> NMP/100ml	<i>Coliforme fecal</i> NMP/100ml
Pozo N° 1. La Cruz	$>1.6 * 10^4$	$1.6 * 10^4$

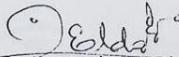
#### OBSERVACIONES:

La muestra de agua analizada presenta contaminación por coliformes totales y fecales.

Las normas CAPRE, establecen 0 NMP/100ml de coliformes en aguas de consumo humano.

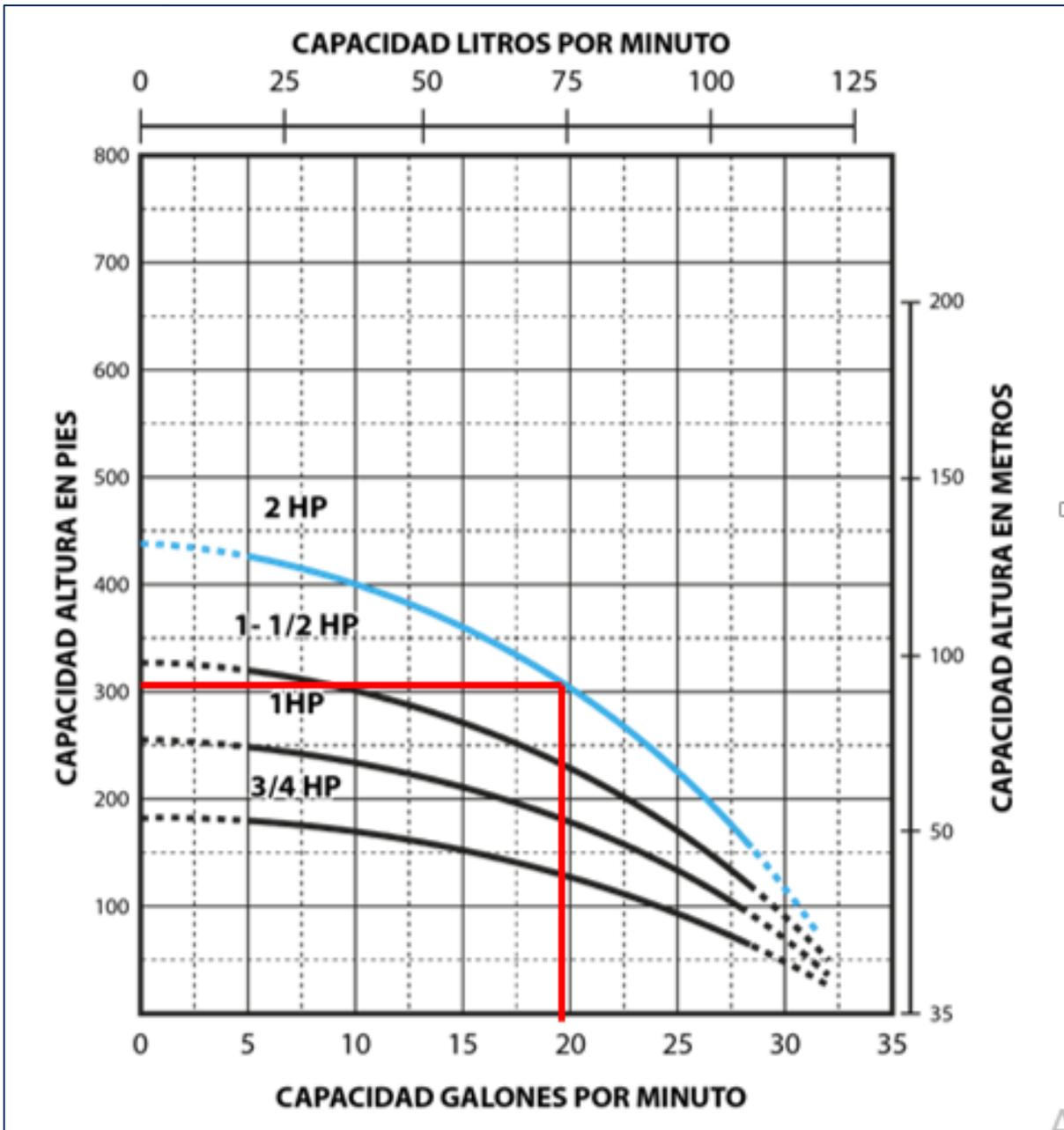
Para la realización de este análisis se utilizó el Método 9221B, 9221E, según el *Standard Methods for the examination of water 20<sup>th</sup> edition*.

Managua, 27 de Octubre, 2006

  
Laboratorio de Microbiología  
CIEMA-UNI



### ANEXO H. Curva característica de la bomba



## ANEXO I. Take off y presupuesto del proyecto

ETAPA	ACTIVIDAD	U/M	CANT.	C.U	TOTAL
<b>I.</b>	<b>PRELIMINARES</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>1,848.00</b>	<b>C\$14.59</b>	<b>C\$26,956.80</b>
<b>1.1</b>	<b>LIMPIEZA INICIAL</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>1,848.00</b>	<b>C\$4.82</b>	<b>C\$8,914.80</b>
	Predio del pozo	m <sup>2</sup>	100	C\$5.10	C\$510.00
	Línea de conducción	m <sup>2</sup>	187	C\$5.10	C\$953.70
	Red de distribución	m <sup>2</sup>	1,461	C\$5.10	C\$7,451.10
	Predio de tanque	m <sup>2</sup>	100.00	C\$5.10	C\$510.00
<b>1.2</b>	<b>TRAZO Y NIVELACION</b>	<b>m</b>	<b>3,296.00</b>	<b>C\$5.32</b>	<b>C\$17,532.00</b>
	Replanteo de tuberías y accesorios (válvulas, codos)	m	2,922.00	C\$6.00	C\$17,532.00
<b>II.</b>	<b>LÍNEA DE CONDUCCIÓN</b>	<b>m</b>	<b>374.00</b>	<b>C\$113.72</b>	<b>C\$42,531.30</b>
<b>2.1</b>	<b>EXCAVACIÓN PARA TUBERÍAS</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>185.70</b>	<b>C\$45.00</b>	<b>C\$8,356.50</b>
	Excavación 0.50 m * 1 m	m <sup>3</sup>	185.70	C\$45.00	C\$8,356.50
<b>2.2</b>	<b>RELLENO Y COMPACTACIÓN</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>241.41</b>	<b>C\$50.00</b>	<b>C\$12,070.50</b>
	Relleno y compactación (manual)	m <sup>3</sup>	241.41	C\$50.00	C\$12,070.50
<b>2.3</b>	<b>INSTALACION DE TUBERIAS</b>	<b>m</b>	<b>374.00</b>	<b>C\$46.63</b>	<b>C\$17,440.80</b>
	Tubería PVC 2" - SDR-26	m	374.00	C\$40.00	C\$14,960.00
	Pegamento PVC	gl	1.00	C\$490.00	C\$490.00
	Lija lona N° 80	c/u	63.00	C\$31.60	C\$1,990.80
<b>2.4</b>	<b>VALVULAS Y ACCESORIOS</b>	<b>c/u</b>	<b>6.00</b>	<b>C\$593.92</b>	<b>C\$3,563.50</b>
	Codo 45° PVC 2"	c/u	5.00	C\$78.70	C\$393.50
	Válvula de aire de 3/4" Caja 0.6x0.6 + bloque de reacción	c/u	1.00	C\$2,060.00	C\$2,060.00
	Bloques de reacción 0.2*0.3*0.3 menores a 6"	c/u	6.00	C\$185.00	C\$1,110.00
<b>2.5</b>	<b>PRUEBA HIDROSTÁTICA</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$1,100.00</b>	<b>C\$1,100.00</b>
	Prueba Hidrostática con (bomba manual) cada 300 m	c/u	1.00	C\$1,100.00	C\$1,100.00
<b>III.</b>	<b>ESTACION DE BOMBEO</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$104,595.73</b>	<b>C\$104,595.73</b>
<b>3.1</b>	<b>ESTACIÓN DE BOMBEO</b>	<b>m</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$15,139.51</b>	<b>C\$15,139.51</b>
	Sarta de hierro fundido diámetro 2" para equipo de bombeo incluye medidor y 2 válvulas	gbl	1.00	C\$6,852.06	C\$6,852.06
	Motor sumergible Franklin electric de 2HP 230 V/60Hz/1F	c/u	1.00	C\$14,700.00	C\$14,700.00
	Caja de control box de 2 hp/230V/60hz/1f	c/u	1.00	C\$5,000.00	C\$5,000.00
	Arrancador magnético con protección térmica 2hp	c/u	1.00	C\$3,961.22	C\$3,961.22
	Bomba sumergible Franklin Electric, CTD 300 pies	c/u	1.00	C\$4,650.00	C\$4,650.00
	Válvulas de check Simmons de 2"br columna	c/u	2.00	C\$2,197.30	C\$4,394.60
	Pie de cable plano sumergible de 3x10	pie	220.00	C\$45.92	C\$10,102.40

	Pie de cable plano sumergible de 2x14	pie	220.00	C\$18.40	C\$4,048.00
	Electrodos de nivel	c/u	3.00	C\$295.33	C\$885.99
	Relay para control de nivel	c/u	1.00	C\$3,965.33	C\$3,965.33
	Plato para soporte de equipo de 10"x1/2"x2"	c/u	1.00	C\$1,265.22	C\$1,265.22
	Tubo para columna cedula 40 de 2"x20'	c/u	10.00	C\$2,561.01	C\$25,610.10
	Manómetro y abrazadera	c/u	1.00	C\$1,939.17	C\$1,939.17
	Tubo para sonda piezométrica 3/4	c/u	11.00	C\$96.00	C\$1,056.00
	Instalación y prueba de equipo	glb	1	C\$12,500.00	C\$12,500.00
<b>3.2</b>	<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>		<b>1.00</b>	<b>C\$89,456.22</b>	<b>C\$89,456.22</b>
	Poste de concreto pretensado para electricidad	c/u	1	C\$3,872.65	C\$3,872.65
	Luminaria tipo hongo 150w.,.240 en poste tubo hn 2"	c/u	1	C\$1,581.58	C\$1,581.58
	Apagador doble de 15 amp/120v con placa m. De 2 hoyos	c/u	1	C\$251.90	C\$251.90
	Caja de registro eléctrica de emt de 4" x 4"	c/u	2	C\$120.40	C\$240.80
	Caja de registro eléctrica de emt de 2" x 4"	c/u	3	C\$70.10	C\$210.30
	Tubo conduit flexible de 1/2" forrado	m	10	C\$49.30	C\$493.00
	Alambre eléctrico de cobre forrado de #12 awg	m	45	C\$26.00	C\$1,170.00
	Alambre eléctrico de cobre forrado de #10 awg	m	57	C\$45.15	C\$2,573.55
	Breaker de 1x15 amperios	c/u	5	C\$167.54	C\$837.70
	Alambre eléctrico de cobre forrado n° 14 awg	m	25	C\$27.21	C\$680.25
	Luminaria fluorescente de 1 x22 w p/techo	c/u	2	C\$398.70	C\$797.40
	Va5-1: ramal primario; 14.4/24.9 kv	c/u	1	C\$5,417.00	C\$5,417.00
	Va-5: remate sencillo; 14.4/24.9 kv	c/u	1	C\$2,906.88	C\$2,906.88
	Cable de aluminio # 2/ o acsr-asc	m	25	C\$213.30	C\$5,332.50
	Banco de transform.de 1x10 kva, 14.4/24.9 kv, 120/240 v (incl.estructura)	c/u	1	C\$29,637.57	C\$29,637.57
	Polo a tierra con varilla copperweld d=5/8", l=8'	c/u	1	C\$1,271.63	C\$1,271.63
	Canalización eléctrica de pvc. 1"	m	10	C\$70.00	C\$700.00
	Canalización eléctrica de emt de 2"	m	6	C\$320.96	C\$1,925.76
	Toma corriente doble polar. De 15 amp/120v con placa m.	c/u	2	C\$95.36	C\$190.72
	D1-1: retenida senc.c/perno guardacabo y ancl	c/u	1	C\$3,848.64	C\$3,848.64
	Alambre eléctrico solido n° 4 thhn	m	21	C\$174.05	C\$3,655.05
	Poste de pino tratado ø4" long.= 40'	c/u	1	C\$8,494.19	C\$8,494.19
	M2-1: polo a tierra con varilla de 5/8" x 8'	c/u	1	C\$2,856.74	C\$2,856.74
	Pararrayos de 18 kv	c/u	1	C\$3,673.64	C\$3,673.64
	Va-1 soporte sencillo ángulo 0° a 5°, 14.4/24.9 kv	c/u	1	C\$3,300.00	C\$3,300.00
	Calavera emt de 2"	c/u	1	C\$372.80	C\$372.80
	Panel monofásico 125 amp.120/240v. 8 espacios	c/u	1	C\$3,163.97	C\$3,163.97

<b>IV</b>	<b>CASETA DE CONTROL</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$103,888.83</b>	<b>C\$103,888.83</b>
<b>4.1</b>	<b>CASETA DE CONTROL</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$103,888.83</b>	<b>C\$103,888.83</b>
	Excavación en terreno natural	m3	7.1	C\$59.30	C\$421.03
	Botar material sobrante de excavación a 100m (manual)	m <sup>3</sup>	9.23	C\$66.27	C\$611.67
	Explotación o corte manual en banco de préstamo	m <sup>3</sup>	7.1	C\$75.80	C\$538.18
	Acarreo de material selecto a 1km carga manual	m3	9.23	C\$158.22	C\$1,460.37
	Caseta de mampostería (inc. Sist. Elect,)	m <sup>2</sup>	7.5	C\$9,699.92	C\$72,749.40
	Estructura metálica para techo	lbs	476	C\$34.13	C\$16,245.88
	Cubierta de zinc corrugado calibre 26 sobre estructura metálica	m <sup>2</sup>	8.3	C\$397.80	C\$3,301.74
	Bajante de tubo PVC de 4"ø	m	3	C\$450.00	C\$1,350.00
	Empedrado (zampeado) junta de concreto de piedrín	m <sup>2</sup>	1.15	C\$631.48	C\$726.20
	Canal de drenaje para techo de pvc de 4"ø	m	5.5	C\$488.02	C\$2,684.11
	Andén de concreto 2500psi s/ref. (e=7cms)	m <sup>2</sup>	13.5	C\$281.50	C\$3,800.25
<b>4.2</b>	<b>OTRO TIPO DE OBRAS</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$15,449.68</b>	<b>C\$15,449.68</b>
	Cerco alambre de púas 13 h. Poste de madera	m	80	C\$185.80	C\$14,864.00
	Puerta de alambre de púas cal. # 13 1/2 y madera blanca	c/u	1	C\$585.68	C\$585.68
<b>V</b>	<b>CASETA DE CONTROL</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$20,044.60</b>	<b>C\$20,044.60</b>
<b>5.1</b>	<b>DESINFECCIÓN</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$20,044.60</b>	<b>C\$20,044.60</b>
	Dosificador de cloro líquido	c/u	1	C\$17,044.60	C\$17,044.60
	Tan- plástico Cap.=100 GLN, para dosificador de cloro	c/u	1	C\$3,000.00	C\$3,000.00
<b>VI</b>	<b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>m</b>	<b>2,922.66</b>	<b>C\$118.65</b>	<b>C\$346,783.00</b>
<b>6.1</b>	<b>EXCAVACIÓN PARA TUBERÍAS</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1,461.38</b>	<b>C\$45.00</b>	<b>C\$65,762.10</b>
	Excavación 0.50 m * 1 m	m <sup>3</sup>	1,461.38	C\$45.00	C\$65,762.10
<b>6.2</b>	<b>RELLENO Y COMPACTACIÓN</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1,899.79</b>	<b>C\$50.00</b>	<b>C\$94,989.70</b>
	Relleno y compactación (manual)	m <sup>3</sup>	1,899.79	C\$50.00	C\$94,989.70
<b>6.3</b>	<b>INSTALACION DE TUBERIAS</b>	<b>m</b>	<b>2,922.66</b>	<b>C\$44.62</b>	<b>C\$130,420.24</b>
	Tubería PVC 1 1/2" - SDR-26	m	2,922.66	C\$40.00	C\$116,906.40
	Pegamento PVC	gl	3.00	C\$490.00	C\$1,470.00
	Lija lona N° 80	c/u	488.00	C\$63.00	C\$12,043.84
<b>6.4</b>	<b>VALVULAS Y ACCESORIOS</b>	<b>c/u</b>	<b>43.00</b>	<b>C\$1,112.42</b>	<b>C\$47,833.98</b>
	Codo 45° PVC 2"	c/u	2.00	C\$78.70	C\$157.40
	Codo 45° PVC 1 1/2"	c/u	7.00	C\$64.40	C\$450.80
	Tee PVC 2"	c/u	1.00	C\$50.31	C\$50.31
	Tee PVC 1 1/2"	c/u	6.00	C\$43.00	C\$258.00
	Yee PVC 2"	c/u	1.00	C\$187.27	C\$187.27
	Reductor de 2" a 1 1/2"	c/u	3.00	C\$23.00	C\$69.00
	Tapones 1 1/2" PVC	c/u	9.00	C\$16.80	C\$151.20

	Válvula de aire de 3/4" Caja 0.6x0.6 + bloque de reacción	c/u	4.00	C\$1,915.00	C\$7,660.00
	Válvula de limpieza de 1 1/2"	c/u	7.00	C\$2,085.00	C\$14,595.00
	Válvulas de compuerta	c/u	3.00	C\$2,285.00	C\$6,855.00
	Bloques de reacción 0.2*0.3*0.3 menores a 6"	c/u	40.00	C\$185.00	C\$7,400.00
	Cajas de protección de válvulas	c/u	10.00	C\$1,000.00	C\$10,000.00
<b>6.5</b>	<b>PRUEBA HIDROSTÁTICA</b>	<b>m</b>	<b>2,922.66</b>	<b>C\$3.00</b>	<b>C\$8,767.98</b>
	Prueba Hidrostática con (bomba manual) cada 300 m	m	2,922.66	C\$3.00	C\$8,767.98
<b>VII</b>	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>c/u</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$409,830.91</b>	<b>C\$409,830.91</b>
<b>7.1</b>	<b>PRELIMINARES</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>4.84</b>	<b>C\$50.00</b>	<b>C\$242.00</b>
	Limpieza inicial y descapote	m <sup>3</sup>	4.84	C\$50.00	C\$242.00
<b>7.2</b>	<b>RELLENO Y COMPACTACIÓN</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>12.58</b>	<b>C\$50.00</b>	<b>C\$629.00</b>
	Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	12.58	C\$50.00	C\$629.00
<b>7.3</b>	<b>CONCRETO 3000 PSI</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>12.33</b>	<b>C\$3,770.07</b>	<b>C\$46,485.00</b>
	Losa de fondo	m <sup>3</sup>	6.23	C\$4,500.00	C\$28,035.00
	Losa superior + vigas coronas	m <sup>3</sup>	4.10	C\$4,500.00	C\$18,450.00
<b>7.4</b>	<b>ACERO DE REFUERZO (losa superior, vigas coronas, losa de fondo)</b>	<b>lbs</b>	<b>556.98</b>	<b>C\$95.50</b>	<b>C\$53,192.78</b>
	Losa de fondo	lbs	379.76	C\$71.00	C\$26,962.96
	Losa superior + vigas coronas	lbs	177.22	C\$81.00	C\$14,354.82
	Peldaño Ho.Co. de 3/8" w = 0.30m	c/u	12.00	C\$155.00	C\$1,860.00
	Tapa de acero A-36	c/u	1.00	C\$10,015.00	C\$10,015.00
<b>7.5</b>	<b>CONCRETO CICLÓPEO</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>40.27</b>	<b>C\$3,900.00</b>	<b>C\$157,053.00</b>
<b>7.6</b>	<b>FORMALETAS (cara interna, externa y losa de superior)</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>115.70</b>	<b>C\$65.00</b>	<b>C\$43,387.50</b>
	Muro cara interna del tanque	m <sup>2</sup>	66.00	C\$375.00	C\$24,750.00
	Muro cara externa del tanque	m <sup>2</sup>	35.00	C\$375.00	C\$13,125.00
	Losa superior	m <sup>2</sup>	14.70	C\$375.00	C\$5,512.50
<b>7.7</b>	<b>ACABADOS</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>3.02</b>	<b>C\$158.00</b>	<b>C\$477.16</b>
	Repello corriente	m <sup>2</sup>	0.45	C\$158.00	C\$71.10
	Fino corriente	m <sup>2</sup>	2.57	C\$158.00	C\$406.06
<b>7.8</b>	<b>OTRO TIPO DE OBRAS</b>	<b>gbl</b>	<b>1</b>	<b>C\$74,260.47</b>	<b>C\$74,260.47</b>
	Sellador para paredes TANQUES DE A. P	m <sup>2</sup>	50	C\$130.00	C\$6,500.00
	Tubería de rebose Ho. Go. Diám. = 2" (incluye Codo HG y pazcón fino)	ml	4	C\$565.78	C\$2,263.12
	Respiradero de tubo HG Diám. = 2"	c/u	1	C\$388.77	C\$388.77
	Conexión de salida tubería de HF Ø2" con codos y válvulas	c/u	1	C\$30,220.00	C\$30,220.00
	Codo de Hierro Galvanizado 2" X 45°	c/u	6	C\$129.98	C\$779.88
	Codo de Hierro Galvanizado 2" X 90°	c/u	3	C\$128.64	C\$385.92
	Válvula de compuerta de Bronce Diám. = 2"	c/u	2	C\$2,415.00	C\$4,830.00
	Válvula de limpieza de HF. Ø = 2" (incluye tubería de HF)	c/u	1	C\$5,513.42	C\$5,513.42
	Tubería de HG Diám. =2" entrada al tanque de abastecimiento	m	12	C\$270.78	C\$3,249.36
	Adaptador hembra	c/u	1	C\$30.00	C\$30.00

	Bloques de reacción 0.2*0.3*0.3 menores a 6"	c/u	70.00	C\$160.00	C\$11,200.00
	Cajas de protección para válvulas	c/u	2	C\$4,450.00	C\$8,900.00
<b>7.9</b>	<b>CERCAS PERIMETRALES Y PORTONES</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>100</b>	<b>C\$341.04</b>	<b>C\$34,104.00</b>
	Cerco de alambre de púas 13 H. Poste de madera.	m	40	C\$340.00	C\$13,600.00
	Portón de marco de tubo redondo 1 1/2" forro malla ciclón Cal 12.	m <sup>2</sup>	6	C\$3,417.33	C\$20,504.00
<b>VIII</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>	<b>c/u</b>	<b>130.00</b>	<b>C\$1,804.30</b>	<b>C\$234,559.00</b>
<b>8.1</b>	<b>TUBERÍA</b>	<b>m</b>	<b>1,170.00</b>	<b>C\$200.48</b>	<b>C\$234,559.00</b>
	Tubería de 1/2" (130 conexiones)	m	1,170.00	C\$39.70	C\$46,449.00
	Llave de pase domiciliario 1/2" HG	c/u	130.00	C\$90.00	C\$11,700.00
	Medidor de flujo de Agua Potable con caja y todos sus accesorios)	c/u	130.00	C\$1,357.00	C\$176,410.00
<b>IX</b>	<b>LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL</b>	<b>gbl</b>	<b>1.00</b>	<b>C\$2,500.00</b>	<b>C\$2,500.00</b>
	Limpieza final	gbl	1.00	C\$2,500.00	C\$2,500.00

Costo total directo C\$ 1291,690.18  
Costo total indirecto (20%) C\$ 258,338.04  
**Subtotal 1 C\$1550,028.21**  
Utilidades (15%) C\$ 232,504.23  
**Subtotal 2 C\$ 1782,532.45**  
IVA (15%) C\$ 267,379.87  
IM (1%) C\$ 17,825.32

**COSTO TOTAL DEL PROYECTO C\$ 2067,737.64**  
**\$69,285.10**

**ANEXO J. Visita de campo a la comunidad Las Cruces, Yalagüina**



## ANEXO K. Levantamiento topográfico



## **ANEXO L. Conjunto de planos**