

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA**  
**UNAN – MANAGUA**  
**RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA**  
**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN**  
**INGENIERÍA CIVIL**



**Seminario de Graduación para optar al Título de Ingeniero Civil**

**Tema:**

**“Propuesta de Diseño hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la Comarca Trinidad Central, Municipio Ciudad Sandino, Departamento Managua, agosto – diciembre 2016”**

**Autores:**

**✚ Br. Joran Gabriel Cuadra Lira**  
**✚ Br. Tomas Eliezer Prado Mojica**

**Tutor:**

**✚ MSc. Ervin Cabrera Barahona**

**Asesor Metodológico:**

**✚ MSc. Sergio Ramírez Lanzas**

**Entrega: Febrero del 2017**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con todo mi amor principalmente a Dios por haberme dado la existencia y permitido terminar mi carrera universitaria.

A mi madre Lesbia Lira, por ser una mujer fuerte y perseverante, que siempre ha luchado en la vida por sacarme adelante, se sacrificó para darme lo mejor y su amor de madre fue lo que me motivo para lograr realizarme como profesional y seguir en la lucha para ejercer mi carrera y continuar alcanzando metas para un futuro lleno de éxitos-

A mi padre Celso Cuadra, por ser su apoyo incondicional durante estos años en la universidad, además por darme consejos para ser un hombre responsable, honesto y dedicado y enseñarme a luchar siempre para alcanzar mis metas

**Joran Cuadra**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la fuerza y la sabiduría en los momentos más difíciles de mi vida, por haberme mostrado que todo se puede lograr con fe, dedicación y perseverancia.

A la persona más importante de mi vida, mi madre Ana Azucena Mojica, que me comprendió en los momentos más complicados, se sacrificó para darme lo mejor siempre y me dio todo su amor lo que me motivo a seguir luchando para alcanzar mis metas.

Le estoy agradecido de la misma manera a mi padre por haberme apoyado cuando lo necesité, fue un pilar muy importante en mi formación personal y profesional.

A mi esposa que me ha apoyado incondicionalmente en el transcurso de este proceso y a todas aquellas personas que de alguna manera directa o indirecta me apoyaron para a lograr mis propósitos y que me extendieron la mano cuando me sentí decaído.

**Tomas Prado**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos principalmente a Dios por permitirnos culminar nuestra carrera universitaria, por darnos la fuerza y la sabiduría para enfrentar cada uno de los obstáculos que se nos presentaron.

A nuestros padres por su apoyo incondicional durante estos años en la universidad y por brindarnos la oportunidad de recibir la educación superior que hoy estamos culminando con éxito.

Gracias especialmente a nuestro tutor MSc. Ervin Cabrera Barahona por guiarnos en el camino correcto para la culminación de nuestra carrera.

Gracias especialmente a nuestros profesores por la enseñanza y conocimiento compartidos durante estos años y a todas aquellas personas que indirectamente tuvieron participación en la realización de este gran logro.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

**Contenido**

Índice de tablas.....	9
Índice de gráficos.....	9
Índice de imágenes.....	10
Resumen Ejecutivo.....	12
I. Introducción.....	13
II. Antecedentes.....	14
III. Planteamiento del problema.....	15
IV. Justificación.....	16
V. Objetivos.....	17
5.1 Objetivo General.....	17
5.2 Objetivos Específicos.....	17
VI. Marco teórico.....	18
6.1 Diagnóstico del sistema actual.....	18
6.2 Estudio topográfico.....	18
6.3 Estudio de población.....	18
6.3.1 Tasa de crecimiento.....	19
6.3.2 Proyección de población.....	19
6.4 Dotación y Población a servir.....	20
6.4.1 Nivel de servicio.....	20
6.4.2 Dotación.....	21
6.4.3 Población a servir.....	21
6.5 Parámetros de diseño.....	21
6.5.1 Periodo de Diseño.....	21
6.5.2 Variación de consumo.....	22
6.5.3 Presiones máximas y mínimas.....	23
6.5.4 Coeficiente de Rugosidad de Hazzen Williams.....	24
6.5.5 Velocidades permisibles en tuberías.....	24
6.5.6 Pérdidas en el sistema.....	24
6.5.7 Fuente de abastecimiento.....	25
6.5.8 Energía.....	25
6.5.9 Parámetros de calidad de agua.....	25
6.6 Diseño de los elementos del sistema.....	29
6.6.1 Fuente de abastecimiento.....	30

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

6.6.2	Estación de Bombeo (Fuente – Cisterna – Tanque).....	31
6.6.3	Selección del Equipo de Bombeo.....	35
6.6.4	Diseño hidráulico de la cisterna.....	36
6.6.5	Línea de conducción .....	37
6.6.6	Tratamiento y desinfección .....	41
6.6.7	Tanque de almacenamiento .....	43
6.6.8	Red de Distribución.....	45
VII.	Diseño metodológico .....	47
7.1	Tipos de investigación.....	47
7.2	Universo y muestra .....	47
7.3	Técnicas de Recopilación de Datos .....	47
7.3.1	Obtención de la información.....	48
7.3.2	Recorrido de campo.....	51
7.3.3	Recopilación de Datos Poblacionales .....	51
7.3.4	Levantamiento Topográfico.....	51
7.3.5	Recopilación de datos generales de la fuente .....	52
7.3.6	Análisis y estimación de la demanda de agua del sistema .....	52
7.3.7	Análisis y determinación del nivel de servicio .....	52
VIII.	Capítulo I. Diagnóstico Actual del SAAP existente.....	53
8.1	Datos generales de la comunidad .....	53
8.1.1	Localización .....	53
8.1.2	Extensión territorial. ....	54
8.1.3	Densidad poblacional.....	54
8.1.4	Límites y Colindancias .....	54
8.1.5	Clima y Precipitación.....	54
8.1.6	Topografía.....	55
8.1.7	Suelos.....	55
8.1.8	Viabilidad y Transporte.....	55
8.1.9	Energía Eléctrica.....	56
8.1.10	Telecomunicaciones.....	56
8.1.11	Educación. ....	56
8.2	Situación habitacional .....	57
8.3	Situación Económica.....	57
8.3.1	Población económicamente activa .....	57

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

8.3.2	Actividades Económicas .....	58
8.3.3	Ingresos Económicos mensuales .....	59
8.3.4	Capacidad Económica .....	60
8.4	Diagnóstico de los elementos de sistema existente.....	60
8.4.1	Diagnóstico del pozo existente en Trinidad Central.....	63
8.4.2	Nivel de servicio .....	63
IX.	Capítulo II. Dimensionamiento de los Elementos del Nuevo SAAP.....	65
9.1	Estudio Topográfico .....	65
9.2	Estimación de la población.....	66
9.2.1	Población actual.....	66
9.2.2	Tasa de crecimiento.....	67
9.2.3	Proyección de la población.....	67
9.3	Cálculo de Consumo.....	68
9.4	Diseño de los elementos del sistema .....	69
9.4.1	Fuente de abastecimiento .....	69
9.4.2	Estación de bombeo (Pozo – Cisterna) .....	75
9.4.3	Calculo hidráulico de cisterna de Rebombeo.....	80
9.4.4	Estación de bombeo Trinidad Central (Cisterna – Tanque).....	81
9.4.5	Diseño hidráulico de la línea de conducción.....	85
9.4.6	Tratamiento y desinfección .....	88
9.4.7	Dimensionamiento del tanque de almacenamiento .....	90
9.4.8	Análisis hidráulico de la red de distribución (EPANET).....	91
X.	Capitulo III. Costo aproximado de la Obra.....	98
XI.	Capítulo IV. Elaboración de planos Constructivos.....	101
XII.	Conclusiones.....	102
XIII.	Recomendaciones.....	103
XIV.	Bibliografía.....	104
XV.	Anexos.....	105

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1 Periodos de diseño recomendados.</i>	<b>22</b>
<i>Tabla 2 Coeficiente de rugosidad Hazzen William</i>	<b>24</b>
<i>Tabla 3 : Parámetros bacteriológicos</i>	<b>26</b>
<i>Tabla 4 Parámetros organolépticos</i>	<b>27</b>
<i>Tabla 5 Parámetros físico-químicos</i>	<b>28</b>
<i>Tabla 6 Parámetros para sustancias no deseadas</i>	<b>29</b>
<i>Tabla 7 Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud</i>	<b>29</b>
<i>Tabla 8 Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes</i>	<b>33</b>
<i>Tabla 9 Rangos de caudales de bombeo vs. Diámetro del medidor maestro</i>	<b>34</b>
<i>Tabla 10 Diámetros de la válvula de alivio</i>	<b>34</b>
<i>Tabla 11 Valores de K para golpe de ariete</i>	<b>40</b>
<i>Tabla 12 Constante de la capacidad de almacenamiento en función del volumen</i>	<b>44</b>
<i>Tabla 13 Operacionalización de variables independientes</i>	<b>49</b>
<i>Tabla 14 Operacionalización de variables dependientes</i>	<b>50</b>
<i>Tabla 15 Actividades Económicas</i>	<b>58</b>
<i>Tabla 16 Población 2011 y 2016</i>	<b>66</b>
<i>Tabla 17 Proyección de población.</i>	<b>67</b>
<i>Tabla 18 Proyección de caudales en periodo de diseño.</i>	<b>68</b>
<i>Tabla 19 consumo promedios de comunidades en estudio.</i>	<b>69</b>
<i>Tabla 20 Datos de pozos aledaños.</i>	<b>71</b>
<i>Tabla 21 Cálculos de radios de influencia de pozos aledaños</i>	<b>71</b>
<i>Tabla 22 Propiedades físico-Químico, pozo Cuajachillo #2.</i>	<b>72</b>
<i>Tabla 23 Análisis de metales pesados.</i>	<b>73</b>
<i>Tabla 24 Pedidas de carga por accesorios.</i>	<b>78</b>
<i>Tabla 25 Características de la bomba. (Pozo – reservorio)</i>	<b>79</b>
<i>Tabla 26 Características del motor (Pozo – reservorio)</i>	<b>80</b>
<i>Tabla 27: Perdidas por longitud equivalente</i>	<b>83</b>
<i>Tabla 28: Características de la bomba. (Reservorio – tanque)</i>	<b>84</b>
<i>Tabla 29 Características del motor (Reservorio – Tanque)</i>	<b>85</b>
<i>Tabla 30: dosificación con hipoclorito de calcio.</i>	<b>89</b>
<i>Tabla 31: Distribución de caudal nodal.</i>	<b>92</b>

## Índice de gráficos

<i>Grafico 1 Situación de la Propiedad</i>	<b>57</b>
<i>Grafico 2 Distribución de la población PEA y PEI</i>	<b>58</b>
<i>Grafico 3 Actividades Económicas</i>	<b>59</b>
<i>Grafico 4 Ingresos mensuales por persona</i>	<b>59</b>

## **Índice de Imágenes**

<i>Imagen 1 Mapa de macro localización .....</i>	<b>53</b>
<i>Imagen 2 Mapa de micro localización .....</i>	<b>54</b>
<i>Imagen 3 Acceso a la comunidad trinidad central.....</i>	<b>56</b>
<i>Imagen 4 Línea de Conducción actual, Imagen 5 Redes de distribución en mal estado .....</i>	<b>61</b>
<i>Imagen 6 Caseta de control actual Imagen 7 Almacenamiento en la viviendas.....</i>	<b>62</b>
<i>Imagen 8 Tanque de almacenamiento actual.....</i>	<b>62</b>
<i>Imagen 9 Entrega de filtros a los pobladores de Trinidad Central .....</i>	<b>64</b>
<i>Imagen 10 Presentación de los componentes del filtros.....</i>	<b>64</b>
<i>Imagen 11 Ubicación de la fuente de abastecimiento .....</i>	<b>70</b>
<i>Imagen 12: esquema del bombeo (cisterna – tanque).....</i>	<b>81</b>
<i>Imagen 13: plano de red de distribución de agua potable.....</i>	<b>93</b>
<i>Imagen 14: Plano de red de distribución de abastecimiento de agua potable en régimen permanente (presiones del sistema).....</i>	<b>94</b>
<i>Imagen 15: Plano de red de abastecimiento de agua potable régimen permanente (demanda base) .....</i>	<b>95</b>
<i>Imagen 16: plano de red de abastecimiento de agua potable régimen permanente (velocidades)..</i>	<b>96</b>
<i>Imagen 17: Plano de red de sistema de abastecimiento de agua potable régimen permanente (caudales nodales).....</i>	<b>97</b>
<i>Imagen 18 Mapa de pozos aledaños. ....</i>	<b>105</b>
<i>Imagen 19 Mapa y perfil de las estructuras geológicas .....</i>	<b>105</b>
<i>Imagen 20 Curva de rendimiento del equipo de bombeo (Pozo – Reservorio) .....</i>	<b>106</b>
<i>Imagen 21 Curva de rendimiento del equipo de bombeo (Reservorio – Tanque).....</i>	<b>107</b>

## **Resumen Ejecutivo**

### **Nombre del proyecto:**

Propuesta de diseño hidráulico a nivel de prefactibilidad de un sistema de abastecimiento de agua potable en la comarca Trinidad Central, municipio de Ciudad Sandino, departamento Managua.

**Población beneficiada:** 793 habitantes (2018).

**Población Proyectada:** 1300 habitantes (2038).

**Configuración del sistema propuesto:** Fuente – Cisterna – Tanque – Red.

**Tipo de fuente de abastecimiento:** Subterránea.

**Características de la fuente:** Se tomó como referencia los datos obtenidos por la empresa JEYASA, en las pruebas de bombeo continuo de 24 horas realizadas al pozo localizado en la comarca Cuajachillo 2, propiedad de ENACAL, (de la cual se abastece el barrio Bello Amanecer de Ciudad Sandino, no la comunidad Cuajachillo 2), debido a que esta fuente es la más cercana al sitio donde se hará la nueva perforación, la cual abastecerá a las comarcas Trinidad Central y Cuajachillo 2. Se propuso el diseño de un solo pozo para las dos comunidades debido a la cercanía entre ellas y con el fin de aprovechar los recursos hídricos que existen en la zona y disminuir los gastos de funcionamiento del sistema.

Caudal de explotación del pozo de referencia: 476 Gpm.

Nivel estático (NEA): 344 pies

Nivel dinámico (NDA): 456 pies

Abatimiento: 112 pies

**Estación de bombeo:** El bombeo se hará en dos partes, la primera representa el bombeo del pozo a la cisterna, de donde se derivan las dos estaciones de rebombeo dirigidas a las comunidades Trinidad Central y Cuajachillo 2 respectivamente.

Bombeo (pozo – Cisterna de rebombeo):

Equipo: Motor – Bomba sumergible

Modelo: 6SP 30A08

Potencia del motor: 20 hp

Diámetro de descarga: 4”

Alimentación eléctrica: según la sección 6.6, de la NTON 09001-99, para motores entre 5 HP y 50 HP se usará 3/60/220 energía trifásica.

Bombeo (Cisterna – Tanque de Trinidad Central)

Equipo: Motor – Bomba sumergible

Modelo: 4SP 4015

Potencia del motor: 5 hp.

Diámetro de descarga: 2.5”

Alimentación eléctrica: Según la sección 6.6, de la NTON 09001-99, para motores de 3 HP – 5 HP se usará 1/60/220 energía monofásica.

**Línea de succión:** pozo – cisterna: tubería HoGo. 4” = 380 mL

**Línea de conducción:** Cisterna – tanque: tubería PVC SDR 26 de 2.5”= 1693.83 mL

**Tanque de almacenamiento:** Al igual que el equipo de bombeo, habrán dos depósitos por cada comunidad, para el caso del área en estudio el primero sería

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

una cisterna de donde se rebombeará al depósito ubicado en la comarca Trinidad Central.

**Cisterna de bombeo de Concreto con base cuadrada.**

Capacidad de la Cisterna: 13,200 galones (aprox.)

Dimensiones: h=2.5m; L=5m; A=5m (se respetará un borde libre de 0.50m).

**Tanque de almacenamiento de concreto sobre suelo de base circular.**

Capacidad del tanque Trinidad Central: 15,000 galones (aprox.)

Dimensiones: h=2.70m; D=5.70m (se respetará un borde libre de 0.50m).

**Red de distribución:** Tubería PVC-SDR26  $\varnothing$  2” 4613.83 ml

**Costo aproximado:** Para la determinación del costo total del proyecto se tomó en cuenta el valor de los costos directos e indirectos y sus respectivos impuestos, quedando en un monto total de US\$ 234.356,65

## **I. Introducción.**

El presente trabajo es una investigación cuyo objetivo es proponer el diseño hidráulico a nivel de prefactibilidad de un sistema de abastecimiento de agua potable, el cual vendrá a mejorar la calidad de vida y contribuir con el desarrollo de los pobladores de la comunidad de Trinidad Central.

La comunidad Trinidad central, zona rural del municipio de Ciudad Sandino, cuenta con una población actual de 755 habitantes distribuidos en 130 viviendas, está ubicada a 5 km al suroeste con respecto al km 8.5 de la carretera Nueva a León, con una altura de 150 metros sobre el nivel del mar.

Es necesidad del ser humano tener un buen suministro de agua potable, generalmente las poblaciones que forman el sector rural, se encuentran en condiciones económicas desfavorables, muchas de las cuales ni siquiera pueden satisfacer las necesidades básicas de vivienda, salud, educación, etc. Con frecuencia en las localidades rurales no se cuenta con un sistema de aprovisionamiento de agua de calidad, lo que afecta el nivel de vida de sus pobladores.

Este documento aborda cuatro capítulos, precedidos por los antecedentes, justificación y planteamiento del problema a tratar, los objetivos del estudio así como el marco teórico y la metodología a seguir para cumplir con dichos objetivos.

En el primer capítulo se diagnosticó la situación del sistema de abastecimiento de agua actual en la comunidad.

En el segundo capítulo se dimensionó cada uno de los elementos que formarán parte de la nueva propuesta para el diseño del sistema.

En el tercer capítulo se determinó el costo aproximado para la realización del proyecto.

El cuarto capítulo presenta los planos constructivos y los detalles del nuevo SAAP.

## **II. Antecedentes.**

Actualmente los habitantes de la comarca Trinidad Central se abastecen de agua a través de un pozo perforado ubicado en el Colegio La Esperanza, el cual ha estado a cargo de la comunidad por medio del Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) desde su fundación. Los elementos que componen el actual sistema de agua datan del año 1979, y estuvo funcionando en buenas condiciones hasta el año 2002, quedando inhabilitado por más de 10 años.

En el año 2011 la organización Club Rotario Santa Bárbara de Honduras realizó estudios para dar una evaluación de la calidad del agua de consumo y el nivel de servicio en las comunidades Trinidad Central y Cajachillo 2, determinando que el agua extraída de los pozos existentes en estas dos comunidades estaban contaminadas y que para mejorar el servicio se necesitaba la perforación de un nuevo pozo y la construcción de un tanque de almacenamiento de mayor capacidad.

En mayo de 2012, gracias a esfuerzos de la población en conjunto con la Alcaldía Municipal de Ciudad Sandino, rehabilitaron el pozo de Trinidad Central, aunque la infraestructura de la red de distribución es la misma, como consecuencia de esto, están expuestos a contaminación debido a su gran deterioro producto de su avanzada edad.

A finales de 2012, la organización Club Rotario Santa Bárbara en conjunto con la Coordinadora de la Comunidad Cuajachillo 2, Rebeca Mohally Renk, entregaron a las familias de las comunidades Trinidad Central y Cuajachillo 2, unos filtros fabricado de barro cocido, con la finalidad de mejorar la calidad del agua de consumo.

### **III. Planteamiento del problema.**

El agua es un elemento indispensable para la vida digna de las personas y constituye una de las mayores preocupaciones de las comunidades, ya que la ausencia de esta o el acceso a agua de mala calidad representa una de las principales causas de enfermedades para las familias y muy especialmente para los niños quienes son muy propensos a padecer de enfermedades diarreicas y parasitarias, afectando así la salud de la población y deteriorando su calidad de vida.

La comunidad de Trinidad Central no cuenta con un sistema de abastecimiento en buenas condiciones. La Fuente de Abastecimiento de Agua es un pozo comunitario, cuenta con una bomba sumergible la cual no posee la capacidad necesaria para abastecer la demanda de la población existente, el tanque tiene poca capacidad de almacenamiento, y debido a su baja posición no abastece por gravedad a todas la viviendas, además, todos estos elementos se encuentran en un avanzado deterioro debido a su antigüedad.

El agua en el sector es cada vez más escasa a causa de diversos factores tales como sequias, deforestación y cultivación sin regulación, factores que no solo afectan la cantidad sino también empeoran la calidad del agua.

#### **IV. Justificación.**

Se realiza el presente estudio con el propósito de mitigar el déficit en el aprovisionamiento de agua que sufren los pobladores de la comarca Trinidad Central, principalmente proponer el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable el cual estará regido por las Normas Técnicas para el sector Rural. (NTON 09001-99)

La alternativa de implementar un sistema nuevo se debe a las diversas deficiencias del actual sistema debido a factores de ubicación, componentes, calidad y cantidad del vital líquido.

Al contar con un sistema de abastecimiento de agua potable nuevo, la comunidad tendrá una mejor calidad de vida, contará con un servicio que no será reducido ni sectorizado, reducirá la proliferación de enfermedades de origen hídrico y aportara al desarrollo económico local de la comunidad.

El objetivo principal de este estudio es el de aportar información técnica que sirva de antecedente para futuro proyecto en la comunidad.

## **V. Objetivos.**

### **5.1 Objetivo General**

- Proponer el Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, Municipio Ciudad Sandino, departamento Managua, agosto – diciembre 2016.

### **5.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Diagnosticar la situación actual del sistema de abastecimiento de agua potable existente en la comarca Trinidad Central.
- ✓ Dimensionar los elementos para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable.
- ✓ Determinar los costos y presupuesto para la realización del sistema.
- ✓ Elaborar los planos constructivos de cada uno de los elementos del sistema hidráulico.

## **VI. Marco teórico.**

### **6.1 Diagnóstico del sistema actual.**

El Diagnostico trata de estudiar la situación actual del sistema de abastecimiento, para conocer las necesidades y la problemática del suministro de agua de la población en estudio, donde se examina el funcionamiento del sistema actual, así como también el estado físico de cada uno de los elementos que lo conforman, con el fin de encontrar el problema y tratar de dar una posible solución.

Para el análisis del sistema actual se tomó en cuenta los parámetros mencionados en este documento, en la sección 6.5.7, (fuente de abastecimiento), con el fin de conocer la capacidad de producción actual, y la sección 6.5.9, (calidad de agua), para hacer la comparación y corroborar el nivel de contaminación actual de la fuente.

### **6.2 Estudio topográfico.**

Para conocer mejor el terreno se hizo reconocimiento de sitio con unas visitas de campo, de esta manera se podrá visualizar las áreas de expansión futura, los sitios convenientes para tanques de almacenamiento y los lugares propicios para la excavación del pozo.

### **6.3 Estudio de población**

Uno de los primeros pasos al preparar un proyecto de abastecimiento de agua potable, consiste en determinar la cantidad futura de agua que debe servirse a la comunidad al final del periodo de servicio, con el objetivo de prever en el diseño las exigencias de las fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, equipos de bombeo, plantas de tratamiento y futuras extensiones de servicio. Sin embargo, antes de conocer la cantidad de agua a suministrar, es preciso estimar el número de personas que se va a favorecer con el abastecimiento.

### 6.3.1 Tasa de crecimiento

El crecimiento poblacional de una ciudad es función de su desarrollo socioeconómico e industrial. El sistema de abastecimiento de agua debe ser capaz de propiciar y estimular ese desarrollo. Por lo que la determinación de la población actual y futura es uno de los elementos determinantes en el diseño de un abastecimiento de agua potable.

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

La expresión utilizada es:

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

Ecuación 1

Dónde:

i = tasa de crecimiento

n = periodo de diseño

Po = población del año base

Pf = población futura en el año n

El valor obtenido de la tasa de crecimiento para esta comunidad en específico deberán ser comparadas con la tasa nacional, la cual debe estar entre el rango de 2.5% y 4%. (NTON 09001–99, sección 2.2). Para propósito de este estudio sólo se tomaron en cuenta los únicos dos datos existentes, los cuales corresponden al censo realizado por el MINSA en el 2011 y la encuesta socio económica realizada por la alcaldía de Ciudad Sandino en el 2016.

### 6.3.2 Proyección de población

La proyección se efectuará utilizando la fórmula de crecimiento geométrico, según las Normas para el sector Rural. El crecimiento es geométrico cuando el aumento de la población es proporcional al tamaño de la población en un determinado tiempo, como lo es en el caso de la comunidad en estudio. En este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el interés compuesto, el cual se expresa:

$$P_f = P_o(1 + r)^n$$

Ecuación 2

Donde:

Pf = población futura

Po = población inicial

r = Tasa de crecimiento

n = número de años.

## **6.4 Dotación y Población a servir**

### **6.4.1 Nivel de servicio**

#### **➤ Conexiones domiciliarias**

Son tomas de agua para el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población, y número de usuarios del servicio.

Tomando en cuenta la sección 3.3.2, de la normativa para el sector rural, las condiciones técnicas que se deben tomar en cuenta para las conexiones domiciliarias son las siguientes:

- a) Se deberá realizar un estudio de factibilidad en el sistema particularmente de la capacidad de la fuente, debido a que la dotación se incrementa comparado con los puestos públicos.
- b) La comunidad deberá aportar parte de la tubería a utilizarse en las tomas domiciliarias. La conexión domiciliar llegará hasta el lindero de la propiedad, a partir de ahí la conexión correrá por cuenta del propietario.
- c) El diámetro de las conexiones y de los grifos será de ½” (12mm)

### **6.4.2 Dotación.**

Es considerada como el agua requerida para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas, es decir que esta depende del rango poblacional. En este caso trataremos con una población rural, por lo tanto la dotación de agua está en dependencia del:

- a) Nivel de servicio adoptado
- b) Factores geográficos
- c) Factores culturales
- d) Uso del agua

Según las normas técnicas para el sector rural en la sección 3.1.b). Para sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de conexiones domiciliarias de patio, la dotación será 60 litros personas por día. (LPPD)

### **6.4.3 Población a servir**

El sistema debe ser suficiente para atender durante 20 años, a partir del año de construcción, a la demanda de la población proyectada en la comunidad, de tal forma que es preciso definir la población de diseño o población límite para la cual se diseña el acueducto, así como también las tasas de consumo por habitante.

Para la zona rural, se estima que en los pozos perforados la población a servir es como mínimo 100 personas por pozo. (Normativa para el sector rural, sección 3.2,c)

## **6.5 Parámetros de diseño**

### **6.5.1 Periodo de Diseño**

El periodo de diseño, es el tiempo o número de años en el cual se considera que el sistema funcionará en forma eficiente cumpliendo los parámetros, respecto a los cuales se ha diseñado determinado sistema.

Una vez definida la población y los consumos de diseño, se proceden a definir los elementos que constituyen el sistema.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

<b>Elementos</b>	<b>Periodos de diseños en años</b>
Fuentes superficiales con regulación	20 – 30
Fuentes subterráneas	20 – 30
Perforaciones de pozos	Menores de 10
Obras de captación: diques tomas	15 – 25
Obras de captación: diques represas	30 – 50
Estaciones de bombeo: bombas y motores	10 -15
Estaciones de bombeo: instalaciones	20 – 25
Líneas de conducción	20 – 40
Plantas de tratamientos	Por etapas de 10 – 15
Tanques de almacenamiento: de concreto	30 – 40
Tanques de almacenamiento: metálicos	20 – 30
Red de distribución	20

Tabla 1 Periodos de diseño recomendados.  
Fuente: Normas de Diseño SAAP

### **6.5.2 Variación de consumo**

La finalidad del sistema de abastecimiento de agua es la de suministrar de forma continua y con presión suficiente el agua de calidad a una comunidad con el fin de satisfacer las necesidades de consumo. Para lograrlo es necesario conocer el funcionamiento del sistema de acuerdo a las variaciones en los consumos que ocurrirán para diferentes momentos durante el periodo de diseño. Estas variaciones pueden expresarse en función del consumo promedio diario, CPD.

CPD: es el consumo promedio de los consumos diarios durante un año, (en lts/seg., o en Gpm) y es la base para la estimación del caudal máximo diario y horario. Se obtiene con la formula siguiente:

Consumo Doméstico (CD) = población \* dotación

$C_{institucional} = CD * 0.07$

$C_{comercial} = CD * 0.07$

$C_{industrial} = CD * 0.02$

Teniendo entonces:

$CPD = CD + C_{institucional} + C_{comercial} + C_{industrial}$

Ecuación 3

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

Se tomó en cuenta un valor del 7% del consumo promedio diario en concepto al consumo comercial, aunque la comunidad presenta pocos negocios. Las normas para el sector rural no especifican un valor de dotación para este caso, sin embargo establece que debe tomarse el porcentaje antes mencionado.

También se consideró un mismo porcentaje de 7% en base al consumo institucional que está representado por escuelas e Iglesias, existente en la comarca.

Sin embargo, no se tomó el valor por consumo industrial debido a la ausencia las mismas dentro de la comunidad.

Al consumo obtenido se le debe agregar un porcentaje debido a las pérdidas del sistema obteniendo así el consumo promedio total, CPDT

$$CPDT = CPD + Hf$$

Ecuación 4

Para los cálculos de diseños hidráulicos se necesita:

$$CMD = 1.5 CPDT$$

CMD = consumo máximo diario (para el cálculo de equipos y estaciones de bombeo).

Ecuación 5

$$CMH = 2.5 CPDT$$

CMH = consumo máximo horario (para el cálculo de red de distribución).

Ecuación 6

### **6.5.3 Presiones máximas y mínimas**

Para el funcionamiento eficaz del sistema de abastecimiento se requieren presiones que cumplan dentro de un rango permisible para el sector rural:

Presión Mínima: 5.0 metros

Presión Máxima: 50.0 metros

#### **6.5.4 Coeficiente de Rugosidad de Hazzen Williams**

El coeficiente de Rugosidad (C) de Hazzen Williams para los diferentes tipos de materiales en los conductos. Todos detallados en el anexo.

Material del conducto	Coeficiente de rugosidad (C)
Tubo de hierro galvanizado (H°. G°)	100
Tubo de concreto	130
Tubo de asbesto cemento	140
Tubo de hierro fundido (H°. G°)	130
Tubo plástico (PVC)	150

Tabla 2 Coeficiente de rugosidad Hazzen William  
Fuente: Normas de diseño SAAP

#### **6.5.5 Velocidades permisibles en tuberías**

Un criterio básico en el diseño de las tuberías principales es que la velocidad de operación en los diversos tramos de la red se mantengan dentro del rango recomendado por las normas, para que de esa forma se logre un uso efectivo de las tuberías sin sobrepasar los límites establecidos. Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías.

Los valores establecidos en la normativa para el sector rural en la sección 4.5, son los siguientes:

Velocidad mínima: 0.4 m/s

Velocidad máxima: 2.0 m/s

#### **6.5.6 Pérdidas en el sistema**

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas o desperdicios en el sistema. La cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario (CPD) cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

Perdidas = 20% del CPD

Ecuación 7

### **6.5.7 Fuente de abastecimiento.**

Las fuentes de abastecimiento deben ser permanentes y suficientes ya sean superficiales o subterráneas, suministrando el agua por gravedad o bien por bombeo eléctrico.

Según el INAA se establece que los criterios de aceptación de un pozo perforado son los siguientes:

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

### **6.5.8 Energía**

La energía a utilizarse depende de la capacidad de los motores. Según la Normativa para el sector rural en la sección 6.6, se recomienda el siguiente tipo de energía:

- Para motores de 3 a 5 HP usar 1/60/110.
- Para motores mayores de 5 y menores de 50 Hp usar 3/60/220.
- Para motores mayores de 50 HP usar 3/60/440.

### **6.5.9 Parámetros de calidad de agua**

El objetivo de controlar la calidad del agua es proteger la salud pública y por consiguiente ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua, que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación del sistema, para lo cual se deberán seguir las siguientes instrucciones:

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

a) La fuente de agua a considerada para el proyecto, deberá ser objeto de por lo menos un análisis físico-químico, de metales pesados cuando se amerite y bacteriológico antes de su aceptación como tal.

b) Los parámetros mínimos de control para el sector rural serán: coliforme total, coliforme fecal, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentraciones de iones de hidrógeno y conductividad.

c) Análisis de las fuentes de agua tales como manantiales, pozos perforados, pozos excavados a mano deberán cumplir con las normas de calidad de las aguas vigentes aprobadas por el INAA y MINSA.

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

➤ **Parámetro Bacteriológico. (a)**

<b>Origen</b>	<b>Parámetro (b)</b>	<b>Valor Recomendado</b>	<b>Valor máximo Admisible</b>	<b>Observaciones</b>
A. Todo tipo de agua de bebida	coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	coliforme fecal	Neg	Neg	
	coliforme total	Neg	≤ 4	en muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	coliforme total	Neg	≤ 4	En muestras puntuales
	coliforme fecal	Neg	Neg	No debe ser detectado en el 90% de las muestras <b>(c)</b>

Tabla 3 : Parámetros bacteriológicos

Fuente: Normas Regionales para consumo humano. CAPRE

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

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

b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al muestreo y se investiga la presencia de coliforme fecal. Si el re muestreo da resultados negativos, no se toma en consideración las muestras adicionales recolectadas, cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.

c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras al año, el porcentaje de muestras negativas debe ser  $\leq 90\%$ .

➤ **Parámetros Organolépticos.**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Recomendado</b>	<b>Valor máximo Admisible</b>
Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 ° C
			3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 ° C
			3 a 25 ° C

Tabla 4 Parámetros organolépticos

Fuente: Normas Regionales para consumo humano. CAPRE

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

➤ **Parámetros Físico – Químicos**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Recomendado</b>	<b>Valor máximo Admisible</b>
Temperatura	° C	18 a 30	
Concentraciones de Iones Hidrogeno	Valor pH	6.5 a 8.5 <b>(a)</b>	
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 <b>(b)</b>	<b>(c)</b>
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	μS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCo <sub>3</sub>	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCo <sub>3</sub>	100	
Cobre	mg/L	1	0.2
Magnesio	mg/L CaCo <sub>3</sub>	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Solidos Disueltos Totales	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3

Tabla 5 Parámetros físico-químicos

Fuente: Normas Regionales para consumo humano. CAPRE

- a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en las tuberías.
- b) Cloro residual libre.
- c) 5 mg/l en base a evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor “residual” no afecta la salud. Por otro lado cada país deberá tomar en cuenta los aspectos económicos y organolépticos en la interpretación de este valor.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

➤ **Parámetros para sustancias no deseadas.**

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Nitratos - NO <sub>3-1</sub>	mg/l	25	50
Nitratos - NO <sub>2-1</sub>	mg/l	0.1	(1)
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Manganeso	mg/l	0.1	0.5
Fluoruro	mg/l		0.7 - 1.5 (2)
Sulfuro de Hidrogeno	mg/l		0.05

Tabla 6 Parámetros para sustancias no deseadas

Fuente: Normas Regionales para consumo humano. CAPRE

➤ **Parámetro para sustancias Inorgánicas significado para la salud.**

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

Tabla 7 Parámetros para sustancias inorgánicas de significado para la salud

Fuente: Normas Regionales para consumo humano. CAPRE

## **6.6 Diseño de los elementos del sistema**

Se hará la propuesta de diseño para un Mini acueducto por Bombeo Eléctrico. Un MABE, se compone de los siguientes elementos: Fuente de abastecimiento (pozo perforado), estación de bombeo, línea de conducción, tanque y red de distribución.

### **6.6.1 Fuente de abastecimiento.**

#### **➤ Rejilla y relleno de grava**

Al revestimiento del tramo de entrada del agua al pozo se le denomina rejilla, la cual debe permitir que pase agua limpia de materiales sólidos y con una pérdida de carga compatible con las demás exigencias

La longitud óptima de una rejilla es función de la geometría y parámetros hidrológicos del nivel del acuífero a explotar. Depende del espesor y estratificación de este último y del posible descenso dinámico del agua en el mismo. Inicialmente, la rejilla debe tener la mayor longitud posible, pero sin que llegue a ser un obstáculo para el descenso del nivel dinámico del agua en el pozo.

En acuíferos libres, homogéneos y de espesor importante, la rejilla se situará en la parte inferior de la zona saturada y cubriendo 1/2 a 1/3 de la misma. En acuíferos cautivos, en cambio, es aconsejable colocar la rejilla sobre el 70% y 80% del espesor de la capa, con rejilla única centrada o con varios tramos repartidos de modo uniforme sobre la misma.

Sólo en formaciones coherentes donde exista la posibilidad de que se produzca pérdida de carga en la entrada del agua será necesario definir el tamaño y forma de las ranuras y a su vez, el diámetro de la rejilla (en función del área abierta que aquellas condicionen, de la longitud de la rejilla ya establecida y del caudal de bombeo que se espere o se desee).

En acuífero de materiales incoherentes habrá que atender, además, a la circunstancia de que el agua que se extraiga no arrastre arenas. Para diseñar adecuadamente una rejilla deben realizarse análisis granulométricos sobre muestras representativas del material acuífero, tomadas al perforar el pozo o en un sondeo de reconocimiento previo al mismo. El tamaño de abertura se elige según los resultados de tales análisis y según se disponga o no de un macizo de grava.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

Establecida la longitud de la rejilla y su tamaño de abertura, el diámetro de la misma se estable en función del caudal que haya de extraerse del pozo, teniendo en cuenta consideraciones relativas a la velocidad de paso del agua a través de la rejilla. Dicha velocidad debe ser tal que no provoque pérdidas de carga excesivas ni dé lugar a fenómenos de corrosión o de incrustación.

➤ **Diámetro del Tazón**

El diámetro de la línea de succión se podrá obtener mediante la siguiente expresión:

$$\emptyset = \sqrt{Q_{bombeo} + 1} \quad \text{Ecuación 8}$$

El ademe deberá ser lo suficientemente amplio para acomodar la bomba con tolerancia adecuada para su instalación y eficiente funcionamiento. El diámetro del revestimiento se tomara el doble del diámetro de succión.

### **6.6.2 Estación de Bombeo (Fuente – Cisterna – Tanque)**

➤ **Hidráulica de la Estación de Bombeo**

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.

➤ **Diámetro Económico**

Para determinar el mejor diámetro (más económico) en la tubería de descarga se usó la ecuación siguiente, similar a la Bresse:

$$D = KQ^n \quad \text{Ecuación 9}$$

Dónde: D = diámetro interior de la tubería en metros  
Q = CMD en m<sup>3</sup>/s  
K = 0.9  
n = 0.45

➤ **Carga Total Dinámica (CTD)**

$$CTD = \Delta H + \Sigma hf$$

Ecuación 10

$$\Delta H = NB + CED$$

NB = Nivel más bajo del agua durante el bombeo.

NB = NEA + Variación + Abatimiento.

CED = Carga estática de la descarga.

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

$\Sigma hf = hf \text{ columna} + hf \text{ descarga}$

$hf \text{ columna} =$  Pérdidas de la columna dentro del pozo.

$hf \text{ desc} =$  Pérdidas en la descarga.

➤ **Pérdidas en la Columna**

Las NTON 09001-99, establecen que las pérdidas por fricción en la columna de bombeo se consideran igual al 5% de su longitud.

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

Ecuación 11

$$Lc = NB + Sumergencia$$

Ecuación 12

Lc = Longitud de la columna.

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

➤ **Pérdidas en la Descarga**

Para determinar las pérdidas en la descarga se necesita conocer las pérdidas localizadas en los accesorios como longitud equivalente de tubería (Le). Para dichas pérdidas se utilizó la ecuación de continuidad de Bernoulli.

$$Hf = K \frac{V^2}{2g}$$

Ecuación 13

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

De aquí se tomaron las longitudes equivalentes por perdidas localizadas para determinar las pérdidas en la descarga usando la ecuación de Hazzen Williams

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

Ecuación 14

➤ **Longitudes equivalentes**

En la tabla 8 se muestran las perdidas localizadas en longitudes equivalentes.

Elemento	mm	13	19	25	32	38	50	63	76	100	125	150	200	250	300	350	
	pulg	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4	5	6	8	10	12	14	
<b>Codo de 90°</b>																	
<b>Radio Largo</b>		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3	
<b>Radio Medio</b>		0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.8	3.7	4.3	5.5	6.7	7.9	9.5	
<b>Radio Corto</b>		0.5	0.7	0.6	1.1	1.3	1.7	2	2.5	3.4	4.5	4.9	6.4	7.9	9.5	10.5	
<b>Codo de 45°</b>		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	3	3.8	4.6	5.3	
<b>Curva de 90°</b>																	
<b>R/D 1 ½</b>		0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.3	1.6	1.9	2.4	3	3.6	4.4	
<b>R/D 1</b>		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1	1.3	1.6	2.1	2.5	3.3	4.1	4.8	5.4	
<b>Curva de 45°</b>		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5	
<b>Entrada</b>																	
<b>Normal</b>		0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6	2	2.5	3.5	4.5	5.5	5.2	
<b>De Borda</b>		0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.5	1.9	2.2	3.2	4	5	6	7.5	9	11	
<b>Válvula</b>																	
<b>Compuerta</b>		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.4	
<b>Globo</b>		4.9	6.7	8.2	11.3	13.4	17.4	21	26	34	45.3	51	67	85	102	120	
<b>Angulo</b>		2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	8.5	10	13	17	21	26	34	43	51	60	
<b>De Pie</b>		3.6	5.6	7.3	10	11.6	14	17	20	23	31	39	52	65	78	90	
<b>Retención</b>																	
<b>T Liviano</b>		1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	6.4	10.4	12.5	16	20	24	38	
<b>T Pesado</b>		1.6	2.4	3.2	4	4.8	6.4	8.1	9.7	12.9	16.1	19.3	25	32	38	45	
<b>Tee de Paso</b>																	
<b>Directo</b>		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3	
<b>Lateral</b>		1	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10	13	16	19	22	
<b>Tee de Salida</b>																	
<b>Bilateral</b>		1	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10	13	16	19	22	
<b>Salida de</b>																	
<b>Tubería</b>		0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.5	1.9	2.2	3.2	4	5	6	7.5	9	11	

Tabla 8 Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes

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

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

➤ **Conexión de la bomba**

La Sarta, conjunto de válvulas, accesorios, niples y medidor maestro, representa lo que se llama la conexión de bombas.

• **Diámetro de la Sarta**

El diámetro general de la sarta lo define el diámetro del medidor maestro que habrá de instalarse y que se selecciona de tal forma que el caudal normal de bombeo no sobrepase la capacidad máxima de diseño para operación continua del medidor.

Qb (gpm)	Φ Medidor (plgs)
Q < 80	2 “
80 < Q < 200	3 “
200 < Q < 400	4 “
400 < Q < 600	5 ”
600 < Q < 900	6 “
900 < Q < 1200	8 “
1200 < Q < 1600	10 “

Tabla 9 Rangos de caudales de bombeo vs. Diámetro del medidor maestro  
Fuente: Normas de diseño SAAP

• **Válvula de alivio**

La válvula de alivio se define por medio de su diámetro y el rango de presión al cual se desee que opere dicha válvula. El diámetro de la válvula de alivio se determina en base a la siguiente tabla.

Caudal Q. (gpm)	Diámetro (plgs)
1000 < Q < 2000	6 “
500 < Q < 1000	4 “
250 < Q < 500	3 “
60 < Q < 250	2 “
Q < 60	1 “

Tabla 10 Diámetros de la válvula de alivio  
Fuente: Normas de diseño SAAP

### 6.6.3 Selección del Equipo de Bombeo

Conociendo la altura a vencer por la bomba ( $H_b$ ) y el caudal que debe suministrar la misma ( $Q$ ), se selecciona de entre los equipos de bombeo ofrecidos por catálogo aquel modelo que presente una curva característica que trabaje en un rango de altura y caudal lo más parecido posible a los valores calculados. Del catálogo se obtienen las especificaciones de la bomba seleccionada, que incluye: velocidad de giro ( $n$ ), diámetro del orificio de la bomba ( $d$ ), potencia ( $P$ ) y eficiencia ( $N$ ).

#### ➤ Potencia Hidráulica de la Bomba

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

Ecuación 15

Dónde:

$P_B$ : Potencia de la bomba (HP).

$Q$ : (24/16) CMD (gpm).

CTD: Carga total dinámica (pie).

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

#### ➤ Potencia del Motor

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

$$P_M = 1.15 * P_B$$

Ecuación 16

$P_B$ : Potencia hidráulica de la bomba (HP).

$P_M$ : Potencia del bombeo (HP).

#### 6.6.4 Diseño hidráulico de la cisterna.

Según recomendaciones del Manual de guías de equipo de bombeo para sector rurales del COSUDE, se recomienda lo siguiente:

Que las cámaras pueden ser de sección circular, cuadrada o rectangular (vista de planta) que tiene la función de almacenar agua, previa a su bombeo.

En el cálculo del volumen de las cámaras de bombeo se presentan dos casos:

- Cisterna de bombeo con almacenamiento esta se emplea cuando el rendimiento de la fuente no es suficiente para suministrar el caudal de bombeo.
- Cisterna de bombeo sin almacenamiento esta se debe emplear cuando la fuente de provisión de agua tenga una capacidad mayor o igual al caudal de bombeo.

En el segundo caso, según recomendación de la Gerencia de Operaciones de ENACAL, el volumen de la cisterna debe ser calculado considerando un tiempo de retención de bombeo de 2 horas.

$$V = Q * t \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

$$Q = \text{m}^3/\text{s} \text{ (24/16) CMD}$$

$$t = \text{s}$$

#### ➤ Dimensionamiento

Se diseñara una cisterna de bombeo de forma cuadrada. Se deberá dejar un altura de borde libre de 0.5 metros.

$$V = A * h \quad \text{Ecuación 18}$$

$$h = \frac{V}{A} \quad \text{Ecuación 19}$$

### **6.6.5 Línea de conducción**

Las aguas captadas deben en general ser conducidas al sitio de consumo o al lugar de almacenamiento para lo cual se requieren líneas de conducción, estas pueden ser por gravedad o bombeo dependiendo del tipo de fuente, pueden ser a través de canales abiertos o por medio de tuberías a presión, según sea la topografía del terreno.

Para su dimensionamiento deberá considerarse los siguientes aspectos:

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

#### **➤ Línea de conducción por bombeo eléctrico**

En las líneas de conducción por bombeo eléctrico hay dos factores de costo que son los más significativos y que por eso intervienen en la selección del diámetro más económico:

- Consumo de energía
- Costo de tubería.

#### **➤ Diámetro Económico**

Para determinar el mejor diámetro (más económico), las NTON 09001-99 recomiendan la aplicación de la fórmula siguiente:

$$D = K(Q)^n$$

Ecuación 20

D = Diámetro interior de la tubería en metros.

Q = CMD en m<sup>3</sup>/seg.

K = 0.9

n = 0.45.

➤ **Velocidad**

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

$$V = \frac{4Q}{\pi\phi^2} \quad \text{Ecuación 21}$$

$0.6 \text{ m/s} < V < 1.5 \text{ m/s}$  , para controlar el golpe de ariete.

➤ **Golpe de ariete**

Si el bombeo es interrumpido bruscamente, por cualquier razón, la columna líquida continuará escurriendo en el sentido original del flujo por efecto de su propia inercia. Como no existe alimentación del agua a través de la bomba, la columna líquida se expande y descomprime. Asimismo, un pequeño trecho de la tubería, en las proximidades de la bomba, se verá sometido inicialmente a una presión menor que aquella que venía soportando normalmente. (Fase de supresión o de depresión del golpe de ariete). Por acción de la gravedad la columna líquida sufrirá una inversión del sentido de corrimiento, viajando desde el punto más alto hacia la bomba. El cierre rápido y automático de la válvula de retención, creará condiciones para que la presión en el punto más bajo (sarta de la bomba) se eleve bastante, comprimido por la columna restante, también animada del movimiento en el sentido de arriba hacia abajo (tanque a la bomba), es la fase de sobre-presión del golpe de ariete.

Para calcular el golpe de ariete, se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Cálculo de altura geométrica

$$H_g = (NTN_{\text{tanque}} + H_{\text{tanque}}) - NTN_{\text{pozo}} \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde;

$H_g$  = altura Geométrica (m)

$NTN_{\text{tanque}}$  = nivel de terreno natural del tanque (msnm)

$NTN_{\text{pozo}}$  = Nivel de terreno natural pozo (msnm)

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

- Cálculo de altura manométrica.

$$Hm = Hg + \Sigma hp \text{ línea cond} \quad \text{Ecuación 23}$$

Donde:

Hm = Altura manométrica (m)

Hg = Altura geométrica (m)

$\Sigma hp$  línea cond = Sumatoria de pérdidas en línea de conducción (m)

- Calculo de pendiente

$$P = \frac{Hm}{L} \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde:

P = Pendiente

Hm = Altura manométrica (m)

L = longitud de la tubería conducción.

- Cálculo de tiempo de parada

$$T = a \frac{K*L*V}{G*Hm} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

T = tiempo de parada (s)

Hm = altura manométrica

a = celeridad (m/s)

V = velocidad (m/s)

L = longitud de tubería (m)

K = coeficiente K

G = gravedad (m/s<sup>2</sup>)

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

- Cálculo de celeridad

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}}$$

Ecuación 26

Dónde:

a = Celeridad o velocidad de la onda de compresión o de succión en m/s.

D = Diámetro de la tubería en m.

e = Espesor de los tubos en m.

K = Coeficiente en función del módulo de elasticidad del tubo (adimensional).

Tabla 11 Valores de K para golpe de ariete

Descripción del material	Valores de K
Tubos de acero	0.5
Tubos de hierro fundido	1.0
Tubos de asbesto cemento	3.0
Tubos de concreto armado	5.0
Tubos de plástico	18.0

Fuente: Normativa de diseño para el sector rural

- Cálculo de Longitud Crítica

$$Lc = \frac{a \cdot T}{2}$$

Ecuación 27

Donde:

Lc = Longitud crítica (m)

a = celeridad (m/s)

T = tiempo de parada

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

- Cálculo de sobrepresión ecuación de Allievi

$$\Delta H = \frac{a * V}{g}$$

Ecuación 28

Dónde:

$\Delta H$  = sobrepresión en m.

V = velocidad media del agua en m/s.

a = Celeridad en m/s.

g = Aceleración de la gravedad en m<sup>2</sup>/s.

- Cálculo de presión máxima

$$P_{max} = Hg + \Delta H$$

Ecuación 29

Donde:

$\Delta H$  = sobrepresión en tubería (m)

Hg = altura geométrica (m)

Pmax = presión máxima (psi)

De los expresado anteriormente se desprende que el golpe de ariete es producto del cese súbito de la alimentación de agua a la línea de conducción y que el cierre violento de la válvula de pase tiene el mismo efecto que el apagado del equipo de bombeo.

### **6.6.6 Tratamiento y desinfección**

La mayor parte de las aguas requieren en mayor o menor grado de cierto tratamiento para cumplir con las normas mínimas de consumo y potabilización, por tal razón la mayoría de los sistemas de abastecimientos cuentan con plantas de tratamiento o como mínimo un sistema de cloración.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

La desinfección se aplica con el propósito de establecer una barrera de seguridad para evitar la difusión de enfermedades de origen hídrico. Con los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y bacteriológico, se determinará si la desinfección será un tratamiento suficiente para garantizar la pureza del agua y eliminar las coliformes totales. En el caso de acueductos rurales se utiliza para la desinfección el cloro en forma de hipoclorito, debido a su fácil manejo y aplicación. La aplicación de la solución de hipoclorito de calcio o de sodio se efectúa mediante el hipoclorador de carga constante. La efectividad de la desinfección se expresa como cloro residual después de cierto tiempo de contacto, concentración que debería estar entre 0.2 y 0.5 mg/Lt después de 30 minutos.

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

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

Ecuación 30

CMD: Caudal Máximo Día en gpm.

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

0.12: Factor de conversión de unidades.

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

Ecuación 31

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

Ecuación 32

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

Ecuación 33

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

Ecuación 34

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

Ecuación 35

### **6.6.7 Tanque de almacenamiento**

Es necesario contar con tanques de almacenamiento para satisfacer las variaciones de consumo diarias y horarias. Este almacenamiento se hará en los periodos de bajo consumo.

El almacenamiento tiene cuatro aspectos de diseño a saber: volumen de almacenamiento, capacidad del tanque, material de construcción y su ubicación respecto a la red de distribución.

#### **➤ Capacidad del Tanque**

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

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

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

$$\text{Vol. Total} = \text{Vol. Reserva} + \text{Vol. Compensador}$$

$$\text{Vol. Total} = 35\% \text{CPDT}$$

Ecuación 36

#### **➤ Altura del Depósito**

La altura del tanque depende de consideraciones de tipo económico:

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

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

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

$$h = \frac{Vol}{3} + k \quad \text{Ecuación 37}$$

h: Altura en m.

Vol: Volumen del tanque/100.

A: Área transversal en m<sup>2</sup>.

k: Coeficiente en ciento de metros cúbicos (ver tabla 12).

Vol. en cientos de m <sup>3</sup>	K
<3	2
3 - 6	1.8
7 - 9	1.5
10 - 13	1.3
14-16	1
>17	0.7

**Tabla 12** Constante de la capacidad de almacenamiento en función del volumen

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

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

$$r = \sqrt{\frac{Vol}{\pi h}} \quad \text{Ecuación 38}$$

r: radio de la base en m.

### **6.6.8 Red de Distribución**

Es necesario llevar el agua a los consumidores, para ello se requiere un sistema de redes o conductos ya sea por gravedad o por presión, que cuente con la capacidad necesaria para suministrar cantidades y alturas de presión suficientes para abastecer satisfactoriamente las necesidades de la población.

#### **➤ Análisis Hidráulico**

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

$$H = KQ^n$$

Ecuación 39

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

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

$$q = - \frac{\sum H}{n \sum H/Q}$$

Ecuación 40

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

H = Pérdida de carga en metros.

Q = Caudal en litros/seg.

Las NTON 09001-99 recomienda que para el análisis de redes complejas, como es el caso de los sistemas mixtos, se implementen programas de computadoras, basados en la fórmula de Hazzen - Williams, o cualquier otra ampliamente conocida. De acuerdo con esta sugerencia, se usará el programa EPANET para realizar el análisis hidráulico del sistema propuesto en la comarca Trinidad Central.

➤ **Simulación del funcionamiento del sistema con el programa EPANET**

EPANET es un programa orientado al análisis del comportamiento de los sistemas de distribución de agua y el seguimiento de la calidad del agua en los mismos, que ha tenido una gran aceptación en España, y en todos los países de habla hispana.

Es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión, una red puede estar constituida por tuberías, nodos (uniones de tuberías), bombas, válvulas, depósitos de almacenamiento y embalse. EPANET efectuara un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nodos, el nivel en el depósito, las velocidades y las pérdidas.

La simulación del sistema se realizó con el software EPANET, tomando en cuenta dos condiciones de trabajo:

- Tanque lleno y CMH: Para simular una condición de trabajo exigente, pero con el taque funcionando a capacidad.
- Tanque lleno y consumo cero: Simula un sistema sin demanda (horas de la madrugada), cuando se presentan las mayores presiones.

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

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

## **VII. Diseño metodológico**

### **7.1 Tipos de investigación**

El tipo de investigación en lo que respecta a la metodología es descriptivo debido a que se desarrollaran elementos importantes que se abordaran en cada una de las actividades del trabajo así como análisis de sitio, modelos análogos entre otras cosas. Además este tema contiene elementos cualitativos y cuantitativos.

### **7.2 Universo y muestra**

Para la recolección de datos correspondiente al primer objetivo de la primera etapa de la investigación (Estudio socioeconómico de las familias), la medición de las variables se realizó por medio de encuestas previamente realizadas por la alcaldía de Ciudad Sandino (ver anexo 5). Para esto la población de estudio (universo), para quienes serán válidos los resultados aquí obtenidos, serán las familias de la comunidad Trinidad Central, y la muestra, según las sugerencias del nuevo FISE, deberá considerar la inclusión indistinta de la comunidad, por tanto también serán las familias de la comunidad.

### **7.3 Técnicas de Recopilación de Datos**

La recolección de datos en estudios descriptivos conlleva una etapa exploratorio para recabar información visual y una etapa descriptiva para diagnosticar o representar mediante datos cuantificables ciertos fenómenos de interés. La recopilación de información, será desarrollada primeramente por medio de un reconocimiento de campo, realización de pruebas, ensayos de laboratorio y levantamiento de información de campo, posteriormente se tomaran información de los censos poblacionales realizados por el MINSA 2011 y los datos del INIDE 2016. El resultado de la etapa descriptiva serán los datos para los estudios socioeconómico, hidrológico y topográfico.

### 7.3.1 Obtención de la información

Se hará mediante la tabla de Operacionalización de variables independientes, en dicha tabla se muestran los mecanismos, fuentes e instrumentos que serán utilizados para la recolección de información.

➤ **Operacionalización de Variables**

- **Variables Independientes**

En la siguiente tabla se muestra un resumen del procedimiento de Operacionalización de las variables independientes.

Variables	Indicador	Técnica	Fuente	Instrumento
Analizar datos poblacionales y diagnosticar la situación actual del sistema, con el fin de conocer la situación socio-económica y determinar la proyección poblacional para cubrir la demanda futura de agua	Edad	Entrevista	Familia	Encuesta socioeconómica (2016)
	Escolaridad	Entrevista		
	Situación de la propiedad	Entrevista		
	Situación laboral	Entrevista		
	Ingreso familiar mensual	Entrevista		
	Disposición al pago del agua	Entrevista		
	Capacidad de pago	Entrevista	Familia	Encuesta socioeconómica (2016)
	Usos del agua	Entrevista		
	Accesibilidad al agua	Entrevista		
	Saneamiento	Entrevista		
	Efectividad del servicio	Entrevista		
Diagnosticar la calidad y capacidad de producción de la fuente de abastecimiento	Calidad del agua	Análisis fisicoquímico	Fuente de agua	Estudio realizado por JEYASA
		Análisis bacteriológico		

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

mediante un estudio hidrogeológico		Análisis de parámetros organolépticos			
		Análisis de la concentración de arsénico			
	Rendimiento de la fuente	Prueba de bombeo			Estudio realizado por JEYASA
	Capacidad de producción de la fuente	Análisis del balance hídrico			Estudio realizado por JEYASA
	Focos de contaminación	Recorrido de campo		Observación	
Determinar las condiciones topográficas para determinar ubicación propicia para el sistema	Sitios topográficamente accidentados	Levantamiento topográfico	Terreno	Instrumentos topográficos	
	Pendientes				
	Zonas de derrumbes	Recorrido de campo		Observación	
	Zonas vulnerables a inundaciones.				
	Tipo de suelo				

Tabla 13 Operacionalización de variables independientes

Fuente: Elaboración propia

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

- **Variables dependientes**

Para el desarrollo de la segunda etapa se debe recurrir al análisis de los datos obtenidos del proceso descriptivo. Por tanto se puede decir que las variables de esta segunda etapa dependen de las variables de la primera.

Variable	Indicador		Técnica	Instrumento
Diseñar cada uno de los elementos del sistema de abastecimiento de agua potable	Dotación		Criterio técnico	Nueva condición servicio de agua
	Nivel de servicio			
	Estación de bombeo	Tipo de bomba	Criterio técnico	Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización de agua para el sector rural.
		Características		
	Línea de conducción	Trazado		
		Diámetro		
		Presiones		
		Material		
		Accesorios		
	Depósito	Tipo de tanque		
		Capacidad		
		Configuración		
	Red de distribución	Tipo de red		
		Trazado		
		Diámetros de tuberías		
		Velocidades permisibles.		
Presiones máximas y mínimas				
Material				
Accesorios				

Tabla 14 Operacionalización de variables dependientes  
Fuente: Elaboración propia

### **7.3.2 Recorrido de campo**

La visita de campo, tiene como principal propósito la obtención de información, visual, que permita conocer el modo de vida de la población y las principales problemáticas que presenta. Sin ser excluyentes, la visita tendrá como objetivo realizar las siguientes actividades de reconocimiento:

- a) Observación general de las condiciones socioeconómicas de la comunidad.
- b) Observación del mecanismo actual para el abastecimiento de agua.
- c) Observación de los sistemas de disposición de excretas utilizados.
- d) Reconocimiento de la infraestructura pública, en especial la vial.
- e) Reconocimiento de la fuente de abastecimiento y el estado de esta.
- f) Reconocimiento de la topografía de la zona en general, tanto dentro del núcleo poblacional como a las afueras de este.
- g) Reconocimiento general de las características ambientales de la zona.
- h) Reconocimiento general de las características hidrológicas de la zona.
- i) Identificación de zonas inundables.
- j) Identificación de accidentes topográficos.
- k) Identificación de posibles zonas con amenaza de derrumbes o deslizamientos.
- l) Identificación de posibles predios para el depósito.
- m) Reconocimiento general de las características del suelo, principalmente en los posibles predios para el depósito.
- n) Identificación de posibles rutas para la línea de conducción.

### **7.3.3 Recopilación de Datos Poblacionales**

Los datos poblacionales, serán extraídos de los censos nacionales realizados por el MINSA (2011) y por el INIDE (2016), a través de su portal oficial. Además serán solicitados a la alcaldía municipal. La estimación de la población actual, será obtenida a través del conteo poblacional realizada por la alcaldía municipal de Ciudad Sandino.

### **7.3.4 Levantamiento Topográfico**

A falta de un equipo óptico-digital o electrónico de precisión (teodolito o estación total), la principal herramienta para la realización del levantamiento de puntos será un GPS de mano auxiliado por el programa Civil 3D.

### **7.3.5 Recopilación de datos generales de la fuente**

Se tomara como referencia los datos de pozos aledaños al lugar seleccionado para la perforación del nuevo pozo, se deberá recopilar información sobre sus características generales, para la construcción de un modelo hidráulico mejorado que asemeje el comportamiento de este.

### **7.3.6 Análisis y estimación de la demanda de agua del sistema**

La estimación de la dotación de agua, litros persona por día (lppd), será fundamentada en un análisis comparativo entre las dotaciones propuestas por el INAA para zonas rurales (sección 5.7.) y una dotación estimada para la comunidad basada en los hábitos de consumo de la población. Para realizar esta estimación se acudirá a los valores de referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS). La dotación seleccionada no deberá necesariamente coincidir con los valores sugeridos por el INAA para el tipo de proyecto y el nivel de servicio. La información para la estimación del gasto de agua de las familias se obtendrá mediante encuesta.

### **7.3.7 Análisis y determinación del nivel de servicio**

La selección del nivel de servicio considerara los siguientes aspectos:

- a) El caudal de extracción definirá si la capacidad de la fuente cubre para un proyecto con conexiones domiciliarias o si el proyecto deberá contemplar solamente tomas públicas.
- b) Las expectativas de la población: El tipo de servicio que los consumidores esperarían por el pago de una tarifa mensual.
- c) La capacidad de pago de los consumidores: La capacidad de pago de la población y la tarifa mínima será calculada por recomendaciones del banco mundial y el banco interamericano de desarrollo.

## VIII. Capítulo I. Diagnóstico Actual del SAAP existente.

### 8.1 Datos generales de la comunidad

#### 8.1.1 Localización

La Comunidad Trinidad central, zona rural del municipio de Ciudad Sandino, está ubicada a 5 km al suroeste con respecto al km 8.5 de la carretera Nueva a León, sus coordenadas geográficas son 13°41'28.2" latitud Norte y 86°53'15" longitud Oeste, con una altura de 150 metros sobre el nivel del mar

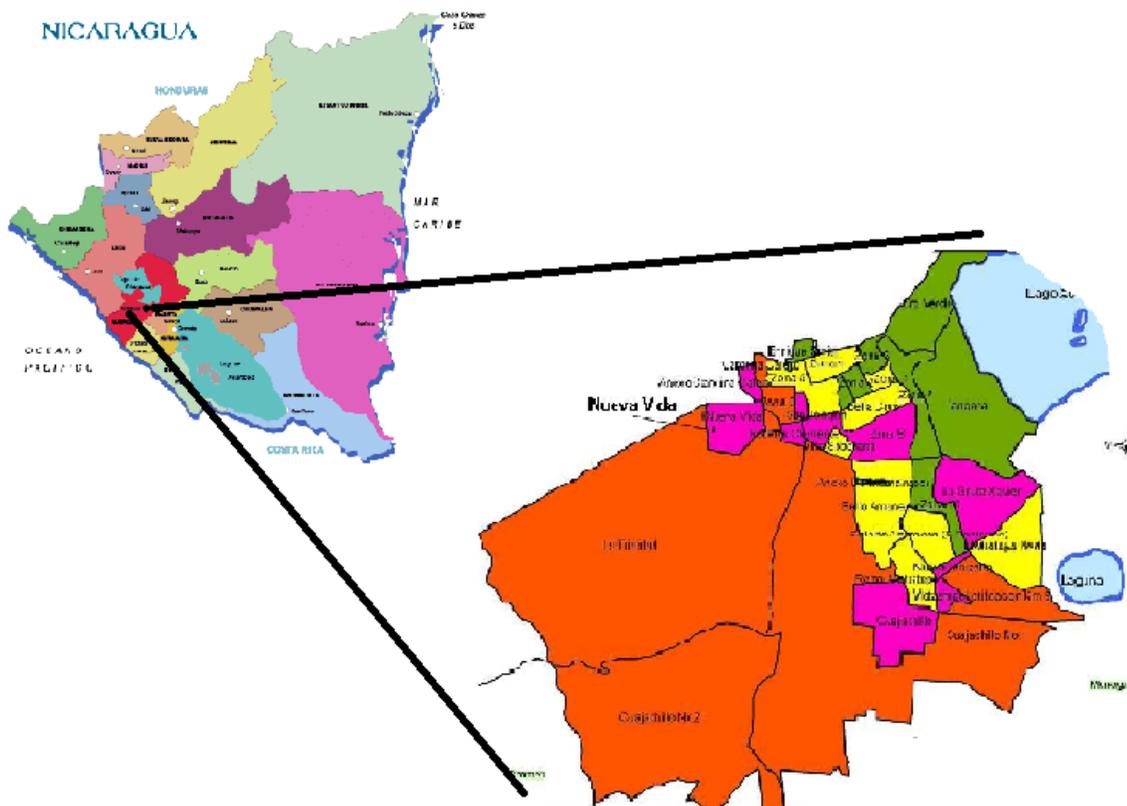


Imagen 1 Mapa de macro localización  
Fuente: Elaboración propia

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**



Imagen 2 Mapa de micro localización  
Fuente: Elaboración propia.

### **8.1.2 Extensión territorial.**

La Comunidad Trinidad central, cuenta con una extensión territorial aproximada de 26.71 km<sup>2</sup> según la caracterización realizada por la alcaldía municipal de Ciudad Sandino en octubre del 2012.

### **8.1.3 Densidad poblacional**

La densidad poblacional es de 29 personas por km<sup>2</sup> esto indica que la comarca Trinidad central no es altamente poblada dando como indicio que puede seguir creciendo.

### **8.1.4 Límites y Colindancias**

La comarca Trinidad central limita: Al norte con la comarca Trinidad norte; Al sur con la comarca Cuajachillo 2; Al este con la comarca Cuajachillo 1 y al oeste con Filos de Cuajachillo.

### **8.1.5 Clima y Precipitación**

La comarca cuenta con un clima Sub-tropical; Semi-humedo con temperatura que oscila entre los 25° a 27°C con vientos variables de 12 a 15 Km/h con humedad relativa de 63%, el régimen de lluvia es estacional iniciando a mediados de Mayo y terminando en Octubre

y una precipitación media anual entre 1100 y 1350 mm, y 1300 mm en las zonas altas de los filos de Cuajachillo.

### **8.1.6 Topografía**

La comarca Trinidad Central es relativamente plana con pendientes de 0% al 2% en las áreas con más influencia de viviendas, en algunas áreas existen pendientes del 2% al 4% y en las cercanías a los Filos de Cuajachillo nos encontramos áreas con pendientes poco mayor a 10%.

### **8.1.7 Suelos**

Cuenta con suelos jóvenes poco desarrollados, se caracterizan por presentar un perfil de poco espesor, con texturas totalmente gruesas (arena franca) en todo el perfil, son suelos Inséptisoles derivados de cenizas volcánicas, se caracterizan por presentar contenidos de 60% o más de cenizas volcánicas, lapillis o piroclásticos vítreos en la fracción de lino, arena o grava. (Fuente INETER, Dirección de vulcanología y sismología).

Tiene énfasis en cultivos temporales con 40% de las áreas, 19% en bosques, 16% en pastos naturales, 17% en tierras en descanso y el 8% restante en otros usos. Maní, frijol, maíz, musácea, tubérculos, frutas y vegetales, cuenta con bosques y ganado bovino en menor medida. Tiene potencial en agricultura intensiva, potencial en silvopastura, en menor medida, en bosque de producción, bosque de conservación en Filos de Cuajachillo.

### **8.1.8 Viabilidad y Transporte**

La red vial es un sistema de calles sin revestimiento los que conocemos como caminos de todo tiempo, (imagen 3), proveniente de la zona urbana de Ciudad Sandino. El sistema de calles en un 100% está en deterioro debido a las aguas pluviales las cuales se convierten en cauces en periodos lluviosos, por lo cual cuenta con mantenimiento anual por parte de la alcaldía municipal.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**



Imagen 3 Acceso a la comunidad trinidad central  
Fuente: propia. Visita de campo

La comarca cuenta con una sola ruta de bus con destino Trinidad central – Ciudad Sandino – Mercado Oriental que cubre la ruta 113. La calidad del servicio prestado a la población es regular, cuenta con frecuencia en sus recorridos de aproximadamente 3 horas siendo el primero a las 5:30 am y el ultimo a las 6:30 pm.

### **8.1.9 Energía Eléctrica**

El 100 % de la población cuenta con energía eléctrica en sus viviendas, con la excepción que algunos tienen redes de distribución provisional. La Energía es monofásica 1/60/220

### **8.1.10 Telecomunicaciones.**

La comarca cuenta con servicio telefónico inalámbrico, dígase plantas móviles y celulares, también cuentan con servicio de televisión nacional así como de antenas receptoras de televisión por cable de la compañía Claro tv.

### **8.1.11 Educación.**

Existe un solo centro educativo de primaria en la comarca (Colegio La Esperanza), por tal razón solo las personas con posibilidad de superación viajan a los colegios ubicados en el casco urbano de Ciudad Sandino así como también a las universidades y centros técnicos de la capital. Por ende encontramos que el nivel educativo es muy bajo, teniendo más del 50% de la población que apenas alcanzó a terminar los estudios de primaria.

## 8.2 Situación habitacional

La comarca cuenta con 130 viviendas, con un índice de hacinamiento de 5.81 habitantes por vivienda. Con relación a su estructura, las viviendas están de forma desordenada sin ningún patrón definido, con mayor incidencia de viviendas en las cercanías del cementerio y el colegio.

### ➤ Situación de la propiedad

Según la encuesta socioeconómica realizada por la alcaldía municipal de Ciudad Sandino, más del 65% de la población es propietaria de la vivienda donde habitan de las cuales un 38% no cuentan con el título de propiedad, el resto viven en situaciones diferentes las cuales se detallan en el siguiente gráfico.



Gráfico 1 Situación de la Propiedad

Fuente: elaboración propia (datos alcaldía Ciudad Sandino)

## 8.3 Situación Económica

### 8.3.1 Población económicamente activa

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

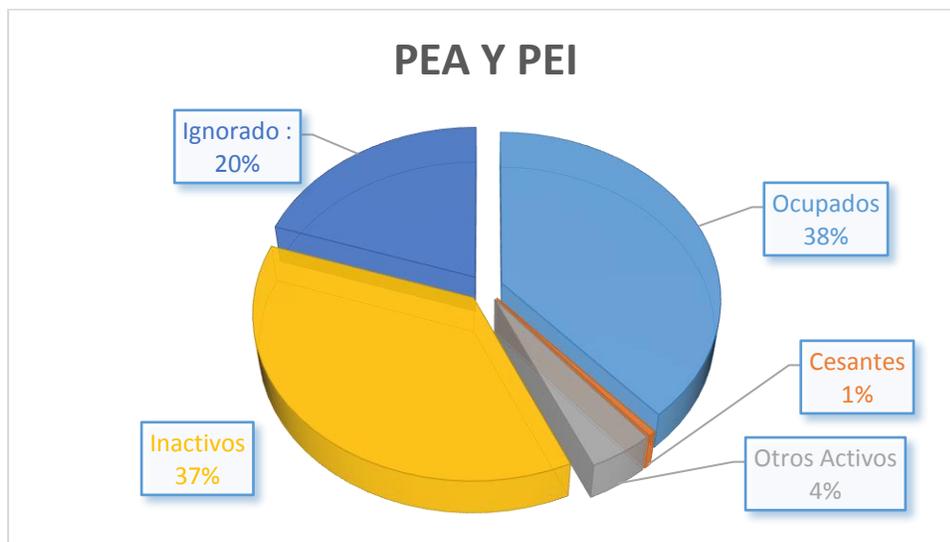


Gráfico 2 Distribución de la población PEA y PEI

Fuente: Elaboración Propia

### 8.3.2 Actividades Económicas

Los habitantes de la comunidad se dedican a trabajos varios que desempeñan fuera de la comarca debido a mejores ingresos, y a pequeña escala se dedican a labores de agricultura y ganadería, siendo prácticamente para el consumo local.

Actividad	Casos	%	Acumulado %
Agricultura, caza, silvicultura	171	52,3	52,3
Industria manufacturera	42	12,8	65,1
Electricidad, gas	1	0,3	65,4
Construcción	23	7,0	72,5
Comercio, Hoteles, restaurantes	29	8,9	81,3
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	5	1,5	82,9
Establecimientos financieros	1	0,3	83,2
Actividades Inmobiliarias, Empresariales y de Alquiler	2	0,6	83,8
Administración pública y defensa, Educación y Salud	15	4,6	88,4
Servicios Sociales, y Comunales, Organismos	37	11,3	99,7
Actividades no bien definidas	1	0,3	100,0
<b>Total</b>	<b>327</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Tabla 15 Actividades Económicas

Fuente: Elaboración Propia

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

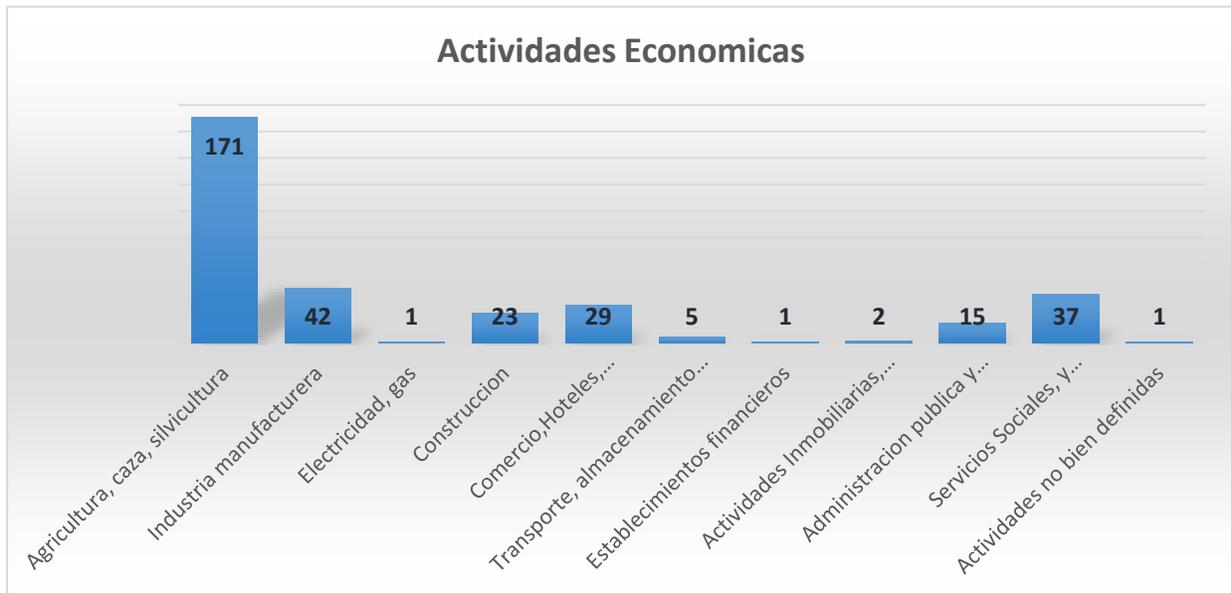


Grafico 3 Actividades Económicas

Fuente: Elaboración Propia

### 8.3.3 Ingresos Económicos mensuales

Los ingresos mensuales de la población económicamente activa están dados según el detalle del siguiente gráfico.

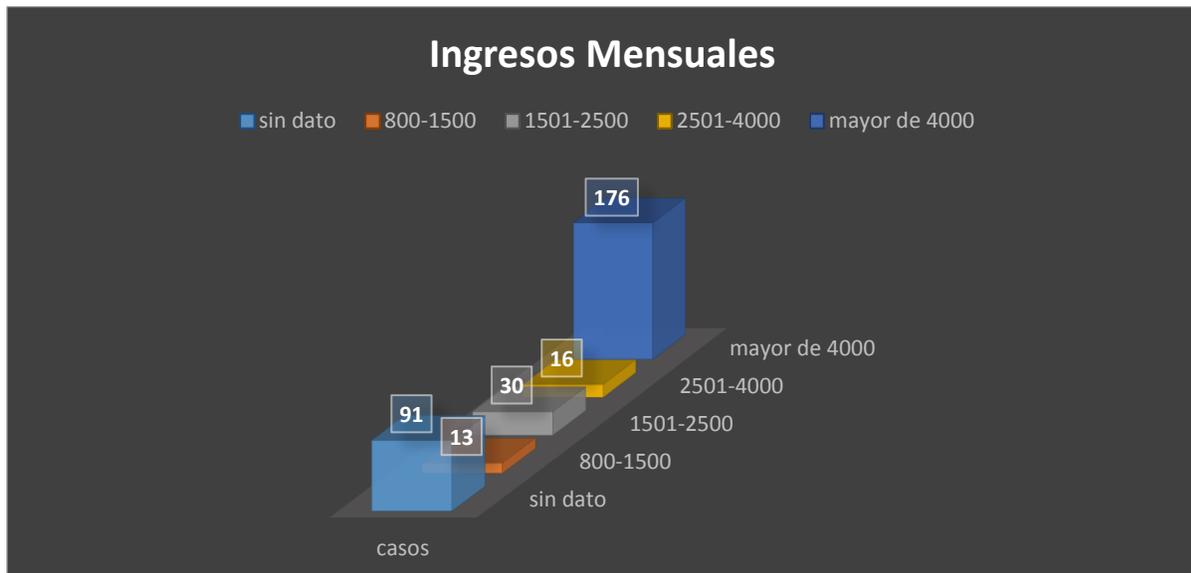


Grafico 4 Ingresos mensuales por persona

Fuente: Elaboración Propia

Se determinó el menor ingreso devengado en la población en estudio el cual anda por el orden de los C\$ 800 (ochocientos córdobas) y el mayor ingreso siendo este un valor atípico esta por el orden de C\$ 14,500 (catorce mil quinientos córdobas). Por tal razón se procederá a realizar el cálculo de la capacidad de pago mensual por familia con el valor de mayor moda encontrado, dando como resultado un promedio de C\$3,900 (tres mil novecientos córdobas)

#### **8.3.4 Capacidad Económica**

La capacidad de pago por familia, se determinó considerando el 3% de los ingresos familiares para el pago del servicio de agua potable, esto de conformidad a lo recomendado por el Banco Mundial y Banco Interamericano de Desarrollo.<sup>1</sup>

La capacidad de pago mensual por familia para un ingreso familiar promedio de C\$ 3,900 (tres mil novecientos córdobas) es de 117.00 (ciento diecisiete córdobas).

#### **8.4 Diagnóstico de los elementos de sistema existente.**

El sistema actual está compuesto por un pozo; una bomba sumergible con capacidad de 3 HP; una línea de conducción de 120m de longitud; un tanque de almacenamiento de 38 m<sup>3</sup> aproximadamente de donde el agua es distribuida por gravedad a la comunidad.

El sistema funciona de la siguiente manera:

Se bombea agua al tanque durante ocho horas y luego se distribuye durante aproximadamente cuatro horas al primer sector, luego se prosigue a llenar nuevamente el tanque por ocho horas más, posteriormente se abastece al segundo sector, el proceso se repite tres veces para provisionar de agua a toda la comunidad y se repite el ciclo.

La principal fuente es subterránea, (imagen 6) un pozo perforado que data del año 1979 administrado por la comunidad a través del comité de agua potable y saneamiento (CAPS), se encuentra localizado al suroeste de la comunidad en el Colegio La Esperanza, con un diámetro de tubería de succión de 2”, el agua que se extrae no recibe ningún tratamiento antes de llegar a los pobladores y sumado a esto la construcción de

---

<sup>1</sup> Banco Mundial. (1998). *Programa de Agua y Saneamiento. PNUD.*

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

sumideros y letrinas, según estudios realizados recientemente por el MINSA a través del hospital de ciudad Sandino se ha determinado la contaminación del mismo.

El pozo de Trinidad Central, estuvo inhabilitado por casi 10 años en el periodo de 2003 – 2012, siendo hasta el año 2012 que se habilito el pozo nuevamente, teniendo un déficit de abastecimiento a la población que se limita a 4 horas de servicio cada 2 días. La población actual que se abastece es de 755 habitantes distribuidos en 130 viviendas, debido a las limitaciones del servicio, la población se ve en el caso de almacenar agua sus viviendas.

El tanque de almacenamiento metálico sobre torre es de 38 m<sup>3</sup> (aprox.) ubicado a 120 metros del pozo a una elevación de 227 msnm, donde la cota actual no satisface en su totalidad a la comunidad debido a las elevaciones donde se encuentran algunas viviendas, actualmente el tanque es llenado 2 veces en lapsos de tiempos de 8 horas con 4 horas de descarga, podemos mencionar que en la visita de campo se constató corrosión y fugas en el mismo por falta de mantenimiento, (ver imagen 8).

La red de distribución existente se encuentra en mal estado, (imagen 5), y no cubre al 100% de la conexiones domiciliare, por esta razón parte de la población se ve en la necesidad de trasladar el agua hasta sus viviendas, cabe recalcar que esta ha sido prohibida para consumo humano sin un tratamiento previo, por ello los pobladores recibieron donados filtros de barro cocido para depurar impurezas y clorar antes de ser consumida.



Imagen 4 Línea de Conducción actual,  
Fuente: Propia (visita de campo)



Imagen 5 Redes de distribución en mal estado  
Fuente: Propia (visita de campo)

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

Otra problemática de la comarca es la falta de drenaje sanitario, debido a esto la población utiliza letrinas, algunos cuentan con sumideros y una pequeña porción hace sus necesidades fisiológicas al aire libre. Sumado a esto, la eliminación de las aguas servidas es directamente sobre las vías de transporte originando el deterioro de las mismas.



Imagen 6 Caseta de control actual  
Fuente: Propia (visita de campo)



Imagen 7 Almacenamiento en la viviendas  
Fuente: Propia (visita de campo)



Imagen 8 Tanque de almacenamiento actual  
Fuente: Propia (visita de campo)

#### **8.4.1 Diagnóstico del pozo existente en Trinidad Central.**

En vista que no se tienen recursos económicos para realizar una prueba de bombeo por 24 horas a la fuente actual se recurre a métodos aproximados para estimar la cantidad de agua extraída de la fuente actual.

A partir de la infraestructura existente, tubería de succión de 2” y considerando un caudal de explotación actual, se procedió a verificar si la velocidad en la tubería cumple con el parámetro establecido. Para verificar las velocidades usaremos la ecuación siguiente:

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

Tenemos entonces:

$$Q \text{ de explotación} = (755 * 60 \text{ lppd})/1000 = 45.3 \text{ m}^3/\text{d} = 0.00052 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Diámetro de la tubería de succión} = 2'' = 0.0508 \text{ m}$$

$$V = \frac{0.00052 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi}{4} (0.0508)^2} = 0.256 \text{ m/s}$$

El rango de velocidad varía entre 0.6 – 2.0 m/s, por lo tanto la fuente no cumple el parámetro de velocidad.

#### **8.4.2 Nivel de servicio**

El servicio actual es desfavorable para la comunidad, partiendo del hecho que se abastecen tan solo cuatro horas cada 2 días, debido a esto la población se ve en la necesidad de almacenar agua en barriles para abastecerse en las horas que no cuentan con el suministro de agua.

Sumado a esto, es de conocimiento de la población que el agua del pozo se encuentra contaminada. Para solucionar esta problemática el comité de agua potable y saneamiento (CAPS) en conjunto de una Organización Extranjera que trabaja de la mano con la comunidad de Cuajachillo 2, hicieron la donación de filtros con el fin de potabilizar un poco el agua para consumo, (ver imagen 9).

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**



Imagen 9 Entrega de filtros a los pobladores de Trinidad Central  
Fuente: propia (visita de campo)

Los filtros están compuestos de un hoyo de barro cocido, un recipiente donde se almacena el agua y una llave para servir el líquido que va a ser consumido. (ver imagen 10).



Imagen 10 Presentación de los componentes del filtros.  
Fuente: propia (visita de campo)

## **IX. Capítulo II. Dimensionamiento de los Elementos del Nuevo SAAP.**

La alternativa actual que presentamos en nuestro documento de investigación para terminar con el desabastecimiento de agua en la zona es la de un sistema completo que contempla: perforación de un pozo el cual se diseñara con un caudal que abastecerá tanto la comarca de Trinidad central y la comarca de Cuajachillo #2.

Se proyecta un acueducto conformado por: obra de captación de aguas subterráneas – cisterna de almacenamiento y rebombeo – estación de bombeo – línea de conducción por bombeo – tratamiento básico (cloración) – tanque sobre suelo – redes de distribución.

Detallaremos a continuación los aspectos necesarios para la elaboración de nuestra propuesta del sistema, así como también, cada uno de los elementos que la conforman:

### **9.1 Estudio Topográfico**

El levantamiento topográfico comprende dos etapas, la primera corresponde al reconocimiento de sitio y la segunda a levantamiento altiplanimétrico utilizando el equipo mencionado en la sección 7.3.4 de este documento.

Etapa 1: Se realizó la primer visita de campo con la finalidad de obtener información visual de las características principales, tales como: observación de la infraestructura vial; observación de las característica ambientales; determinación de zonas inundables (en el caso de que existan); observación de accidentes topográfico y zonas de derrumbes o deslizamientos; características o tipos de suelos existentes en la zona; determinación de los puntos para la ubicación del pozo y tanque de almacenamiento; determinación para las posibles rutas de la línea de conducción y redes de distribución.

Etapa 2: En la segunda visita se realizó el levantamiento de los puntos con el GPS, y también se localizaron puntos importantes de los cuales se pueden mencionar: la ubicación actual del pozo, el tanque de almacenamiento, las escuelas, iglesias y centros de salud comunitarios. Se realizó el levantamiento de la estructura vial, mediante la marcación de puntos a lo largo de los caminos de acceso así como también de los ramales que comunican a cada vivienda con el fin de determinar la cantidad de nodos, y

proyectar los perfiles longitudinales tanto de la línea de conducción como de la red de distribución.

Con esta información se determinó el sitio propicio para la ubicación de la fuente de abastecimiento y del tanque de almacenamiento, y se determinó la diferencia de altura entre los mismos, de esta manera se pudo calcular la carga total dinámica para la selección del equipo de bombeo. A la vez se identificó que con la ubicación del tanque, el nuevo sistema de agua tendría la posibilidad de abastecer a toda la comunidad por gravedad, logrando de esta manera reducir los costos de funcionamiento del sistema ya que no se ocupara un equipo de bombeo en la red de distribución.

La información alti-planimétrica obtenida del levantamiento de los puntos, fue procesada con la ayuda del programa CIVIL 3D, con el que se logró la elaboración de planos topográficos y la construcción de perfiles longitudinales.

## **9.2 Estimación de la población.**

### **9.2.1 Población actual.**

Para lograr los objetivos de este trabajo se tiene que conocer los datos poblacionales actuales para lo cual se tomó como referencia el censo realizado por el Ministerio de Salud (MINSALUD) en el año 2011 y la encuesta socioeconómica realizada por la alcaldía de Ciudad Sandino en 2016.

Se determinó que para el año en curso, la población de la comarca de Trinidad Central es de 755 habitantes, con un total de 130 viviendas, dando como resultado un índice de hacinamiento de 5.81 Hab/vivienda.

<b>Año</b>	<b>Fuente</b>	<b>Habitantes</b>	<b>Viviendas</b>
2011	MINSALUD	674	116
2016	Encuesta Socioeconómica	755	130

Tabla 16 Población 2011 y 2016  
Fuente: Elaboración propia.

### 9.2.2 Tasa de crecimiento.

Con los datos obtenidos los cuales son solo dos, debido a que no existe otro registro, se procedió a calcular la tasa de crecimiento utilizando la ecuación 1.

$$i = \left( \frac{755 \text{ habitantes}}{674 \text{ habitantes}} \right)^{\frac{1}{5}} - 1$$

Obteniendo como resultado  $i = 2.29\%$  por lo tanto se utilizará el mínimo recomendado en la sección 6.3.1, correspondiente a  $i = 2.5\%$

### 9.2.3 Proyección de la población.

Prácticamente el año 2016 ya terminó, y se estima que el año 2017 se hará la revisión de la documentación y el análisis final del proyecto, por tal razón, se proyectara la población para el año 2018, siendo esta fecha el inicio del tiempo de diseño. Luego se proyectara para el año 2038 cumpliendo de esta manera con los 20 años de vida útil estipulado para todo sistema de abastecimiento.

Utilizando la ecuación 2 tenemos:

$$Pf_{2016} = 755(1 + 0.025)^2$$

$$Pf_{2018} = 793 \text{ habitantes}$$

Población futura para el año 2038:

$$Pf_{2038} = 793(1 + 0.025)^{20}$$

$$Pf_{2038} = 1300 \text{ habitantes}$$

A continuación se presenta la tabla de proyección de población.

Año	Tasa de crecimiento	Población
2011	2.29	674
2016	2.29	755
2018	2.5	793
2023	2.5	897
2028	2.5	1015
2033	2.5	1149
2038	2.5	1300

Tabla 17 Proyección de población.

Fuente: Elaboración propia (2016).

### **9.3 Cálculo de Consumo.**

Dotación según la sección 6.4.1 = 60 lppd

$$\text{consumo domestico} = \frac{1300 * 60}{86400} = 0.9027 \text{ lps} \approx 0.90 \text{ lps}$$

$$\text{consumo comercial}_{2038} = 0.9027 \text{ lps} * 0.07 = 0.0637 \text{ lps}$$

$$\text{consumo institucional}_{2038} = 0.9027 \text{ lps} * 0.07 = 0.0637 \text{ lps}$$

$$\text{consumo promedio diario}_{2038} = 0.9027 \text{ lps} + 0.0637 \text{ lps} + 0.0637 \text{ lps} = 1.03 \text{ lps}$$

$$\text{perdidas del sistema}_{2038} = 1.03 \text{ lps} * 0.20 = 0.206 \text{ lps}$$

$$\text{consumo promedio total}_{2038} = 1.03 \text{ lps} + 0.206 \text{ lps} = 1.2348 \text{ lps}$$

$$\text{consumo maximo diario}_{2038} = 1.2348 \text{ lps} * 1.5 = 1.85 \text{ lps} = 29.36 \text{ gpm}$$

$$\text{consumo maximo hora}_{2038} = 1.2348 \text{ lps} * 2.5 = 3.09 \text{ lps} = 48.93 \text{ gpm}$$

Detallamos a continuación los valores de proyección de población y dotación para el periodo de diseño. (Tabla 18)

Año	Población	Dotación	Consumo Promedio	Perdidas del Sistema	Consumo Promedio Total	CMD		CMH	
	(habitante)	lppd	l/s	l/s	l/s	Gpm	l/s	Gpm	l/s
2016	755	60	0,60	0,12	0,72	17,05	1,08	28,42	1,79
2018	793	60	0,63	0,13	0,75	17,92	1,13	29,86	1,88
2023	897	60	0,71	0,14	0,85	20,27	1,28	33,78	2,13
2028	1.015	60	0,80	0,16	0,96	22,93	1,45	38,22	2,41
2033	1.149	60	0,91	0,18	1,09	25,95	1,64	43,25	2,73
2038	1.300	60	1,03	0,21	1,23	29,36	1,85	48,93	3,09

Tabla 18 Proyección de caudales en periodo de diseño.

Fuente: Elaboración propia (2016).

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

<b>Consumo promedio diario de la comunidad Trinidad Central</b>								
<b>Año</b>	<b>Población trinidad central</b>	<b>Dotación</b>	<b>Consumo Domestico</b>		<b>Consumo Comercial</b>	<b>Consumo Institucional</b>	<b>Consumo promedio</b>	
		<b>lppd</b>	<b>Gpm</b>	<b>l/s</b>	<b>l/s</b>	<b>l/s</b>	<b>l/s</b>	<b>Gpm</b>
2016	755	60	8.31	0.52	0.04	0.04	0.60	9.47
2018	793	60	8.73	0.55	0.04	0.04	0.63	9.95
2023	897	60	9.88	0.62	0.04	0.04	0.71	11.26
2028	1,015	60	11.18	0.71	0.05	0.05	0.80	12.74
2033	1,149	60	12.65	0.80	0.06	0.06	0.91	14.42
<b>2038</b>	<b>1,300</b>	60	14.31	0.90	0.06	0.06	1.03	<b>16.31</b>
<b>Consumo promedio diario de la comunidad Cuajachillo 2</b>								
<b>Año</b>	<b>Población Cuajachillo 2</b>	<b>Dotación</b>	<b>Consumo Domestico</b>		<b>Consumo Comercial</b>	<b>Consumo Institucional</b>	<b>Consumo promedio</b>	
		<b>lppd</b>	<b>Gpm</b>	<b>l/s</b>	<b>l/s</b>	<b>l/s</b>	<b>l/s</b>	<b>Gpm</b>
2016	1,130	60	12.44	0.78	0.05	0.05	0.89	14.18
2018	1,187	60	13.07	0.82	0.06	0.06	0.94	14.89
2023	1,343	60	14.78	0.93	0.07	0.07	1.06	16.85
2028	1,520	60	16.73	1.06	0.07	0.07	1.20	19.07
2033	1,719	60	18.92	1.19	0.08	0.08	1.36	21.57
2038	1,945	60	21.41	1.35	0.09	0.09	1.54	<b>24.41</b>

Tabla 19 consumo promedios de comunidades en estudio

Fuente: elaboración propia

## **9.4 Diseño de los elementos del sistema**

### **9.4.1 Fuente de abastecimiento**

➤ **Estudio de la fuente.**

El abastecimiento del sistema será mediante la explotación subterránea donde se aprovechará el acuífero del cual se abastece todo el municipio. Para objeto de este estudio se utilizará una sola fuente, la cual abastecerá a las comunidades Trinidad Central y Cuajachillo 2, tomando en mutuo acuerdo la ubicación la misma, en la comarca Cuajachillo 2, en las coordenadas 12°07'31.56" de latitud norte y 86°22'40.00" longitud oeste. (Imagen 11)

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

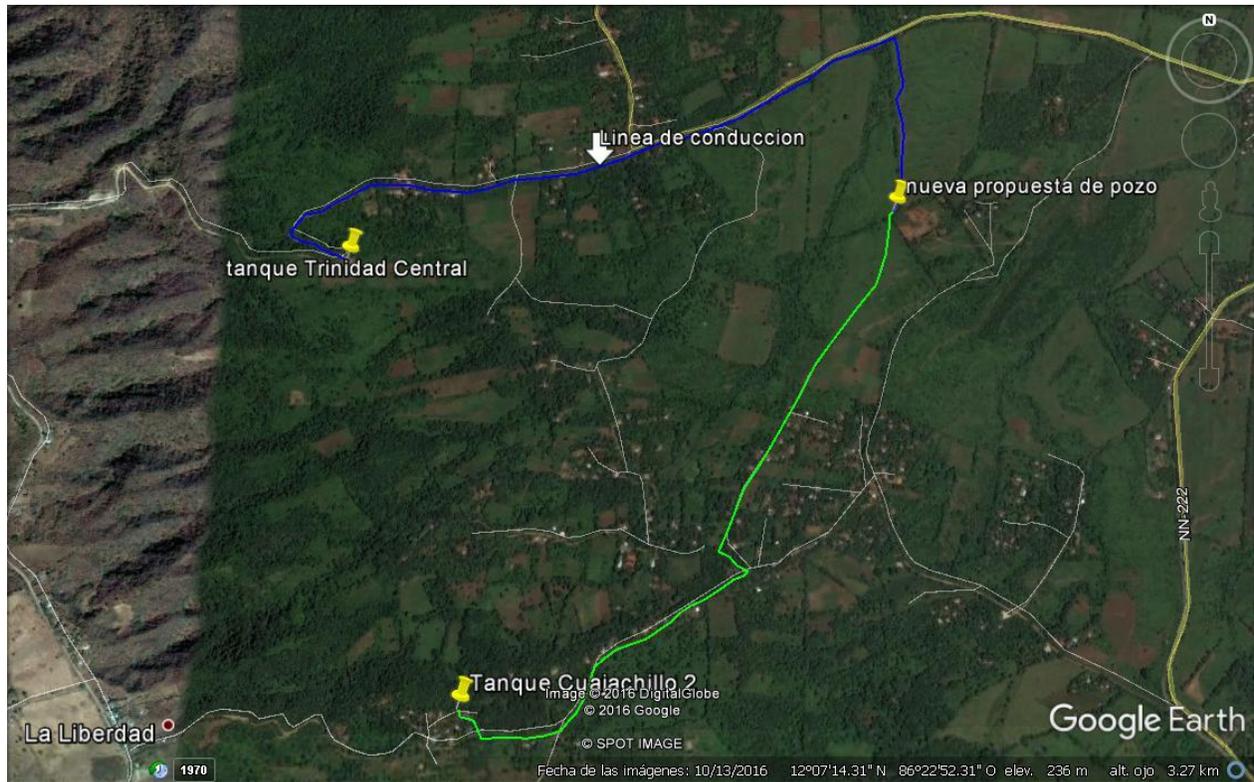


Imagen 11 Ubicación de la fuente de abastecimiento  
Fuente: Elaboración Propia. (Google earth)

La comunidad Trinidad Central está ubicada en la Sub-cuenca Mateare Ciudad Sandino dentro de la denominada Cuenca Sur del Lago de Managua en la región central del Pacífico de Nicaragua. En el territorio del Municipio se localiza el área de almacenamiento de las cuencas Chiltepe – Los Braciles, debido a sus características hídricas y condiciones de ocurrencia se consideran entre los mejores acuíferos, la superficie de la cuenca se estima en unos 160 Km<sup>2</sup>.

La recarga potencial es de aproximadamente unos 27 mmc anuales y la extracción actual es de unos 15 mmc, quedando disponible la cantidad de unos 12 mmc anuales que serán utilizables para el abastecimiento futuro de la población. La reserva de agua de Ciudad Sandino, es la segunda del país, y la tercera de la Región Centroamericana.

Contiene un manto acuífero de alto nivel freático que satisface las necesidades actuales de la población y dispone de un potencial para abastecer a una población de 500 mil habitantes por un periodo mayor de 25 años. (Fuente ENACAL).

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

➤ **Datos de pozos aledaños**

Para el diseño propuesto se utilizó como referencia las pruebas de bombeo y características de los pozos más cercanos realizados por la empresa JEYASA, donde se observa que la producción de dichos pozos supera la demanda necesaria para fines del periodo de diseño.

Pozo	Caudal	Descenso	NEA	NDA	CE	Distancia al pozo
	Gpm	pies	pies	Pies	gpm/pie	m
<b>Cuajachillo #2</b>	476	112.00	344.00	456.00	4.25	-
<b>Cuajachillo #1</b>	523	ND	ND	380.00	ND	875.78
<b>Trinidad #1</b>	709	44.00	219.00	263.00	16.11	2,943.08
<b>Trinidad #2</b>	691	30.00	247.00	277.00	23.03	2,556.20

Tabla 20 Datos de pozos aledaños.

Fuente: Informe de estudio Hidrogeológico de pozo de Cuajachillo #2 (Enacal), JEYASA (2015).

Los descensos por abatimiento registrados oscilan entre los 30 a 112 pies durante las pruebas de bombeo continuo de 24 horas en caudales de 476 a 709 gpm.

➤ **Radios de influencia.**

Según los datos obtenidos en las pruebas de bombeo realizadas en el 2015 para determinar las posibles interferencias de pozos aledaños cerca del área en estudio se calcularon los radios de influencia, obteniendo los resultados que detallamos a continuación:

Pozo	Q (m3/d)	Descenso (m)	CE (m3/d/m)	T		s (m)	t		W(u)	u	s	R(m)
				m2/d	m2/h		d	h				
<b>Cuajachillo 2</b>	<b>2594,40</b>	<b>34,15</b>	<b>75,98</b>	<b>700,00</b>	<b>29,17</b>	<b>0,10</b>	<b>1,00</b>	<b>24,00</b>	<b>0,3389</b>	<b>0,76</b>	<b>0,250</b>	<b>92,08</b>
Cuajachillo 1	2850,57	ND	ND	700,00	29,17	0,10	1,00	24,00	0,3084	0,81	0,250	95,01
Trinidad 1	3864,35	13,41	288,07	700,00	29,17	0,10	1,00	24,00	0,2275	0,98	0,250	104,71
Trinidad 2	3766,24	9,15	411,78	700,00	29,17	0,10	1,00	24,00	0,2334	0,96	0,250	103,91

Tabla 21 Cálculos de radios de influencia de pozos aledaños

Fuente: informe hidrogeológico de pozo de Cuajachillo 2

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

➤ **Análisis de la calidad de agua.**

Debido a que no se realizó un muestreo en el sitio para posteriormente hacer el debido análisis de laboratorio, se tomó como referencia un estudio de calidad de agua realizado por la empresa JEYASA a la fuente más cercana al sitio propuesto para la perforación del nuevo pozo, siendo este el de Cuajachillo 2, propiedad de la Empresa de acueductos y alcantarillado (ENACAL), ubicado en las coordenadas UTM – WGS 84: X: 578660.00, Y: 1343049.00. Los sondeos a los pozos cercanos se realizaron en octubre del 2015, obteniendo los siguientes resultados:

No.	Parámetros	Unidades	Normas CAPRE	Cuajachillo No. 2 MANAGUA
<b>Análisis Físico Químico Completo</b>				
1	Temperatura	°C	18-32	28.5
2	Turbidez	UNT	5	0.75
3	pH	Unidad	6.5-8.5	8.17
4	Conductividad eléctrica	µs/cm	-	587
5	Sólidos disueltos totales	mg/L	1000	348.25
6	Color Verdadero	UCV	15	5
7	Calcio	mg/L	100	31.26
8	Magnesio	mg/L	50	8.26
9	Sodio	mg/L	200	60.2
10	Potasio	mg/L	10	13.68
11	Cloruros	mg/L	250	41
12	Nitratos	mg/L	50	32.43
13	Sulfatos	mg/L	250	34.99
14	Carbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	0
15	Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	209.91
16	Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	400	112
17	Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	NE	172.02
18	Alcalinidad de Fenolftaleína	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	-
19	Sílice disuelta	mg/L	-	-
20	Nitritos	mg/L	<0.1	0.003
21	Hierro Total	mg/L	0.3	0.08
22	Flúor	mg/L	0.7-1.5	0.37
23	Índice de Saturación	%	< 10%	0.96

Tabla 22 Propiedades físico-Químico, pozo Cuajachillo #2.

Fuente: Informe de estudio Hidrogeológico de pozo de Cuajachillo #2 (ENACAL), JEYASA (2015)

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

No.	Parámetros	Unidades	Normas	Pozo No. 1
<b>Metales</b> <b>(Sustancias Inorgánicas de Significado para la Salud)</b>				09/10/2015
Laboratorio Que realiza el análisis			<b>CAPRE</b>	CIRA
1	Arsénico	µg/L	10	5.97
2	Cadmio	µg/L	50	< Idm
3	Cromo	µg/L	500	< Idm
4	Plomo	µg/L	10	< Idm
5	Mercurio	µg/L	1	< Idm
<b>Análisis Bacteriológicos</b>				28-Oct.-15
24	Coliformes Termo tolerantes	UFC/100 ml	Negativo	< 1.8
25	Coliformes Totales	UFC/100 ml	Negativo	< 1.8
26	Echerichia Coli	UFC/100 ml	Negativo	< 1.8
<b>Análisis de Pesticidas</b>				28-Oct.-15
1	Organoclorados /NTON INAA	ng/L	2.0 E+05	Nd
2	Organofosforados /NTON INAA	ng/L	1.0 E+05	Nd

Tabla 23 Análisis de metales pesados

Fuente: Informe de estudio Hidrogeológico de pozo de Cuajachillo #2 (ENACAL), JEYASA (2015)

**Nota: Estos datos son una transcripción de los resultados realizados en el Laboratorio CIRA.**

Clave:

< Rd = menor del rango de detección.	mg/L = miligramos por Litros.
< Id = menor del límite de detección del método.	°C = Grados Celsius (centígrados).
Nd = no detectado.	µg/L = Microgramos por Litros.
CaCO <sub>3</sub> = Carbonato de Calcio.	UNT = Unidades Nefelométricas.
UCV = Unidades de Color Verdadero	ng/L = Nanogramos por Litros.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

NE = No Estipulada, pero de forma Operativa se propone un valor mayor de 30mg/L, para que el agua tenga su regulador de pH.

CAPRE = Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de

Centroamérica, Panamá y República Dominicana.

UFC/100 ml = Unidades Formadoras de Colonias en 100 mililitros de muestra.

**Nota: < 1.8 = Indica la no cuantificación de bacterias presentes, acorde al estándar método usado por el que utiliza el Laboratorio CIRA.**

La suma de todos los parámetros no deben ser mayor de:

Total Pesticidas Organoclorados 0.2 mg/L = 200 µg/L = 2.0 E+05ng/L

Total Pesticidas organofosforados 0.1 mg/L = 100 µg/L = 1.0 E+05ng/L

Los resultados que se presentan en las tablas (22 y 23), muestran que únicamente se requerirá un proceso de desinfección por hipoclorito de calcio para satisfacer los requisitos de agua apta para el consumo humano sin riesgos de contaminación.

Tomando en cuenta los datos de las pruebas de bombeo realizadas en el 2015 al pozo de Cuajachillo 2 por la empresa privada JEYASA, (estudio que se tomó como referencia), el cual expresa que el rendimiento de esta fuente es de 476 Gpm, (ver tabla 20), en comparación con la suma de los consumos medios proyectados de las comunidades Trinidad Central y Cuajachillo 2, (ver tabla 19), según la normativa para el sector rural NTON 09001-99 esta deberá ser igual o mayor al 1.5 del consumo promedio diario (CPD).

$$CPD_{\text{trinidad central}} = 16.31\text{gpm} = 1.03 \text{ lps}$$

$$CPD_{\text{cuajachillo \#2}} = 24.41\text{gpm} = 1.54 \text{ lps}$$

$$1.5CPD = 1.5(16.31\text{gpm} + 24.41\text{gpm})$$

$$1.5CPD = 61.08\text{gpm} = 3.885 \text{ lps}$$

$$61.08\text{gpm} < 476\text{gpm}$$

Con este resultado se comprobó que la capacidad de la fuente es mucho mayor al 1.5 CPD, lo cual indica que el potencial del acuífero es suficiente para abastecer la demanda de las comunidades, de esta manera se garantiza el suministro constante en el periodo de diseño establecido.

➤ **Diámetro del tazón.**

Para calcular el diámetro del tazón se tomó en cuenta el 1.5 CPD de la sumatoria de los caudales de las dos comunidades en estudio, esto debido a que existirá una sola fuente de abastecimiento de agua para ambas.

$$Q_{\text{TrinidadCentral}} 1.545 \text{ lps} + Q_{\text{Cuajachillo2}} 2.31 \text{ lps} = Q_{\text{unificado}} 3.885 \text{ lps}$$

Considerando 16 horas de bombeo tenemos:

$$(24/16) * 3.885 \text{ lps} = 5.823 \text{ lps}$$

$$\emptyset = \sqrt{Q_{\text{bombeo}}} + 1$$

$$\emptyset = \sqrt{5.823 \text{ lps}} + 1$$

$$\emptyset = 3.41 \text{ pulgadas} \approx 4 \text{ pulgadas}$$

Se tomó un diámetro de tazón de 4 pulgadas, sumando 2” de revestimiento a cada lado se obtuvo un diámetro de perforación de 8”, que a la vez es el diámetro mínimo de perforación recomendado por ENACAL. Cabe señalar que es también el diámetro mínimo de las brocas utilizadas en la perforación de pozos.

#### **9.4.2 Estación de bombeo (Pozo – Cisterna)**

La estación de bombeo estará conformada por un pozo perforado con un equipo de bombeo sumergible, el cual llevara el caudal de ambas comarcas desde el acuífero hasta la superficie donde se construirá una cisterna de rebombeo con una salidas independientes que bombearan caudales independientes de diseño hacia la comarca de Cuajachillo #2 y Trinidad Central respectivamente, para la selección de los equipos se tomaron en cuenta los factores de diseño especificado en las normas de diseño para agua potable.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

➤ **Calculo hidráulico de la estación bombeo unificado.**

Debido a que no se realizaron pruebas de bombeo en el pozo localizado en Trinidad Central se tomaron como referencia los datos obtenidos de los estudios realizados al pozo de ENACAL ubicado en Cuajachillo #2 (ver tabla 20).

Tenemos entonces:

NEA = 344pies

NDA = 456 pies

Abatimiento = 112 pies

Q bombeo = 476 Gpm

*Para nuestra estación de bombeo tendríamos:*

Horas de bombeo = 16 horas

NEA = 344 pies

Variación estacionaria = 10 pies

CMD<sub>trinidad central</sub> = 1.85 l/s (tabla 18)

CMD<sub>Cuajachillo 2</sub> = 2.77 l/s

CMD<sub>unitario</sub> = 4.62 l/s

Horas de bombeo = 16 horas

Q bombeo = (24/16) \* 4.62 l/s = 6.93 l/s = 109.8 Gpm

*Aproximación de Abatimiento:*

476 Gpm            112 pies

110 Gpm            ¿A?

$$A = \frac{112 \text{ pies} * 110 \text{ Gpm}}{476 \text{ gpm}} = 25.88 \text{ pies} \approx 26 \text{ pies}$$

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

Para el diseño del equipo de bombeo se realizaron los siguientes cálculos:

➤ **Diámetro de descarga**

*Aplicando la ecuación 9 tenemos*

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

$$D = 0.9(0.00693\text{m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.096\text{m} \approx 10.00\text{cm} \approx 3.78 \text{ pulg} \approx 4 \text{ pulg}$$

➤ **Carga Total Dinámica (CTD)**

○ **Nivel Más bajo de Bombeo.**

*Desarrollando la ecuación 10 tenemos:*

$$\text{NB} = 344 \text{ pies} + 10 \text{ pies} + 26 \text{ pies}$$

$$\text{NB} = 380 \text{ pies}$$

$$L_c = \text{NB} + \text{Sumergencia}$$

La Sumergencia según la sección 6.6.2, se tomaría como 20 pies = 6.096m

$$\text{Longitud de la columna} = 380 \text{ pies} = 115.85 \text{ m}$$

$$L_c = 115.85 \text{ m} + 6.096 \text{ m}$$

$$L_c = 121.946 \text{ m}$$

○ **Pérdida en la columna hf columna**

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

$$hf_{\text{columna}} = 0.05(121.946 \text{ m})$$

$$hf_{\text{columna}} = 6.097 \text{ m}$$

○ **Perdidas en la descarga hf descarga**

*Cálculo de pérdidas en la sarta:*

Teniendo una tubería con un diámetro de descarga:  $\emptyset_{\text{descarga}} = 4''$  para el cálculo de las pérdidas por accesorios en la sarta usando la ecuación de pérdidas localizadas se consideran los siguientes valores:

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

<b>Perdidas de carga en la sarta por accesorios</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Accesorio</b>	<b>coeficiente k</b>	<b>Perdidas (m)</b>
2	codos de 45 grados	0,78	0,0616
1	medidor	2,5	0,0987
2	válvula de compuerta	0,2	0,0158
1	manómetro	1,75	0,0691
1	válvula de alivio	1,35	0,0533
1	válvula de retención (Check)	1,5	0,0592
<b>Le Total</b>			<b>0,3576</b>

Tabla 24 Pedidas de carga por accesorios  
Fuente: Elaboración propia

Longitud de la tubería de descarga pozo-cisterna = 10 m

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

$L_{real} = 0.358m + 10m$

$L_{real} = 10.358m$

*Utilizando la ecuación 13 tenemos:*

$$hf_{descarga} = 10.674 \left( \frac{0.00693 \text{ m}^3/\text{s}}{130} \right)^{1.852} \left( \frac{10.358m}{(0.1m)^{4.87}} \right)$$

$$hf_{descarga} = 0.047 \text{ m} \approx 0.05 \text{ m}$$

*Utilizando la ecuación 10 tenemos:*

$$CTD = 121.946 \text{ m} + 6.097 \text{ m} + 0.05 \text{ m} + 2 \text{ m}$$

$$CTD = 130.093m \approx 426.70 \text{ pies}$$

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

➤ **Potencia de la bomba**

Para equipos de bombes se diseñan para una vida útil de diez años por lo tanto se usó el caudal proyectado para el 2028,

$$CMD_{\text{trinidad central}} = 1.45 \text{ l/s} = 22.985 \text{ Gpm}$$

$$CMD_{\text{Cuajachillo}} = 2.17 \text{ l/s} = 34.399 \text{ Gpm}$$

$$Q_{\text{unitario}} = 3.62 \text{ l/s} = 57.384 \text{ Gpm}$$

$$\text{Horas de bombeo} = 16$$

$$Q_{\text{diseño}} = (24/16) * 57.384 \text{ Gpm} = 86.076 \text{ Gpm}$$

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * 0.60}$$

$$P_B = \frac{(86.076 \text{ gpm})(426.70 \text{ pies})}{3960 * 0.60}$$

$$P_B = 15.46 \text{ HP}$$

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

Caudal 86.076 Gpm

CTD 426.70 Pies

Como referencia se utilizó el catálogo de bombas sumergibles BARNES, resultando la elección de la bomba 6SP 30A08 para caudales de operación de hasta 200gpm, las características del equipo de bombeo se indican a continuación:

Características de la bomba						
Tipo de Bomba		Acoplamiento		Temperatura máx. liquido		
Centrifuga		Monobloque		70 ° C (158° F) continua		
Modelo		Ref.	Ø Descarga	Etapas	H máx. (mca)	Q máx. (Gpm)
1	6SP 30A08	E0319	4"	8	122	200

Tabla 25 Características de la bomba. (Pozo – reservorio)  
Fuente: Ficha técnica de bombas sumergibles BARNES

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

➤ **Potencia del motor**

$$P_M = 1.15 * P_B$$

$$P_M = 1.15 * 15.46 \text{ HP}$$

$$P_M = 17.78 \text{ HP}$$

Comercialmente se utilizara un equipo de 20 HP.

Características del motor		
Alimentación	Velocidad (rpm)	
Eléctrica trifásica	3,600 (nominal)	
Potencia min. Requerida (hp)	Fases	Voltaje
20.0	3	220

Tabla 26 Características del motor (Pozo – reservorio)  
Fuente: Ficha técnica de bombas sumergibles BARNES

Nota: (Ver gráfico de curva de rendimiento en anexos.)

**9.4.3 Calculo hidráulico de cisterna de Rebombeo.**

La Cisterna de bombeo sin almacenamiento, que se empleara debido que la fuente de provisión de agua tenga una capacidad mayor o igual al caudal de bombeo. Se calculara el volumen con un tiempo de 2 horas máximas de bombeo.

$$V = Q * t$$

$$V = 24.948 \text{ m}^3/\text{hora} * 2\text{horas}$$

$$V = 49.896 \text{ m}^3$$

➤ **Dimensionamiento.**

Su dimensionamiento será de forma cuadrada asumiendo un largo y un ancho de 5 metros.

$$V = A * h$$

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

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

$$h = \frac{49.896 \text{ m}^3}{(5\text{metros} * 5\text{metros})}$$
$$h = 1.996 \text{ m}$$

Se tomara en cuenta un borde libre de 0.50 metros.

La cisterna tendrá las siguientes dimensiones:

Ancho: 5 metros

Largo: 5 metros

Profundidad total: 2.50 metros

Borde libre: 0.50 metros

**Esquema de bombeo cisterna – trinidad central**

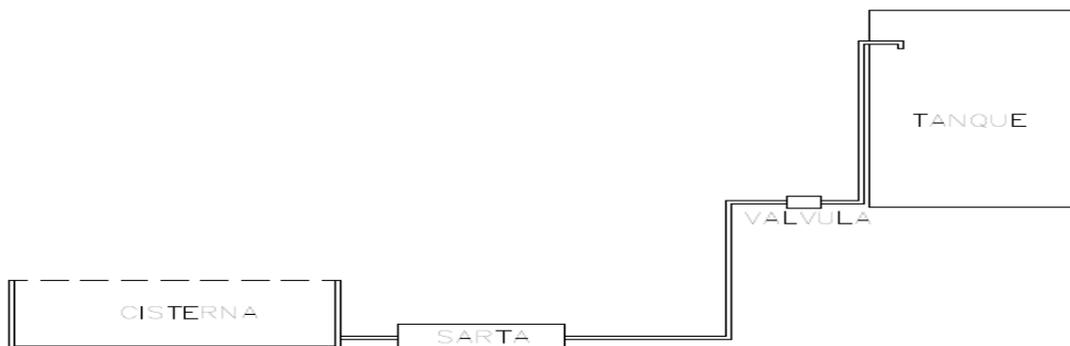


Imagen 12: esquema del bombeo (cisterna – tanque)  
Fuente: elaboración propia.

**9.4.4 Estación de bombeo Trinidad Central (Cisterna – Tanque).**

NB = 0.0 m puesto que el bombeo saldrá de la base de la cisterna. (Imagen 12)

Longitud de la línea de conducción reservorio – tanque = 1693.83m

CMD<sub>trinidad</sub> para cálculo de bomba = 1.45l/s proyectado al 2028 (tabla 24)

Horas de bombeo = 16 horas

Q<sub>diseño</sub> = (24/16) \* 1.85 = 2.775 l/s = 34.478 Gpm

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

Para el diseño del equipo de bombeo se realizaron los siguientes cálculos:

➤ **Diámetro de descarga**

Aplicando la ecuación 9 tenemos que el diámetro más económico sería:

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

$$D = 0.9(0.002775\text{m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.0636\text{m} \approx 6.36\text{cm} \approx 2.504\text{pulg} = 2.5 \text{ pulg}$$

➤ **Carga Total Dinámica (CTD)**

• **Nivel Más bajo de Bombeo.**

$$NB = 0 \text{ m}$$

• **Diferencia Estática  $\Delta E$**

$\Delta E = \text{Nivel de Agua en la descarga} - \text{Nivel en la Superficie (cisterna de rebombeo)}$

$$\Delta E = 277\text{m} - 208\text{m}$$

$$\Delta E = 69\text{m}$$

Donde:

Nivel en la descarga = cota del tanque (msnm) + altura tanque

Para efecto de este cálculo asumimos una altura del tanque de 3 m debido a que no hemos determinado las dimensiones reales del tanque.

Altura del tanque = 3 m

Cota del tanque = 274 msnm

Nivel en la descarga = 277 m

• **Perdidas en la columna hf columna**

Debido a que la bomba estará ubicada en la base de la cisterna la pérdida en la columna es nula.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

- **Perdidas en la descarga hf descarga**

Considerando una tubería con un diámetro  $\varnothing_{descarga} = 2.5''$  y tomando en cuenta los datos de la Tabla 8 tenemos que las pérdidas por longitud equivalente de los accesorios son las siguientes:

Accesorio	Cantidad	Longitud equivalente (m)	Total (m)
C-90° de radio mediano	1	1.4	1.4
Válvula de compuerta, VC liviano	1	0.4	0.4
Válvula de retención, VR liviano	1	4.2	4.2
Tee paso directo	1	1.1	1.1
Medidor	1	10	10
C-90° de radio corto	5	1.7	1.7
Salida al tanque	1	1.5	2.2
<b>Pérdidas Totales</b>			<b>20.3</b>

Tabla 27: Perdidas por longitud equivalente

Fuente: Elaboración propia. (Tabla 8 de este documento)

Según tabla de pérdidas por longitud equivalente será de 20.3m entonces tendremos:

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

$$L_{real} = 20.3m + 1693.83m$$

$$L_{real} = 1714.13m$$

$$hf_{descarga} = 10.674 \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} \left( \frac{L_{real}}{\varnothing^{4.87}} \right)$$

$$hf_{descarga} = 10.674 \left( \frac{0.002175m^3/s}{130} \right)^{1.852} \left( \frac{1714.13m}{(0.0636m)^{4.87}} \right)$$

$$hf_{descarga} = 17.65\ m$$

Aplicando la ecuación 13 tenemos:

$$CTD = NB + \Delta E + hf_{columna} + hf_{descarga}$$

$$CTD = 0\ m + 69\ m + 0.0\ m + 17.65\ m + 2\ m$$

$$CTD = 88.65\ m \approx 290.77\ pies$$

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

➤ **Potencia de la bomba**

$$P_B = \frac{Q * CTD}{3960 * 0.60}$$

$$P_B = \frac{(34.478 \text{ gpm})(290.77 \text{ pies})}{3960 * 0.60}$$

$$P_B = 4.22 \text{ HP}$$

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

Caudal    34.478 Gpm  
 CTD        290.77 Pies

Como referencia se utilizó el catálogo de bombas sumergibles BARNES, resultando la elección de la bomba 4SP 4015 para caudales de operación de hasta 50 Gpm, las características del equipo de bombeo se indican a continuación:

Características de la bomba						
Tipo de Bomba		Acoplamiento		Temperatura máx. liquido		
Centrifuga		Monobloque		70 ° C (158° F) continua		
Modelo		Ref.	Ø Descarga	Etapas	H máx. (mca)	Q máx. (gpm)
1	4SP 4015	E0309	2.5”	15	125	50

Tabla 28: Características de la bomba. (Reservorio – tanque)

Fuente: Elaboración propia. Ficha técnica de bombas sumergibles BARNES.

➤ **Potencia del motor**

$$P_M = 1.15 * P_B$$

$$P_M = 1.15 * 4.22\text{HP}$$

$$P_M = 4.853\text{HP}$$

Comercialmente se utilizara un equipo de 5 Hp

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

Características del motor		
Alimentación	Velocidad (rpm)	
Eléctrica monofásica	3,600 (nominal)	
Potencia min. Requerida (hp)	Fases	Voltaje
5.0	1	220

Tabla 29 Características del motor (Reservorio – Tanque)

Fuente: Elaboración propia. Ficha técnica de bombas sumergibles BARNES

Nota: (Ver gráfico de curva de rendimiento en anexos.)

#### **9.4.5 Diseño hidráulico de la línea de conducción.**

La línea de conducción que parte de la estación de bombeo unificado de Trinidad Central con la comarca de Cuajachillo #2 será de tubería de PVC SDR 26, con una longitud de 10 metros, esta conducirá el agua hacia el Cisterna donde se hará la derivación hacia los tanques de almacenamiento de ambas comunidades.

La línea que partirá del reservorio hacia el tanque de almacenamiento será de tubería (PVC-SDR-26) con diámetro de dos pulgadas y una longitud de 1693.83 metros lineales.

##### **➤ Velocidad**

Aplicando la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{4Q}{\pi\phi^2}$$
$$V = \frac{4(0.002775 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi(0.0636 \text{ m})^2}$$
$$V = 0.874 \text{ m/s}$$
$$0.6 \text{ m/s} < 0.874 \text{ m/s} < 2.0 \text{ m/s}$$

La velocidad está dentro de los límites establecidos en los parámetros para controlar el efecto del golpe de ariete.

➤ **Golpe de ariete**

Para el cálculo del golpe de ariete, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros calculados a continuación:

- Cálculo de altura geométrica

Aplicamos la ecuación 22

$$\begin{aligned} Hg &= (274 + 2.20) - 208 \\ Hg &= 68.2 \end{aligned}$$

- Cálculo de altura manométrica.

Aplicamos la ecuación 23

$$\begin{aligned} Hm &= 68.2 \text{ m} + 17.65 \text{ m} \\ Hm &= 85.85 \text{ m} \end{aligned}$$

- Calculo de pendiente

Aplicamos la ecuación 24

$$\begin{aligned} P &= \frac{85.85 \text{ m}}{1693.83 \text{ m}} \\ P &= 0.051 \text{ m} \end{aligned}$$

Cuando la longitud > 1500 entonces K = 1

Cuando la pendiente < 0.2 entonces a = 1

- Cálculo de tiempo de parada

Aplicando ecuación 25

$$\begin{aligned} T &= 1 * \frac{1 * 1693.83 \text{ m} * 0.874 \text{ m/s}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 85.85 \text{ m}} \\ T &= 1.76 \text{ seg} \end{aligned}$$

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

- Cálculo de celeridad

Aplicando ecuación 26 y usamos el valor de k para tubería plásticas de la tabla 11 y un espesor de la tubería de 2.31mm.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 \frac{0.0635 \text{ m}}{0.00231 \text{ m}}}}$$
$$a = 424.81 \text{ m/s}$$

- Cálculo de Longitud Crítica

Aplicando ecuación 27:

$$Lc = \frac{424.81 \frac{m}{s} * 1.76 \text{ s}}{2}$$
$$Lc = 373.833 \text{ m}$$

- Si Longitud < longitud crítica; entonces la impulsión es corta, cierre lento.
- Si Longitud > longitud crítica; entonces la impulsión es larga, cierre rápido

1693.83 m > 373.833 m, entonces la impulsión es larga, corresponde a cierre rápido

- Cálculo de sobrepresión ecuación de Allievi

Aplicamos ecuación 28

$$\Delta H = \frac{373.833 \text{ m} * 0.874}{9.81 \frac{m}{s^2}}$$
$$\Delta H = 33.31 \text{ m}$$

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

- Cálculo de presión máxima

Aplicamos ecuación 29

$$P_{max} = 68.2 \text{ m} + 33.31 \text{ m}$$

$$P_{max} = 101.51 \text{ mca}$$

Por esta razón recomendamos usar tubería PVC SDR 26 ya que esta resiste presiones de 112 mca >  $P_{max} = 101.51 \text{ mca}$

#### **9.4.6 Tratamiento y desinfección**

##### **➤ Desinfección.**

El agua para el consumo humano debe de estar exenta de cualquier organismo patológico que pueda causar brotes de enfermedades de origen hídrico, según el estudio fisicoquímico previamente realizado a la fuente de abastecimiento del sistema propuesto se deberá desinfectar el agua mediante un tratamiento físico o químico, esto para garantizar la calidad del agua .

Existen mucho químicos utilizados en el proceso de desinfección, pero considerando la opción más factible y que cumpla con los requerimientos técnicos para garantizar un limpia, se utilizara cloro. El cual tiene excelentes propiedades oxidantes y efecto residual para eliminar contaminantes posteriores.

Comúnmente en acueductos ubicados en áreas rurales, se utiliza el hipoclorito de sodio. Este viene en presentación líquida y tiene un tiempo de almacenamiento recomendado de tres meses, se debe tener cuidado al momento del transporte pero es de fácil manipulación.

##### **➤ Dosificación.**

Se utilizara un sistema de cloración por inyección con hipoclorito de calcio. Diez años después de la puesta en marcha se deberán realizar pruebas en el equipo para corroborar el correcto funcionamiento y dosificación del mismo, si este no cumpliera deberá reemplazarse inmediatamente.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

Siguiendo métodos utilizados por ENACAL en áreas rurales, el sistema constara de un dosificador con capacidad de 10.17 galones por día, para el sistema de cloración (ver tabla 29).

Para la dosificación se contara con un hipoclorador de carga constante que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65%, diluido hasta alcanzar una concentración de solución del 1%. Se debe obtener una concentración residual de 0.1 mg/lit por ello se usara una concentración de cloro activo de 2 mg/ lit.

DOSIFICACION CON HIPOCLORITO DE CALCIO							
DOSIS PROMEDIO		CONCENTRACION COMERCIAL			CONCENTRACION SOLUCION		
d = 2.00 mg/lit		Cc = 0.65			0,01		
Año	CMD	Vol. De cloro	Vol Hipoclorito de Calcio		Vol. De Solución		Dosificación
	gpm	lb/día	lb/día	gr/día	lt/día	gpd	Gotas/Min
	i	ii	iii	iv	v		vi
		$0.012 \cdot i \cdot d$	ii/Cc	$iii \cdot 1000 / 2.2$	$iv / 1000 \cdot 100$		$v \cdot 1000 \cdot 13 / 24 / 60$
2016	17,05	0,41	0,63	286,20	28,62	7,56	258,37
2017	17,48	0,42	0,65	293,35	29,34	7,75	264,83
2018	17,92	0,43	0,66	300,69	30,07	7,94	271,45
2019	18,36	0,44	0,68	308,20	30,82	8,14	278,24
2020	18,82	0,45	0,69	315,91	31,59	8,35	285,20
2021	19,29	0,46	0,71	323,81	32,38	8,55	292,33
2022	19,78	0,47	0,73	331,90	33,19	8,77	299,63
2023	20,27	0,49	0,75	340,20	34,02	8,99	307,12
2024	20,78	0,50	0,77	348,70	34,87	9,21	314,80
2025	21,30	0,51	0,79	357,42	35,74	9,44	322,67
2026	21,83	0,52	0,81	366,36	36,64	9,68	330,74
2027	22,37	0,54	0,83	375,52	37,55	9,92	339,01
<b>2028</b>	<b>22,93</b>	<b>0,55</b>	<b>0,85</b>	<b>384,90</b>	<b>38,49</b>	<b>10,17</b>	<b>347,48</b>
2029	23,51	0,56	0,87	394,53	39,45	10,42	356,17
2030	24,09	0,58	0,89	404,39	40,44	10,68	365,07
2031	24,70	0,59	0,91	414,50	41,45	10,95	374,20
2032	25,31	0,61	0,93	424,86	42,49	11,22	383,56
2033	25,95	0,62	0,96	435,48	43,55	11,51	393,15
2034	26,60	0,64	0,98	446,37	44,64	11,79	402,97
2035	27,26	0,65	1,01	457,53	45,75	12,09	413,05
2036	27,94	0,67	1,03	468,97	46,90	12,39	423,37
2037	28,64	0,69	1,06	480,69	48,07	12,70	433,96
<b>2038</b>	<b>29,36</b>	<b>0,70</b>	<b>1,08</b>	<b>492,71</b>	<b>49,27</b>	<b>13,02</b>	<b>444,81</b>

Tabla 30: dosificación con hipoclorito de calcio.

Fuente: Elaboración propia.

#### 9.4.7 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

Se utilizara un tanque sobre suelo para el almacenamiento de agua, este estará ubicado en la cota más alta según la topografía del terreno (cota 274), con las coordenadas 12°07'26” Latitud norte y 86°23'19” Longitud oeste.

##### ➤ Volumen del tanque

Para el dimensionamiento del tanque se tomó en cuenta un volumen de reserva (20% CPDT) y agregársele el volumen de compensador (15 %CPDT), teniendo el valor de CPDT = 1.23 l/s, esto se hizo para considerar cualquier eventualidad que pueda darse. Además se aplicó el factor de bombeo que en este caso se refiera a 16 horas.

Tenemos entonces CPDT = (24/16) \* 1.23 l/s = 1.845 l/s = 159.408 m<sup>3</sup>/d

Según normativa rural en una población menor a 5000 habitantes no se considerara caudal de incendio.

$$\text{Vol. Total} = 35\% \text{CPDT}$$

$$\text{Vol. Total} = 0.35(159.41 \text{ m}^3/\text{dia})$$

$$\text{Vol. Total} = 55.7935 \text{ m}^3$$

##### ➤ Altura del tanque

De la tabla 12, se determina que la constante de la capacidad de almacenamiento del tanque es k = 2. Aplicando la ecuación 33, para determinar la altura económica tenemos:

$$h = \frac{55.794 \text{ m}^3}{\frac{100}{3}} + 2$$

$$h = 2.19 \text{ m}$$

La altura hasta la tubería de reboce será de 2.20m, para una altura total de la estructura de 2.70m, tomando un borde libre de 0.50 metros, esto sin afectar la estabilidad de la estructura.

➤ **Cálculo de la base del tanque**

$$r = \sqrt{\frac{\text{Vol}}{\pi h}}$$
$$r = \sqrt{\frac{55.794 \text{ m}^3}{\pi * 2.20 \text{ m}}}$$
$$r = 2.841 \text{ m}$$

El depósito final tendrá una altura de reboce de 2.70 metros y Diámetro de 5.70 metros.

#### **9.4.8 Análisis hidráulico de la red de distribución (EPANET)**

Todas las simulaciones se realizaron considerando lo siguiente:

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

El modelo hidráulico consta de 16 nodos, el alto nivel de sinuosidad de las calles y las pendientes poco uniformes, hizo necesario la colocación de nodos ocasionalmente cercanos, que permitan un mayor control de las características de interés (presiones y velocidades).

➤ **Caudales nodales.**

En la siguiente tabla se muestran los caudales nodales de la red de distribución simulada en Epanet, se realizó el análisis por medio de este software ya que las casas están dispersas sin orden de lotificación y no se puede hacer un análisis por longitud, densidad o por área.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

CASAS	HAB	HAB	CASAS	DOT MEDIA	PERDIDAS	COMER E INST	CAUDAL NODAL	NODO EN EPANET
3	17	30	5	0,0208	0,00642	0,01125	0,0963	1
20	116	200	34	0,1389	0,03003	0,01125	0,4505	2
11	64	110	19	0,0764	0,01753	0,01125	0,2630	3
5	29	50	9	0,0347	0,00920	0,01125	0,1379	4
16	93	160	27	0,1111	0,02448	0,01125	0,3672	5
11	64	110	19	0,0764	0,01753	0,01125	0,2630	6
7	41	70	12	0,0486	0,01197	0,01125	0,1796	7
6	35	60	10	0,0417	0,01059	0,01125	0,1588	8
8	46	80	14	0,0556	0,01336	0,01125	0,2005	9
8	46	80	14	0,0556	0,01336	0,01125	0,2005	10
7	41	70	12	0,0486	0,01197	0,01125	0,1796	11
6	35	60	10	0,0417	0,01059	0,01125	0,1588	12
6	35	60	10	0,0417	0,01059	0,01125	0,1588	13
4	23	40	7	0,0278	0,00781	0,01125	0,1171	14
4	23	40	7	0,0278	0,00781	0,01125	0,1171	15
8	46	80	14	0,0556	0,01336	0,01125	0,2005	16
<b>130</b>	<b>755</b>	<b>1300</b>	<b>223</b>	<b>0,9030</b>	<b>0,21660</b>	<b>0,18</b>	<b>3,25</b>	

Tabla 31: Distribución de caudal nodal.

Fuente: Elaboración propia.

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

**Red de distribución:** en la siguiente ilustración se presenta el modelo de red que se estará proponiendo para el sistema de abastecimiento de agua potable trinidad central a nivel de pre factibilidad.

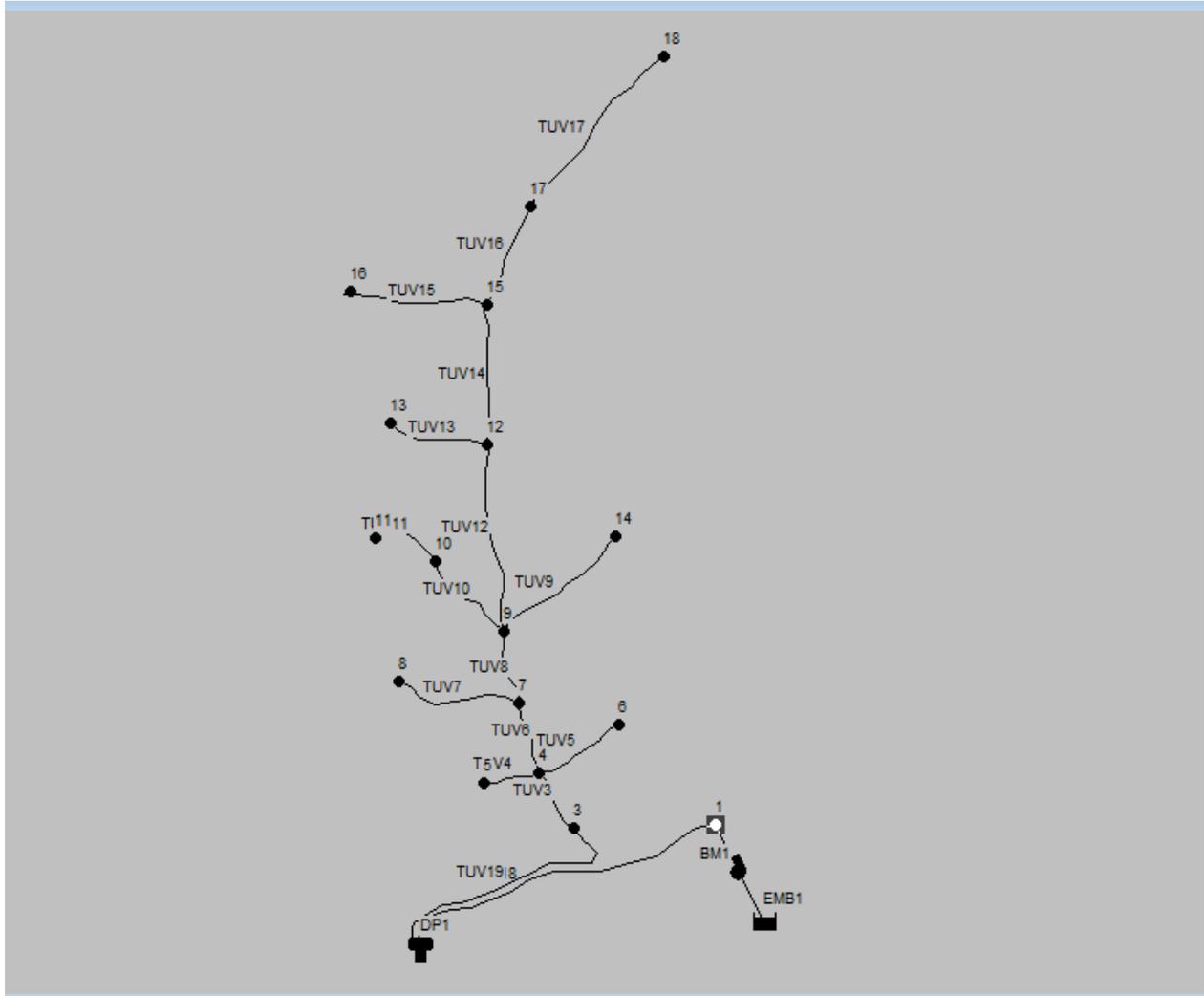


Imagen 13: plano de red de distribución de agua potable  
Fuente: Elaboración propia (programa Epanet)

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

**Red de distribución, presiones:** en la siguiente imagen de la simulación de la red en un régimen estático mediante el programa epanet, se logra apreciar que las presiones se encuentran en el rango permisible de normas, menor a 50 mca y 5 mca.

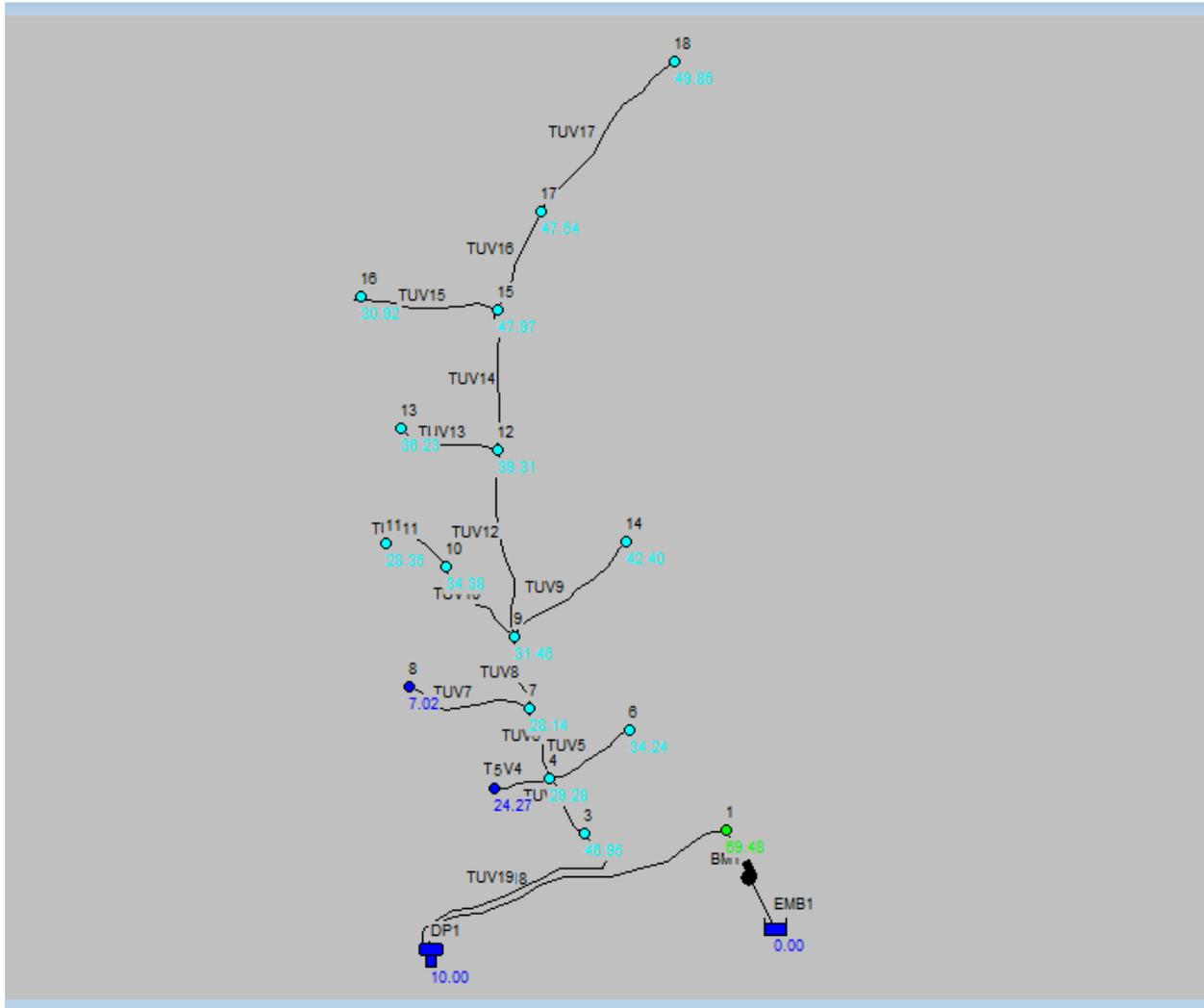


Imagen 14: Plano de red de distribución de abastecimiento de agua potable en régimen permanente (presiones del sistema)

Fuente: Elaboración propia (programa Epanet)

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

**Red de distribución, velocidades:** En la siguiente lamina se presentan las velocidades en la red de distribución, según normativa se deberían encontrar entre el rango de 0.2 y 2 m/s, en los nodos en los que la demanda es mínima este parámetro no se cumple, pues se utilizó un diámetro económico de 2 “ para toda la red de distribución.

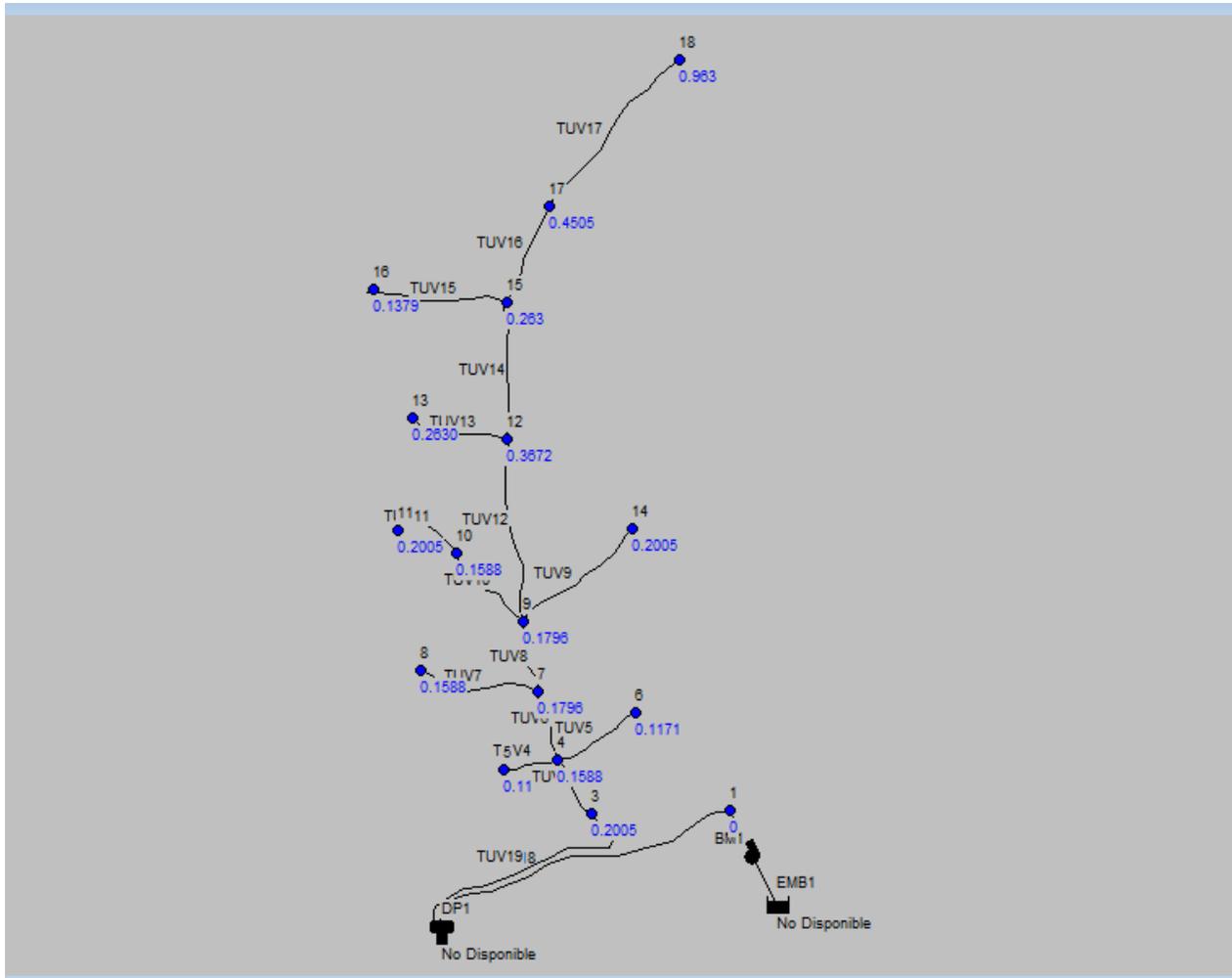


Imagen 15: Plano de red de abastecimiento de agua potable régimen permanente (demanda base)  
Fuente: Elaboración propia (programa Epanet)



**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

**Red de distribución, demanda base:** en la siguiente lamina se muestra lo que es la demanda base del sistema de abastecimiento de agua potable.

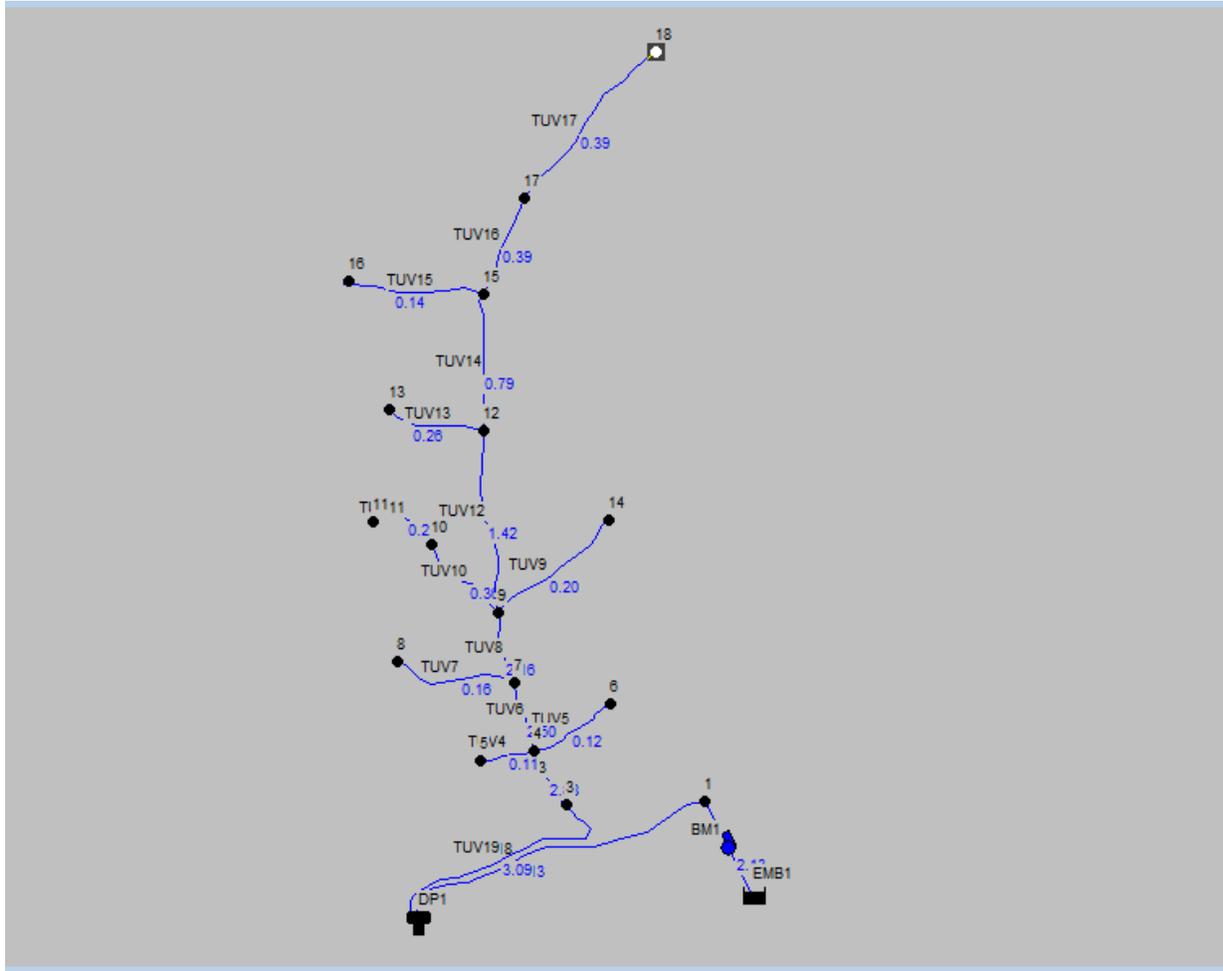


Imagen 17: Plano de red de sistema de abastecimiento de agua potable régimen permanente (caudales nodales)  
Fuente: Elaboración propia (programa Epanet)

## **X. Capítulo III. Costo aproximado de la Obra.**

Las obras comprendidas dentro del proyecto a nivel de prefactibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en la comarca trinidad central han sido presupuestadas a fin de tener su costo real. Los costos directos comprenden los rubros de costos de materiales, mano de obra, transporte y equipo, utilizando para ello costos unitarios que prevalecen en la industria de la construcción de obras horizontales.

### **Costo y presupuesto**

Uno de los puntos más importante para un proyecto es su costo de ejecución. Este determinara la rentabilidad del proyecto, este presupuesto cubre lo que son los gastos de transporte, mano de obra y equipo todo esto viene formando lo que se conoce como costos indirectos.

Es importante mencionar que todos estos costos se determinaron teniendo como base el convenio de la construcción para la mano de obra y los costos unitarios de los materiales se tomaron por medio de cotizaciones de proveedores, que lo facilitaron

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>1</b>	<b>RED DE ABASTECIMIENTO TRINIDAD CENTRAL</b>				<b>340.536,02</b>
<b>1,1</b>	<b>PERFORACION DE POZO</b>				<b>89.016,00</b>
1.1.1	perforacion de pozo de abastecimiento de agua potable	pies	480,00	185,45	89.016,00
<b>1,2</b>	<b>ESTACION DE BOMBEO</b>				<b>48.281,01</b>
1.2.1	manometro de acero inoxidable de 4" presion de 200psi	c/u	1,00	56,56	56,56
1.2.2	sarta de bombeo de HoGo de 4" con medidor maestro	c/u	1,00	3.550,02	3.550,02
	valvula de compuerta de 2.5"	c/u	2,00	315,30	630,60
1.2.3	valvula de compuerta de 4"	c/u	1,00	360,44	360,44
1.2.4	suministro e instalacion de tuberia para succion HoFo de 4"	mt	371,23	84,60	31.406,06
1.2.5	bomba con motor sumergible de 5 HP	c/u	1,00	2.353,46	2.353,46
1.2.6	bomba con motor sumergible de 20 HP	c/u	1,00	2.910,75	2.910,75
1.2.7	hipoclorador plastico de 10.17 galones	c/u	1,00	185,51	185,51
1.2.8	caseta de control de mamposteria reforzada	c/u	1,00	6.827,61	6.827,61
<b>1,3</b>	<b>CISTERNA DE ALMACENAMIENTO (CONCRETO REFORZADO DE 4000PSI)</b>				<b>9.447,80</b>
1.3.1	Trazo y Nivelacion	m2	25,00	0,71	17,75
1.3.2	Excavación	m3	5,00	7,74	38,70
1.3.3	Peldaño de acero inoxidable	c/u	8,00	18,79	150,32
1.3.4	Acero de refuerzo	kg	1.332,60	2,20	2.931,72
1.3.5	Formaleta	m2	65,00	17,19	1.117,35
1.3.6	Concreto 4000 psi + aditivo impermeabilizante plastocrete DM	m3	17,72	293,00	5.191,96

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

<b>1,4</b>	<b>LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO A TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>				<b>52.203,14</b>
1.4.1	Trazo y Nivelacion	m2	1.355,06	0,71	962,09
1.4.2	Excavación	m3	1.761,58	7,74	13.634,63
1.4.3	Instalacion de Tuberia PVC SDR 26 de 2.5" con sus accesorios	ml	1.693,83	12,23	20.715,54
1.4.4	relleno y conformacion	m3	1.693,83	8,85	14.990,40
1.4.5	desalojo de material sobrante	m3	508,15	3,74	1.900,48
<b>1,5</b>	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>				<b>5.228,92</b>
1.5.1	Trazo y Nivelacion	m2	10,18	0,71	7,23
1.5.2	Excavación	m3	2,04	6,14	12,53
1.5.3	Acero de refuerzo	kg	240,00	2,20	528,00
1.5.4	Formaleta	m2	64,34	17,19	1.106,00
1.5.5	Concreto 3000 psi + aditivo impermeabilizante plastocrete DM	m3	12,00	279,27	3.351,24
1.5.6	Peldaño de acero inoxidable	c/u	10,00	18,79	187,90
1.5.7	Relleno y compactación con material de sitio	m3	4,07	8,85	36,02
<b>1,6</b>	<b>LINEA DE CONDUCCION POR GRAVEDAD</b>				<b>136.359,15</b>
1.6.1	Trazo y Nivelacion	m2	3.691,06	0,71	2.620,65
1.6.2	Excavación	m3	4.798,37	6,14	29.461,99
1.6.3	Instalacion de Tuberia PVC SDR 26 de 2.5" con sus accesorios	ml	4.613,83	12,23	56.427,14
1.6.4	relleno y conformacion	m3	4.798,37	8,85	42.465,57
1.6.5	desalojo de material sobrante	m3	1.439,52	3,74	5.383,80

<b>Consideramos en el diseño que la comunidad Cuajachillo 2 pagara la mitad del valor del pozoy la cisterna de rebombeo</b>	<b>68.373,82</b>
<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS (CD)</b>	<b>340.536,02</b>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>203.788,39</b>
<b>IVA, (15% DELSUB - TOTAL 1)</b>	<b>30.568,26</b>
<b>PRECIO TOTAL CON IVA</b>	<b>234.356,65</b>

**XI. Capítulo IV. Elaboración de planos Constructivos.**

## **XII. Conclusiones.**

Se realizó el diagnóstico del sistema actual de agua potable en la comarca Trinidad Central, y se determinó que está obsoleto, y representa un gran riesgo de salud para sus habitantes. Se encontró que el principal problema en el funcionamiento adecuado del sistema es debido a que la bomba de succión no posee la capacidad para abastecer la demanda actual de la comunidad, sumado a esto, el tanque de almacenamiento se encuentra en una posición desfavorable y no tiene la capacidad de vencer las presiones necesarias para llevar el suministro de agua hasta los hogares, por tanto se concluyó que es urgente realizar un sistema de aprovisionamiento de agua potable moderno y con capacidad para abastecer a la comunidad de Trinidad Central por los próximos 20 años.

Se propuso el diseño hidráulico de un sistema de abastecimiento de agua potable nuevo y con capacidad de producción para que la comunidad goce del servicio las 24 horas del día.

Se determinó el costo aproximado de la obra, tomando en cuenta el maestro de costo del Nuevo Fise, el cual se calculó en 234.356,65 dólares.

Se presentaron los planos constructivos a detalle para la realización de la obra.

### **XIII. Recomendaciones.**

Se recomienda la realización del levantamiento topográfico con el equipo adecuado, (Estación Total) para tener mayor precisión y exactitud para fines constructivos.

Garantizar la profundidad mínima de la línea de distribución (1.2m) para evitar daños al sistema por cargas de vehículos pesados.

Realizar una revisión del equipo de cloración diez años después de la puesta en marcha de la red de distribución para verificar las dosificaciones.

#### **XIV. Bibliografía.**

Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado, ENACAL (1999). *Manual de Normas y Procedimientos Técnicos Para la Implementación de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento en el Sector Rural Disperso de Nicaragua*. Nicaragua.

Fondo de Inversión Social de Emergencia, FISE (2007). *Manual de Administración del Ciclo de Proyecto Municipal (MACPM), Capítulo II: Pre-inversión*. Nicaragua.

Fondo de Inversión Social de Emergencia, FISE (2007). *Manual de Administración del Ciclo de Proyecto Municipal (MACPM), Capítulo VII: Agua y Saneamiento Rural*. Nicaragua.

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

Llorens, Pilar. (Enero-abril, 2003), pp. 1-4 *La evaluación y modelización del balance hidrológico a escala de cuenca. Ecosistemas, vol. XII, núm. 1*, Asociación Española de Ecología Terrestre. Alicante, España

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

Organización Panamericana de la Salud, OPS (2004). *Guía de diseño para líneas de conducción e Impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural*. Lima.

Organización Panamericana de la Salud, OPS (2005). *Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua*. Lima.

Organización Panamericana de la Salud, OPS (2006). *Criterios básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos rural y de pequeñas ciudades*. Lima.

Piura, López, J. (2008). *Metodología de la investigación científica. Sexta edición*. Managua, Nicaragua: Xerox.

“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”

XV. Anexos.

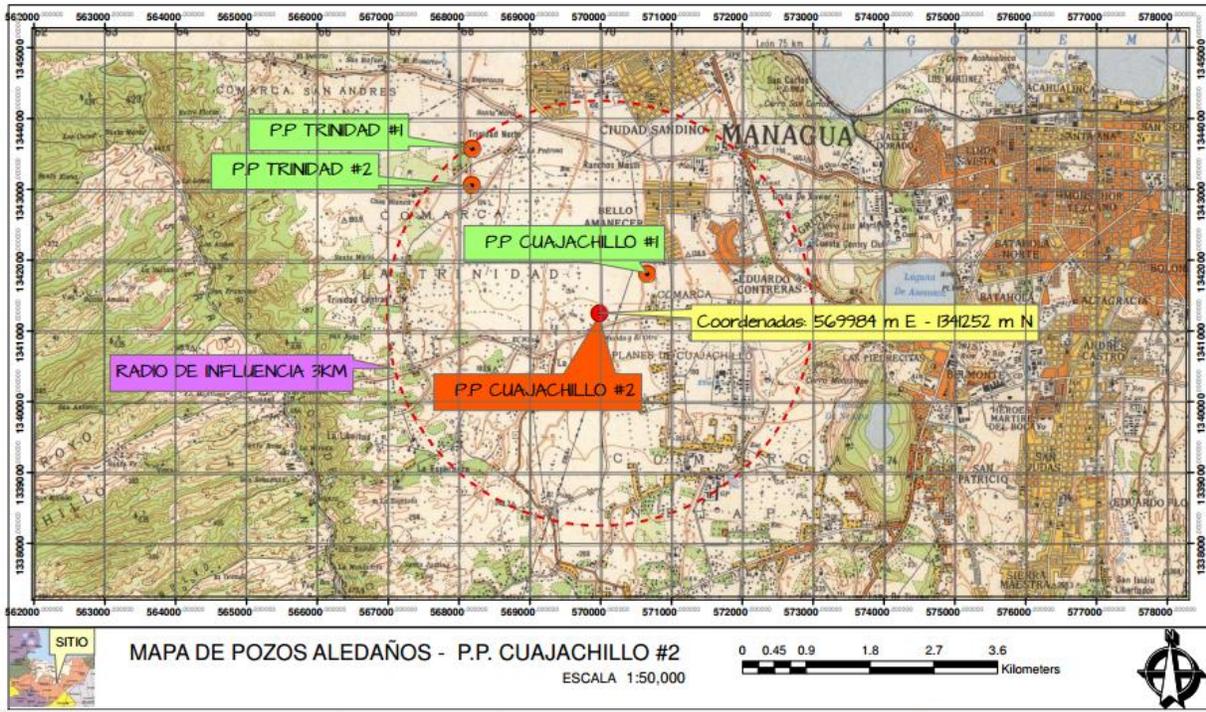


Imagen 18 Mapa de pozos aledaños.

Fuente: JEYASA

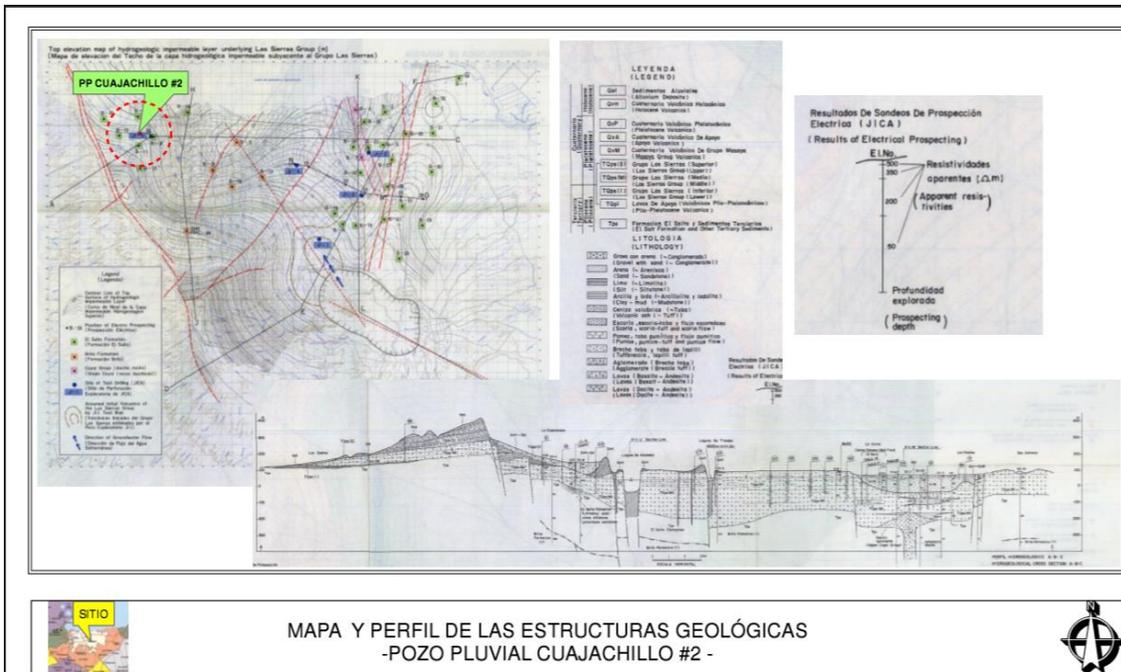


Imagen 19 Mapa y perfil de las estructuras geológicas

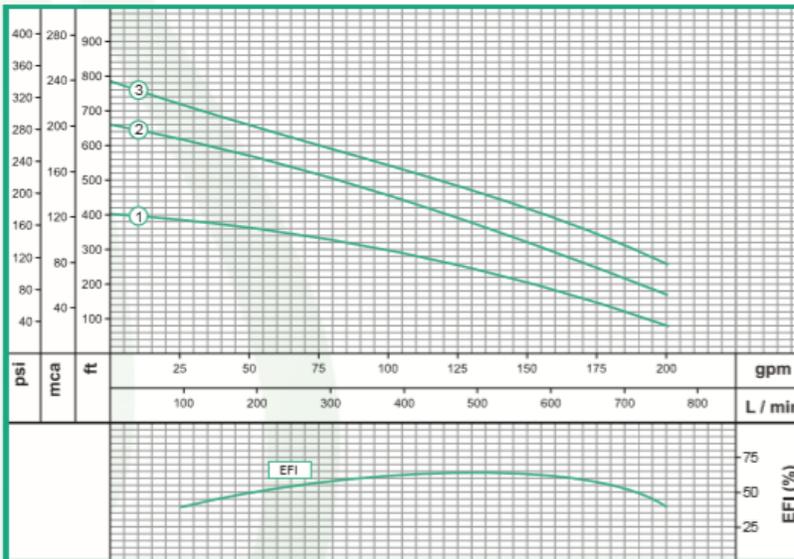
Fuente: JEYASA

**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

Características de la bomba						Características del motor		
Tipo de bomba		Acoplamiento		Temperatura máx. líquido		Alimentación		Velocidad (rpm)
Centrífuga		Monobloque		70°C (158°F) Continua		Eléctrica		3.600 (nominal)
Modelo	Ref.	Ø Descarga	Etapas	H máx. (mca) *	Q máx. (gpm) **	Potencia mín. requerida (hp)	Fases	Voltaje
1	6SP 30A08	E0319	3"	8	122	15,0	3	220
2	6SP 30A11	E0320	3"	11	201	20,0	3	220
3	6SP 30A15	E0321	3"	15	237	30,0	3	220

\* La altura (H) máxima se logra con la válvula totalmente cerrada. (mca= metros columna de agua).  
 \*\* El caudal (Q) máximo se logra con la válvula totalmente abierta. (gpm= galones por minuto).

**Curva de rendimiento**



**Aplicaciones**

Uso doméstico  
 Sector agrícola  
 Industria  
 Construcción  
 Institucional

- Aprovechamiento de aguas limpias
- Bombeo de aguas limpias sin cuerpos abrasivos
- Extracción de agua en pozos profundos
- Llenado de tanques elevados
- Llenado tanque bajo-tanque alto
- Recirculación de agua en piscinas
- Riego por aspersión

Imagen 20 Curva de rendimiento del equipo de bombeo (Pozo – Reservorio)

Fuente: ficha técnica BARNES

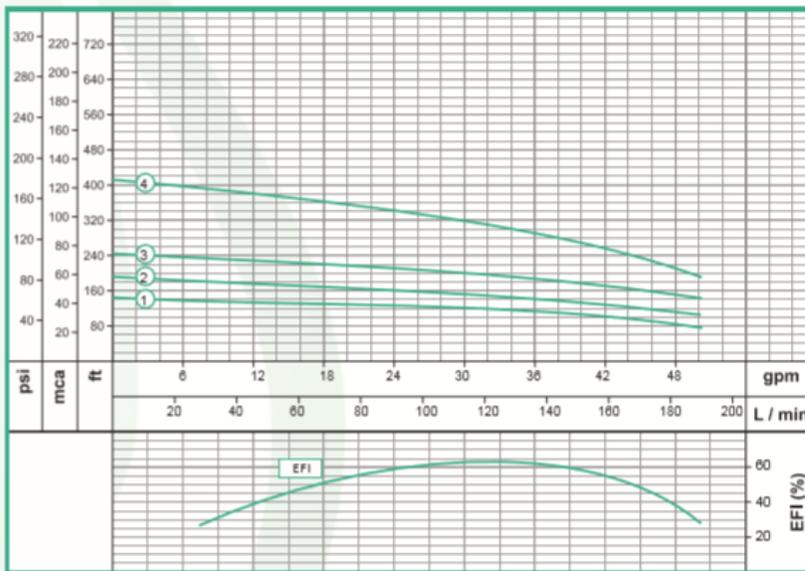
**“Propuesta de Diseño Hidráulico a nivel de pre-factibilidad de un Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en la comarca Trinidad Central, municipio Ciudad Sandino, departamento Managua”**

Características de la bomba						
Tipo de bomba	Acoplamiento		Temperatura máx. líquido			
Centrífuga	Monobloque		70°C (158°F) Continua			
Modelo	Ref.	Ø Descarga	Etapas	H máx. (mca) *	Q máx. (gpm) **	
1 4SP 4005	E0306	2"	5	42	50	
2 4SP 4007	E0307	2"	7	60	50	
3 4SP 4009	E0308	2"	9	75	50	
4 4SP 4015	E0309	2"	15	125	50	

Características del motor				
Alimentación		Velocidad (rpm)		
Eléctrica		3.600 (nominal)		
Potencia mín. requerida (hp)	Fases	Voltaje		
1,5	1	3	220	220
2,0	1	3	220	220
3,0	1	3	220	220
5,0	1	3	220	220

\* La altura (H) máxima se logra con la válvula totalmente cerrada. (mca= metros columna de agua).  
 \*\* El caudal (Q) máximo se logra con la válvula totalmente abierta. (gpm= galones por minuto).

**Curva de rendimiento**



**Aplicaciones**

Uso doméstico  
Sector agrícola  
Industria  
Construcción  
Institucional

- Aprovisionamiento de aguas limpias
- Bombeo de aguas limpias sin cuerpos abrasivos
- Extracción de agua en pozos profundos
- Llenado de tanques elevados
- Llenado tanque bajo-tanque alto
- Recirculación de agua en piscinas
- Riego por aspersión

Imagen 21 Curva de rendimiento del equipo de bombeo (Reservorio – Tanque)  
 Fuente: ficha técnica BARNES