



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA**



**Diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria, Distrito de Elías Soplín Vargas, Rioja - 2017**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario**

**AUTORES:**

**John Victor Hans Bances Santamaria**

**Javier Iván Burga Vásquez**

**ASESOR**

**Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna**

**Código N° 6054217**

**Moyobamba – Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA.**



**Diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria, Distrito de Elías Soplín Vargas, Rioja - 2017**

**AUTORES:**

**Bach. John Victor Hans Bances Santamaria**

**Bach. Javier Iván Burga Vásquez**

**Sustentado y aprobado el 21, noviembre 2018, por los siguientes jurados**

.....  
**Lic. Dr. Fabián CENTURIÓN TAPIA**  
Presidente

.....  
**Ing. Alfonso ROJAS BARDÁLEZ**  
Secretario

.....  
**Ing. Juan Carlos ROJAS VÁSQUEZ**  
Miembro

.....  
**Ing. M.Sc. Santiago Alberto CASAS LUNA**  
Asesor

## Declaratoria de Autenticidad

**John Victor Hans Bances Santamaria**, identificado con DNI N° 71115806 y **Javier Iván Burga Vásquez**, identificado con DNI N° 73072263, bachilleres de la Facultad de Ecología, Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria, Distrito de Elías Soplín Vargas, Rioja – 2017.**

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 21 de noviembre del 2018.

  
Bach. **John Victor Hans Bances Santamaria**  
DNI N° 71115806

  
Bach. **Javier Iván Burga Vásquez**  
DNI N° 73072263

Formato de autorización **NO EXCLUSIVA** para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres: BANCES SANTAMARIA JOHN VICTOR HANS	
Código de alumno : 115217	Teléfono: 976768851
Correo electrónico : K-ars-12@hotmail.com	DNI: 71115806

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de: Ecología
Escuela Profesional de: Ingeniería Sanitaria

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título: Diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria, Distrito de Elías Soplin Vargas, Rioja - 2017.
Año de publicación:

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".




Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

14 / 12 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM - T.

\* **Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Formato de autorización **NO EXCLUSIVA** para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	Burga Vásquez Javier Iván		
Código de alumno :	115218	Teléfono:	941888060
Correo electrónico :	javi.burguita@gmail.com	DNI:	73072263

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Sanitaria

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título:	Diseño y simulación hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades de Puerto Bagazañ, Nueva Esperanza y la Victoria, Distrito de Elías Septin Vargas, Rioja- 2017
Año de publicación:	2018

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

  
.....  
Firma del Autor

## 8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

14 / 12 / 2018



.....  
Firma del Responsable de Repositorio  
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso  
Abierto de la UNSM – T.

\* **Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

*Quiero dedicarle este trabajo:*

*A Dios: como ser supremo creador nuestro y de todo lo que nos rodea, por guiar mis pasos y darme la oportunidad de llegar hasta aquí sin desmayar en los problemas que se me presentaban, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.*

*A nuestros padres: quienes fueron el pilar fundamental en nuestra formación y educación, que por su amor y su apoyo incondicional sabiamente nos supieron guiar en la vida, siendo parte de nuestros planes, éxitos, alegrías y tristezas.*

***Javier Iván Burga Vásquez***

***John Victor Hans Bances Santamaría***

## **Agradecimiento**

*Quiero agradecer infinitamente:*

*Agradecemos de todo corazón a nuestra familia por su apoyo incondicional en todo momento, y de manera especial a nuestros queridos padres, por el enorme sacrificio que ellos hicieron y siguen haciendo todos los días por darnos una educación profesional, y por formarnos para ser personas útiles para la sociedad, con principios y valores íntegros, lo cual representa el mayor don y tesoro para nosotros; a nuestra casa de estudio, la “Universidad Nacional de San Martín”, a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Sanitaria, asesores, compañeros de estudio y amigos, quienes sin su ayuda no habiéramos podido realizar esta tesis.*

***Javier Iván Burga Vásquez***

***John Victor Hans Bances Santamaría***

## Índice general

	Pág.
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice general.....	viii
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
 INTRODUCCIÓN.....	 1
 CAPITULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
1.1. Antecedentes.....	3
1.1.1 Internacional.....	3
1.1.2 Nacional.....	5
1.1.3 Regional.....	8
1.2. Bases teóricas.....	11
1.2.1. Fundamentación teóricas de la aplicación de la ingeniería hidráulica .....	11
1.2.1.1. Sistema de abastecimiento de agua.....	11
1.2.1.2. Fuentes de abastecimiento de agua .....	11
1.2.1.3. Captación .....	13
1.2.1.4. Línea de conducción .....	13
1.2.1.5. Reservorio de almacenamiento .....	15
1.2.1.6. Línea de aducción .....	17
1.2.1.7. Redes de distribución.....	17
1.2.2. Fundamentos teóricos de la hidráulica de tuberías.....	19
1.2.3. Población de diseño y demanda de agua .....	26
1.2.4. Watercad.....	28
1.3. Definiciones.....	28
 CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS	
2.1 Materiales.....	30
2.2 Métodos.....	30
2.2.1 Tipo y nivel de investigación.....	30

2.2.2	Diseño de investigación.....	31
2.2.3	Población y muestra.....	32
2.2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	33
2.2.5	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	33

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.	Análisis de calidad del agua de la fuente proyectada .....	35
3.2.	Balance hídrico de la fuente proyectada .....	38
3.3.	Resultado del aforo mensualizado .....	39
3.4.	Sistema de abastecimiento de agua potable .....	40
3.4.1.	Parámetros de diseño .....	40
3.4.2.	Cálculo de los componentes del sistema de agua potable .....	46
3.4.2.1.	Captación tipo manantial de ladera .....	46
3.4.2.2.	Líneas de conducción.....	49
3.4.2.3.	Reservorio .....	54
3.4.2.4.	Calculo de desinfección con hipoclorito de calcio.....	55
3.4.2.5.	Línea de aducción y red de distribución .....	57
3.5.	Análisis e interpretación de resultados .....	61
3.6.	Aplicación de encuestas .....	67
3.6.1.	Resultado de la encuesta realizado en la zona de estudio.....	67
3.7.	Discusión de resultados.....	71
	CONCLUSIONES .....	73
	RECOMENDACIONES .....	75
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
	ANEXOS .....	78

## Índice de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Clases de tuberías PVC y máxima presión .....	14
<b>Tabla 2</b> Tipos de flujos .....	20
<b>Tabla 3</b> Coeficientes de "C" .....	25
<b>Tabla 4</b> Población de las localidades .....	32
<b>Tabla 5</b> Muestras de las localidades calculadas .....	32
<b>Tabla 6</b> Resultados de análisis Físico-Químico .....	35
<b>Tabla 7</b> Resultado de análisis microbiológicos y parasitológicos .....	36
<b>Tabla 8</b> Resultados de análisis de metales pesados .....	37
<b>Tabla 9</b> Balance hídrico mensualizado de la fuente Puerto Bagazán .....	38
<b>Tabla 10</b> Resultado de aforo mensualizado .....	39
<b>Tabla 11</b> Datos de la localidad de puerto bagazán.....	40
<b>Tabla 12</b> Población proyectada de la localidad de puerto bagazán .....	41
<b>Tabla 13</b> Datos de la localidad de nueva esperanza.....	41
<b>Tabla 14</b> Población proyectada de la localidad de nueva esperanza .....	42
<b>Tabla 15</b> Datos de la localidad de la victoria.....	42
<b>Tabla 16</b> Población proyectada de la localidad de la victoria.....	43
<b>Tabla 17</b> Caudales de diseño de la localidad de puerto bagazán .....	44
<b>Tabla 18</b> Caudales de diseño de la localidad de nueva esperanza .....	45
<b>Tabla 19</b> Caudales de diseño de la localidad de la victoria .....	46
<b>Tabla 20</b> Reporte de tuberías (puerto bagazán y nueva esperanza) .....	58
<b>Tabla 21</b> Reporte de presiones (puerto bagazán y nueva esperanza) .....	59
<b>Tabla 22</b> Reporte de tuberías (la victoria) .....	60
<b>Tabla 23</b> Reportes de presiones (la victoria) .....	60
<b>Tabla 24</b> Tabla de frecuencias de presiones de la simulación año 20 .....	61
<b>Tabla 25</b> Tabla de frecuencias de velocidades de la simulación al año 20.....	62
<b>Tabla 26</b> Tabla de frecuencias de presiones de la simulación al año 20 .....	64
<b>Tabla 27</b> Tabla de frecuencias de velocidades de la simulación al año 20.....	65

## Índice de figuras

	Pág.
Figura 1 Sistema de distribución de flujo .....	21
Figura 2 Pérdida de carga en velocidad y presión .....	23
Figura 3 Aforo mensualizado .....	39
Figura 4 Perfil hidráulico de la línea de conducción N°01 .....	51
Figura 5 Perfil hidráulico de la línea de conducción N°02.....	53
Figura 6 Polígono de frecuencias presiones .....	61
Figura 7 Polígono de frecuencia .....	63
Figura 8 Polígono de frecuencia de simulación al año 20 .....	64
Figura 9 Polígono de frecuencia .....	66
Figura 10 Cobertura del sistema de Agua Potable.....	67
Figura 11 principal fuente de abastecimiento de agua potable.....	67
Figura 12 pago de servicio por usar la fuente de agua .....	68
Figura 13 Presión que llega el agua a la vivienda .....	68
Figura 14 Calidad del agua .....	69
Figura 15 Tratamiento de agua antes de consumirla .....	69
Figura 16 Resultado de encuestas sobre el uso del agua .....	70
Figura 17 Cantidad de agua que obtiene la fuente de agua .....	70
Figura 18 Posibles enfermedades que causan al consumir agua .....	71

## Resumen

El propósito del presente trabajo de investigación es contribuir técnicamente, proponiendo criterios de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en zonas rurales de nuestro ámbito regional, teniendo en cuenta las normas nacionales y la experiencia del diseño, construcción, evaluación de proyectos aprobados.

Para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable se realizaron cálculos de hidráulica, complementando con el conocimiento de mecánica de fluidos, estableciéndose como parámetro fijo el número de habitantes a los cuales se les prestará el servicio, determinándose el caudal aproximado que requieren las localidades, y así, poder satisfacer las necesidades domésticas de esas poblaciones. Y, por último, simular el sistema con el programa WaterCAD para poder verificar el funcionamiento del mismo y obtener unos resultados más satisfactorios.

Se desarrolló el diseño hidráulico del sistema de agua potable proponiendo las siguientes componentes para el abastecimiento de agua: captación, línea de conducción, reservorio, línea de aducción, redes de distribución, conexiones domiciliarias, de esta manera contribuyo al desarrollo económico y social de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva esperanza y la Victoria, incrementando el nivel de vida de la población de dichas localidades, además de conseguir que los conocimientos sean puestos en práctica y desarrollar el sentido profesional de la carrera de Ingeniería Sanitaria.

Al finalizar el trabajo se pudo concluir que ejecutándose la propuesta anteriormente mencionada se garantizará la sostenibilidad del servicio de agua potable de los pobladores de las localidades en mención ya que serán abastecidas de agua potable con una cobertura de 100%.

Palabras claves: Sistema de abastecimiento de agua, Caudales de diseño, simulación hidráulica, WaterCAD.

## Abstract

The purpose of this research work is to contribute technically, proposing criteria of design of the system of potable water supply in rural areas of our regional area, taking into account the national norms and the experience of the design, construction, evaluation of approved projects.

For the hydraulic design of the potable water supply system, hydraulic calculations were carried out, complementing with the knowledge of fluid mechanics, establishing as a fixed parameter the number of inhabitants to whom the service will be lent. , determining the approximate flow required by localities, and thus be able to satisfy the domestic needs of these populations. And finally, simulate the system with the program WaterCAD to be able to verify the operation of the same and obtain a more satisfactory results.

The hydraulic design of the potable water system was developed proposing the following components for the water supply: catchment, conduction line, reservoir, adduction Line, distribution networks, domiciliary connections, in this way I contribute to the economic and social development of the towns of Puerto Bagazán, Nueva Esperanza and La Victoria, increasing the standard of living of the population of these localities, as well as getting the knowledge to be put into practice and develop the Professional sense of the sanitary engineering career.

At the end of the work it could be concluded that by executing the aforementioned proposal will guarantee the sustainability of the potable water service of the inhabitants of the localities in mention as they will be supplied with potable water with a coverage of 100 %.

Keywords: Water supply system, design flows, hydraulic simulation, Water CAD.



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación trata sobre el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y simulaciones Hidráulicas de las redes de distribución, a través de los parámetros de diseño, análisis de calidad de la fuente y balance hídrico. Desde este punto de vista, el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable permite mejorar la calidad de vida de las personas.

La falta de acceso al agua potable y alcantarillado es uno de los principales factores que desencadenan o perpetúan la situación de la desnutrición crónica infantil, esta realidad es grave y se presenta con mayor incidencia en las poblaciones rurales. **(MVCS, 2017)**

- En el país, aproximadamente 5 millones de personas no cuentan con agua potable.
- Cerca de 11 millones carecen de alcantarillado y soportan mala calidad de vida.
- Solo el 62% del desagüe captado por las EPS se recicla en plantas de tratamiento.
- Los servicios en agua y saneamiento son insostenibles por insuficiente inversión, graves problemas económicos de los operadores, falta de apoyo estatal y normas legales inadecuadas.

En Lima hay una elevada prevalencia de enfermedades infectocontagiosas producidas por microorganismos que son viabilizados por el agua de consumo humano, es necesario proteger y controlar su calidad mediante la aplicación de requisitos eficaces. Por ello se considera de especial importancia evaluar el estándar nacional de aceptabilidad del agua de consumo humano y proponer criterios para el perfeccionamiento de los mismos. **(Galarraga, 1984)**.

El sistema de abastecimiento de agua actual de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza, es por gravedad, se abastecen del Manantial “Puerto Bagazán”, dicha infraestructura existente fue construida en el año de 1997, por el Fondo de Cooperación para el Desarrollo social FONCODES; es decir a la fecha de la presente evaluación, dicho sistema tiene 21 años de antigüedad; Las estructuras de los componentes se encuentran deterioradas y colmatadas; En la Localidad de la Victoria no cuentan con el servicio de agua potable. Para garantizar la sostenibilidad del servicio se requiere saber: ¿Cómo formular el diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria?

En la investigación se tuvo como hipótesis principal que; Si formulamos un diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria, se garantizara la sostenibilidad del servicio para la población.

La situación que motivó el presente estudio es que en la actualidad en el Perú las zonas rurales no tienen acceso al servicio de agua potable de buena calidad. Por ello, el presente diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria tiene como finalidad de garantizar la sostenibilidad del servicio.

El objetivo principal de la presente investigación fue formular el diseño y simulación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria para garantizar la sostenibilidad del servicio, lo cual se logró mediante los objetivos específicos que son los siguientes: Recolección de datos de campo, Realizar el balance hídrico y el análisis de calidad de agua, Estimar la población futura y diseñar los componentes del sistema abastecimiento de agua potable, Evaluar la simulación hidráulica del diseño de las redes de agua potable con aplicación del WaterCAD y evaluar la sostenibilidad que garantice el servicio del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable a las localidades de Puerto Bagazán, Nueva esperanza y la Victoria.

Este trabajo de investigación está estructurado en tres capítulos, cada uno de los cuales está enfocado en los siguientes aspectos:

Capítulo I: Revisión bibliográfica, contiene los antecedentes, marco teórico y definición de términos.

Capítulo II: Material y métodos, contiene tipo de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnica de recolección y procesamiento de datos.

Capítulo III: Resultados y discusiones, contiene los resultados de los objetivos y las discusiones con respecto a otros trabajos de investigación.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1 Internacional

- **García, C. (2015).** En su tesis “*Diseño del sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Localidad de Tolutla, Veracruz*” en la Universidad Nacional Autónoma de México de México. La tesis llega a las siguientes conclusiones:
  1. El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable se realizó teniendo en cuenta los factores como clima, topografía y materiales de construcción y respetando las especificaciones que recomienda la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).
  2. En el sentido estructural del diseño del tanque de regularización no se tomaron en cuenta las fuerzas hidrodinámicas debido al tamaño del tanque, las cuales por ser muy pequeñas no afectan la integridad de los componentes estructurales, pero en depósitos de mayor volumen es necesario hacer este análisis.
  3. En la red de distribución CONAGUA recomienda que las líneas secundarias deben tener un mínimo de 2” pulgadas de diámetro, pero en la presente tesis se muestra que esta recomendación no aplica en este trabajo de investigación ya que al realizar las simulaciones se observa que las velocidades serían muy bajas o nulas, lo cual hizo cambiar el diámetro 3/4” de pulgada y de 1/2” en las tomas.
- **Alvarado, P. (2013),** en su tesis “*Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio san Vicente, Parroquia Nambacola, Canton, Gonzanama*” en la universidad Técnica Particular de Loja de Ecuador. Se propuso como objetivos, Realizar el estudio y diseño del sistema de abastecimiento de agua para la población de San Vicente del Cantón Gonzanamá, Provincia de Loja. Y Calcular y establecer criterios de diseño para el sistema de agua potable, Analizar física, química y bacteriológicamente el agua de la captación y aforar la fuente de abastecimiento. Su estudio concluyo que, Con el buen uso y mantenimiento adecuado del proyecto, se beneficiará a las futuras generaciones. La línea de aducción del sistema de abastecimiento de agua potable se diseñó con tubería

de Poli cloruro de vinilo (PVC) de diámetro de 1" (32 mm), la velocidad se encuentra en el rango recomendados por la normativa ecuatoriana de 0.45 – 2.5 m/s. El aporte principal al trabajo de investigación, es que al construirse la herramienta fundamental para la ejecución o construcción, será posible implementar un sistema de abastecimiento para la comunidad de San Vicente, que cumpla las condiciones de cantidad y calidad y de esta manera garantizar la demanda en los puntos de abastecimiento y la salud para los moradores de este sector.

- **Batres, J. y Flores, D. (2013).** En su tesis *“Rediseño del sistema de abasteciendo de Agua potable y Diseño del Alcantarillado sanitario y de aguas lluvias para el municipio de san Luis del Carmen, departamento de Chatemango”* en la Universidad del Salvador de Argentina. Se propuso como objetivos, Realizar los estudios necesarios para el diseño de la red de abastecimiento de agua potable, y aguas lluvias de la zona urbana del municipio de San Luis del Carmen, Diseñar las obras necesarias en base a los estudios realizados para un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable que brinde un mejor servicio a la población del municipio. El estudio concluyo. La obra de captación existente debe ser mejorada, por lo que se debe realizar limpieza general al predio donde se encuentran las cajas, incluyendo el interior de las captaciones y tuberías que conectan entre ellas, resanes a las estructuras de las captaciones, cerco perimetral, entre otras evitar el ingreso de agentes contaminantes al agua; además de reforestar los terrenos aguas arriba y protegerlos evitando el uso de cualquier tipo de pesticidas o herbicidas. Del mismo modo se recomienda preservar con pintura las estructuras existentes y dotar las cajas de visita de tapaderas sanitarias que impidan el ingreso de cualquier contaminante. El Aporte principal de la investigación, La determinación de la Intensidad de diseño se hizo para un periodo de retorno de 25 años, ya que el proyecto se encuentra en la zona rural de nuestro país; la inversión que se hará se proyecta que sea la más necesaria, es por esto que se determinó un periodo lo suficientemente grande para no incurrir al rediseño del sistema de drenaje de aguas lluvias.

### 1.1.2 Nacional

- **Poma, V. y Soto, J. (2016).** En su tesis “Diseño de un Sistema de Abastecimiento de agua potable del caserío de la Hacienda – Distrito de Santa rosa – Provincia de Jaén - Departamento de Cajamarca” en la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo. La tesis llega a las siguientes conclusiones:
  1. Diseño hidráulico de la línea de conducción, Aducción y red de distribución del caserío La Hacienda, aplicando el programa de WaterCAD. Obteniendo la longitud total de tubería diámetro.
    - Longitud de Tuberías.
      - Línea de conducción: 139.14 metros
      - Línea de Aducción: 550.02 metros
      - Red de Distribución: 889.55 metros
    - Diámetro de Tuberías.
      - Línea de Conducción: 3/4”
      - Línea de Aducción: 1 1/2”
      - Red de Distribución: Varía entre: 1/2” y 3/4”
    - Velocidades Mínima y máxima
      - La velocidad Minina es de 0.21 m/s
      - La velocidad Máxima es de 1.57 m/s
    - Presión Mínima y Presión Máxima.
      - La presión Mínima es de 12 m.c.a
      - La presión Máxima es de 24 m.c.a
  - Dotación, razón de crecimiento. Se obtiene la velocidad mínima y una presión máxima.
  2. Se determinó el volumen de reservorio a 15 m<sup>3</sup> de capacidad.
  3. Se realizado el estudio de impactado ambiental considerando el proceso de construcción y operación, teniendo resultados positivos debido a la buena calidad de agua que van a consumir los pobladores de la zona. Reduciendo de esta manera las enfermedades intestinales y alérgicas en la población
- **Culquimboz, A. (2016).** En su tesis “*Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la localidad de Chisquilla, Distrito de Chisquilla – Provincia de*

*Bongará – Región Amazonas*” en la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo. La tesis llega a las siguientes conclusiones:

1. Se ha realizado los estudios básicos de ingeniería determinando lo siguiente:
  - La topografía de la zona de estudio por lo general es accidentada a ondulada debido a que su ángulo de inclinación del terreno respecto a la horizontal está entre 20 a 30 grados.
2. Por reconocimiento de las instalaciones existentes construidas por los propios pobladores hace más de 10 años, solo la captación se considera en buen estado faltando realizar mantenimiento , limpieza y cambio de las válvulas y accesorios. El caudal de aforo es de 7.65 l/s suficiente para abastecer a la localidad.
3. Se ha determinado los parámetros básicos de diseño:
  - Población futura: 410 habitantes.
  - Dotación 100 l/hab/d
  - La Tasa de crecimiento según el INEI es de 1.71%.
  - Los caudales de diseño son:
    - Caudal máximo horario: 0.617 l/s
    - Caudal máximo horario. 0.712 l/s
4. Se realizó el diseño del reservorio de volumen 20 m<sup>3</sup>
5. Se ha realizado el diseño de un sedimentador y un sistema de filtro lento para mejorar la calidad de agua de captación, ubicados en la cota 2109 msnm y 2070.50msnm respectivamente
6. Se ha realizado el diseño de la línea de conducción de una longitud total de 950m en dos tramos: captación –sedimentador y sedimentador –reservorio con diámetro de 2” para un caudal de 0.617 l/s.
7. Se ha realizado el diseño de la red de distribución de agua aplicando el programa de simulación hidráulica EPANET, considerando lo siguiente: Se ha definido 19 nudos considerando red cerrada y abierta en dos nudos para distribuir el agua a las viviendas con un caudal máximo horario de 0.712 l/s distribuido desde el reservorio. Para lo cual se ha determinado el caudal unitario y se ha determinado un diámetro de 1 pulgada en la red.
8. Para controlar las presiones en la red de distribución se ha considerado la determinación de la tubería según las viviendas de la localidad y según la

topografía el cual se indica en el plano de la red de distribución. Se ha obtenido velocidades pequeñas menores a 0.6 m/s, pero estas son compensadas por las presiones de servicio que se obtienen debido a la diferencia topográfica desde el reservorio al punto más desfavorable de 10.18 m.c.a en el nudo 18 y la más baja en el nudo 19 de 5 m.c.a, estos resultados son típicos de zonas rurales debido a la poca población.

9. El diseño ha resultado tuberías de PVC SAP por las presiones de trabajo resulta una Clase 7.5 de diámetro de 1" y 2"
10. Finalmente se ha realizado un estudio de impacto ambiental, analizando los factores de proceso constructivo, operación y mantenimiento.

- **Doroteo, R. (2014).** En su Tesis "*Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano "Los Pollitos" – Ica, usando los programas Watercad y Sewercad*" En la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas de Lima. La tesis llega a las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo a la Norma OS.050 la presión estática en cualquier punto de la red no deberá ser mayor de 50 m H<sub>2</sub>O; por lo tanto, al revisar la presión máxima que posee el sistema, se concluye que el diseño cumple la normativa vigente al presentar una presión máxima de 24.90 m H<sub>2</sub>O.
2. De acuerdo a la Norma OS.050, en condiciones de demanda máxima horaria, la mínima presión no será menor de 10 m H<sub>2</sub>O; por lo tanto, al revisar la presión mínima que posee el sistema, se concluye que el diseño cumple la normativa vigente al presentar una presión mínima de 17.10 m H<sub>2</sub>O.
3. De acuerdo a la Norma OS.050 la velocidad máxima en la red de agua potable deberá ser de 3 m/s; por lo tanto, al revisar los valores obtenidos, se concluye que el diseño cumple con la normativa vigente dado que la velocidad máxima es de 3.17 m/s lo que indica que la diferencia entre lo estipulado por la norma y el valor obtenido es mínima y se acepta como velocidad máxima.
4. De acuerdo a la Norma OS.050 el diámetro mínimo para las tuberías principales en una red de distribución de agua potable es de 75 mm; por

lo tanto, al revisar los valores obtenidos, se concluye que el diseño cumple con la normativa vigente.

- **Jara, F. (2014).** En su Tesis “*Diseño de Abastecimiento de Agua Potable y el Diseño de Alcantarillado de las Localidades: El calvario y Rincón de pampa Grande del distrito de Curgos - La Libertad*” en la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo. La tesis llega a las siguientes conclusiones:
  1. El cálculo poblacional y desarrollo urbano, presentado para el año 2034 (Horizonte de Estudio) es de 2,609 habitantes.
  2. Con la infraestructura de saneamiento proyectada se logrará elevar el nivel de vida y las condiciones de salud de cada uno de los pobladores, así como el crecimiento de cada una de las actividades económicas; de ahí que si el presente proyecto llegase a ser ejecutado se habrá contribuido en gran manera para este de los Caseríos de Pampa Grande y el Calvario den un paso importante en su proceso de desarrollo.
  3. Las presiones, pérdidas de carga, velocidades y demás parámetros de las redes de agua potable han sido verificados y simulados mediante el uso del programa Establecido por FONCODES y de amplio uso en nuestro país.
  4. Se realizó el Estudio del Proyecto de Diseño del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de los Caseríos de Pampa Grande y el Calvario, del Distrito de Curgos, Departamento La Libertad, Obteniendo los diámetros a usar en Conducción, Aducción y matrices del agua potable de 4", Clase A-7.5 y para el Alcantarillado Tubería de Ø 6".

Se ha realizado la Evaluación del Impacto Ambiental, para los Caseríos de Pampa Grande y el Calvario, del Distrito de Curgos, Departamento La Libertad el Proyecto en estudio y se ha dado las medidas de mitigación respectivas, cuyos resultados se detallan en la presente tesis

### 1.1.3 Regional

- **García, E y Verde, O. (2018).** En su tesis “*Diseño del Mejoramiento del sistema de agua Potable en las localidades de Huimba la Muyuna, Pucacaca del Río Mayo y Santa Ana del Río Mayo del distrito de Zapatero y*

*Cuñumbuque, Provincia de Lamas, Región San Martín*” En la universidad Nacional de San Martín de Tarapoto. El presente estudio brindará servicio de Agua Potable a las localidades de Huimba la Muyuna, Pucacaca del Río Mayo y Santa Ana del Río Mayo, satisfaciendo sus necesidades hasta el año 2,038. Según el estudio de prospección que se realizó en la zona, se determinó que la fuente más apropiada sea el río Mayo ya que ofrece las condiciones de cantidad y calidad adecuadas; además se opta por minimizar el costo de la Línea de Conducción. En este proyecto de Tesis, se hizo énfasis de la gran necesidad que es para la sociedad el suministro y almacenamiento de agua potable, incrementando el nivel de la calidad de vida de la población beneficiada logrando un impulso en el aspecto socioeconómico. Por lo mismo se propone realizar el diseño hidráulico de todo un sistema de agua potable, que abarca desde la fuente de abastecimiento, hasta el punto de llegada del agua a sus usuarios.

- **Guevara. (2016).** En su tesis *“Diseño del sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Bombeo, Mediante Energía Solar Fotovoltaica en el Centro Poblado de Ganimedes, Distrito de Moyobamba, Provincia de Moyobamba, Región San Martín*” En la Universidad Nacional de San Martín de Tarapoto. La tesis llega a las siguientes conclusiones:
  1. El sistema de agua potable por bombeo con tratamiento, permite el abastecimiento de agua potable las 24 horas del día a la población y brindar un servicio de agua potable con óptimas condiciones de salubridad y apta para el consumo humano.
  2. La planta de tratamiento está compuesta por Prefiltro y Filtro lento, los cuales fueron diseñadas para atender al caudal de bombeo, debido a que este caudal es mayor al caudal máximo diario. El Prefiltro es una unidad de tratamiento que funciona con un flujo ascendente, al contrario del Filtro Lento, en ambos casos no se tiene solo un proceso físico de retención de partículas finas, sino también de procesos químicos y biológicos.
  3. El sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica permite a la comunidad de Ganimedes salvar el desnivel que existe entre la fuente de agua y la localidad, accediendo de esta forma al agua potable y mejorando las condiciones de vida en el lugar.

4. La tarifa mensual que abordan las familias cubren los gastos en reposición de los equipos de bombeo a ser cambiados una vez que cumplan con su ciclo de vida, también se cubre los gastos de mantenimiento y operación de los componentes del sistema de agua potable, siendo periódicamente atendidas.
- **Hoyos, D. y Tuesta, Ch. (2017).** En su tesis “*Simulación hidráulica de las redes de distribución del barrio Zaragoza a partir de la determinación de los coeficientes de variación diaria y horaria, para habilitaciones urbanas de la ciudad de Moyobamba, 2016*” En la Universidad Nacional de San Martín de Moyobamba. La tesis llega a las siguientes conclusiones:
    1. Se determinó que el caudal promedio diario ( $Q_p$ ) es 28.413 L/s, caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ) es 42.777 L/s y el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ) es 68.990 L/s
    2. Se concluyó que al haber encontrado el caudal máximo horario que demanda la población del sector 1 (Zaragoza), la simulación hidráulica de las redes de distribución que se realizó está acorde a las necesidades de la población de dicho sector abastecido.
    3. En la simulación hidráulica de las redes de distribución actual con el  $K_2 = 1.8$  los parámetros medidos de presiones y velocidades se encuentran fuera de los rangos del RNE, sin embargo, con la simulación hidráulica mejorada con el  $K_2 = 2.4281$ , se logró un funcionamiento eficiente de las redes de distribución logrando tener el 100% de las presiones y un 18% de las velocidades dentro de los rangos establecidos en el RNE.
  - **Vásquez, O. y Bárdales, M. (2015).** En su tesis “*Generación de un Modelo de Simulación con uso de Softwar's para la Optimización de redes de Agua Potable de la Ciudad de Rioja, 2015*” En la Universidad Nacional de San Martín de Moyobamba. La tesis llega a las siguientes conclusiones:
    1. Aplicando el modelo de simulación hidráulica, la velocidad promedio del agua en la red de distribución aumentaría a 0.189 m/s, la presión promedio del agua potable en el tramo inicial de la red de distribución aumentaría 35.87 m y en el tramo final aumentaría a 36.29 m. Asimismo, la pérdida de carga en promedio disminuiría a 0.146 m.

2. Por tanto, aplicando el modelo de simulación hidráulica la velocidad de la corriente del agua y la presión de la misma aumentan, lo cual significa que puede llegar en mayor cantidad a los lugares más alejados de la red matriz, o a los lugares de mayor pendiente beneficiando a un mayor número de pobladores. Es preciso mencionar que la propuesta incluye el cambio de tuberías de asbestos a PVC, es decir pasar de un coeficiente de rugosidad de 130 a 150. Asimismo, la disminución de la pérdida de carga redundará en el aumento de la cantidad facturada de agua lo cual actualmente representa un problema para la empresa SEDAPAR.

## **1.2. Bases teóricas**

### **1.2.1. Fundamentación teóricas de la aplicación de la ingeniería hidráulica**

#### **1.2.1.1. Sistema de abastecimiento de agua**

(Jimenes J, 2004), Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de obras que permiten que una comunidad pueda obtener el agua para fines de consumo doméstico, servicios públicos, industrial y otros usos. El agua suministrada debe ser en cantidades suficientes y de la mejor calidad; desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico”.

Componentes de un sistema de abastecimiento de agua:

1. Fuente de abastecimiento.
2. Captación.
3. Línea de conducción.
4. Planta de tratamiento de agua.
5. Almacenamiento.
6. Línea de aducción.
7. Red de distribución.
8. Conexiones domiciliarias

#### **1.2.1.2. Fuentes de abastecimiento de agua**

(Agüero R, 2009), Las fuentes de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y antes de dar cualquier paso es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo a la

ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento así como a la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas: los de gravedad y los de bombeo. En los sistemas de agua potable por gravedad, la fuente de agua debe estar ubicada en la parte alta de la población para que el agua fluya a través de tuberías, usando solo la fuerza de la gravedad. En los sistemas de agua potable por bombeo, la fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo, siendo necesario transportar el agua mediante sistemas de bombeo a reservorios de almacenamiento ubicados en elevaciones superiores al centro poblado. Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para abastecer de agua en cantidad suficiente a la población. Se consideran tres tipos principales de fuente: aguas de lluvia, aguas superficiales y aguas subterráneas.

### **Tipos de fuentes de abastecimiento**

- a. Agua de lluvia:** La captación de agua de lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales y subterráneas de buena calidad y cuando el régimen de lluvias sea importante. Para ello se utilizan los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico. (Agüero R, 2009)
- b. Aguas superficiales:** Las aguas superficiales están constituidas por los arroyos, ríos, lagos, etc. que discurren naturalmente en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal. Sin embargo, a veces no existe otra fuente alternativa en la comunidad, siendo necesario para su utilización, contar con información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua. (Agüero R, 2009)
- c. Aguas subterráneas:** Parte de la precipitación en la cuenca se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de estas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero. La captación de aguas subterráneas se puede realizar a través de manantiales, galerías filtrantes y pozos (excavados y tubulares). (Agüero R, 2009)

### **1.2.1.3. Captación**

(Jimenes J, 2004), Es la parte inicial del sistema hidráulico y consiste en las obras donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, el requisito es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua que la comunidad requiere. Para definir cuál será la fuente de captación a emplear, es indispensable conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra, basándose en el ciclo hidrológico, de esta forma se consideran los siguientes tipos de agua según su forma de encontrarse en el planeta”:

- Aguas superficiales.
- Aguas subterráneas.
- Aguas meteóricas (atmosféricas).
- Agua de mar (salada).

### **1.2.1.4. Línea de conducción**

(Agüero R, 2009), La línea de conducción en un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte encargados de la conducción del agua desde la captación hasta el reservorio, aprovechando la carga estática existente. Debe utilizarse al máximo la energía disponible para conducir el gasto deseado, lo que en la mayoría de los casos nos llevara a la selección del diámetro mínimo que permita presiones iguales o menores a la resistencia física que el material de la Tubería soporte. Las tuberías normalmente siguen el perfil del terreno, salvo el caso de que, a lo largo de la ruta por donde se debería realizar la instalación de las tuberías, existan zonas rocosas insalvables, cruces de quebradas, terrenos erosionables, etc. que requieran de estructuras especiales. Para lograr un mejor funcionamiento del sistema, a lo largo de la línea de conducción puede requerirse cámaras rompe presión, válvulas de aire, válvulas de purga, etc. Cada uno de estos elementos precisa de un diseño de acuerdo a características particulares.

### **Criterios de diseño**

- **Carga disponible**

La carga disponible es la diferencia de elevación entre la obra de captación y el reservorio.

- **Gasto de diseño**

(Agüero R, 2009), El gasto de diseño es el correspondiente al gasto máximo diario ( $Q_{md}$ ), el que se estima considerando el caudal medio de la población para el periodo de diseño seleccionado ( $Q_m$ ) y el factor  $K_1$  del día de máximo consumo.

- **Clases de tuberías**

(Agüero R, 2009), Las clases de Tubería a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea representada por la línea de carga estática. Para la selección se debe considerar una Tubería que resista la presión más elevada que pueda producirse, ya que la presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar la válvula de control en la tubería. En la mayoría de los proyectos de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales se utilizan tuberías de PVC. Este material tiene ventajas comparativas con relación a otro tipo de tuberías: es económico, flexible, durable, de poco peso y de fácil transporte e instalación; además, son las tuberías que incluyen diámetros comerciales menores de 2 pulg y que fácilmente se encuentran en el mercado.

**Tabla 1**

*Clases de tuberías PVC y máxima presión*

CLASE	PRESIÓN MÁXIMA Prueba(m)	PRESIÓN MÁXIMA Trabajo (m)
5	50	35
7.5	75	50
10	105	70
15	150	100

Fuente: Agua potable para poblaciones rurales sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento (Agüero R, 2009)

- **Diámetros**

(Agüero R, 2009), Para determinar los diámetros se consideran diferentes soluciones y se estudian diversas alternativas desde el punto de vista económico. Considerando el máximo desnivel en toda la longitud del tramo,

el diámetro seleccionado deberá tener la capacidad de conducir el gasto de diseño con velocidades comprendidas entre 0.6 y 3.0 m/s; y las pérdidas de carga por tramo calculado deben ser menores o iguales a la carga disponible.

### **Línea de gradiente hidráulico**

(Agüero R, 2009), La línea de gradiente hidráulica (L.G.H.) indica la presión de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación. Cuando se traza la línea de gradiente hidráulica para un caudal que descarga libremente en la atmosfera (como dentro de un tanque) puede resultar que la presión residual en el punto de descarga se vuelva positiva o negativa.

#### **1.2.1.5. Reservorio de almacenamiento**

(Agüero R, 2009), La importancia del reservorio radica en garantizar el funcionamiento hidráulico del Sistema y el mantenimiento de un servicio eficiente, en función a las necesidades de agua proyectadas y el rendimiento admisible de la fuente.

Un sistema de abastecimiento de agua potable requerirá de un reservorio cuando el rendimiento admisible de la fuente sea menor que el gasto máximo horario (Q<sub>mh</sub>). En caso que el rendimiento de la fuente sea mayor que el Q<sub>mh</sub> no se considera el reservorio, y debe asegurarse que el diámetro de la línea de conducción sea suficiente para conducir el gasto máximo horario (Q<sub>mh</sub>), que permita cubrir los requerimientos de consumo de la población.

### **Consideraciones básicas**

- **Capacidad del reservorio**

(Agüero R, 2009), Para determinar la capacidad del reservorio, es necesario considerar la compensación de las variaciones horarias, emergencia para incendios, previsión de reservas para cubrir danos e interrupciones en la línea de conducción y que el reservorio funcione como parte del sistema. Para el cálculo de la capacidad del reservorio, se considera la compensación de variaciones horarias de consumo y los eventuales desperfectos en la línea de conducción. El reservorio debe permitir que la demanda máxima que se

produce en el consumo sea satisfecha a cabalidad, al igual que cualquier variación en el consumo registrada en las 24 horas del día. Ante la eventualidad de que en la línea de conducción puedan ocurrir daños que mantengan una situación de déficit en el suministro de agua mientras se hagan las reparaciones pertinentes, es aconsejable un volumen adicional que de oportunidad de restablecer la conducción de agua hasta el reservorio.

- **Tipos de reservorios**

(Agüero R, 2009, pág. 78), Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados, que pueden tomar la forma esférica, cilíndrica, y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc.; los apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo; y los enterrados, de forma rectangular y circular, son construidos por debajo de la superficie del suelo (cisternas).

Para capacidades medianas y pequeñas, como es el caso de los proyectos de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, resulta tradicional y económica la construcción de un reservorio apoyado de forma cuadrada o circular.

- **Ubicación del reservorio**

(Agüero R, 2009, pág. 78), La ubicación está determinada principalmente por la necesidad y conveniencia de mantener la presión en la red dentro de los límites de servicio, garantizando presiones mínimas en las viviendas más elevadas y presiones máximas en las viviendas más bajas. De acuerdo a la ubicación, los reservorios pueden ser de cabecera o flotantes. En el primer caso se alimentan directamente de la captación, pudiendo ser por gravedad o bombeo y elevados o apoyados, y alimentan directamente de agua a la población. En el segundo caso, son típicos reguladores de presión, casi siempre son elevados y se caracterizan porque la entrada y la salida del agua se hacen por el mismo tubo. Considerando la topografía del terreno y la ubicación de la fuente de agua, en la mayoría de los proyectos de agua potable en zonas rurales los reservorios de almacenamiento son de cabecera y por

gravedad. El reservorio se debe ubicar lo más cerca posible y a una elevación mayor al centro poblado.

#### **1.2.1.6. Línea de aducción**

##### **Caudal de diseño**

La Línea de Aducción tendrá capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ).

##### **Carga estática y dinámica**

La carga estática máxima aceptable será de 60 m y la carga dinámica mínima será de 1 m.

#### **1.2.1.7. Redes de distribución**

(Agüero R, 2009, pág. 93), La red de distribución es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyo origen está en el punto de entrada al pueblo (final de la línea de aducción) y que se desarrolla por todas las calles de la población. Para el diseño de la red de distribución es necesario definir la ubicación tentativa del reservorio de almacenamiento con la finalidad de suministrar el agua en cantidad y presión adecuada a todos los puntos de la red.

Las cantidades de agua se han definido en base a las dotaciones y en el diseño se contempla las condiciones más desfavorables, para lo cual se analizaron las variaciones de consumo considerando en el diseño de la red el consumo máximo horario ( $Q_{rnh}$ ).

Las presiones deben satisfacer las condiciones máximas y mínimas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir. En tal sentido, la red debe mantener presiones de servicio mínimas, que sean capaces de llevar agua al interior de las viviendas (parte alta del pueblo). También en la red deben existir limitaciones de presiones máximas tales que no provoquen danos en las conexiones y que permitan el servicio sin mayores inconvenientes de uso (parte baja).

### **Consideraciones básicas de diseño**

(Agüero R, 2009), La red de distribución se debe calcular considerando la velocidad y presión del agua en las tuberías. Se recomiendan valores de velocidad mínima de 0.6 m/s y máxima de 3.0 m/s. Si se tiene velocidades menores que la mínima, se presentarían fenómenos de sedimentación; y con velocidades muy altas, se producirá el deterioro de los accesorios y tuberías. La presión mínima depende de las necesidades domésticas, y la máxima influye en el mantenimiento de la red, ya que con presiones elevadas se originan pérdidas por fugas y fuertes golpes de ariete.

La Norma Técnica de diseño: “*Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*”, recomiendan que la presión mínima de servicio en cualquier parte de la red no sea menor de 5 m. y que la presión estática no exceda de 60 m.

En la Norma Técnica de diseño: “*Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*”, se establece que el diámetro mínimo a utilizarse en la red, será aquel que satisfaga las condiciones hidráulicas que garanticen las presiones mínimas de servicio en la red y su capacidad deberá ser tal que pueda absorber en el futuro la instalación de conexiones domiciliarias. El diámetro mínimo recomendado es de 3/4". En base a estas consideraciones se efectúa el diseño hidráulico, de la red de distribución, siendo la Tubería de PVC la más utilizada en los proyectos de agua potable en zonas rurales. Para el cálculo hidráulico, las Normas del Ministerio de Vivienda recomiendan el empleo de las ecuaciones de Hazen-Williams y Fair Whipple.

### **Tipos de redes**

Según la forma de los circuitos, existen dos tipos de sistemas de distribución: el sistema abierto o de ramales abiertos y el sistema de circuito cerrado, conocido como malla, parrilla.

- **Sistema abierto o ramificado**

(Agüero R, 2009), Son redes de distribución que están constituidas por un ramal matriz y una serie de ramificaciones. Es utilizado cuando la topografía

dificulta o no permite la interconexión entre ramales y cuando las poblaciones tienen un desarrollo lineal, generalmente a lo largo de un río o camino.

La tubería matriz o principal se instala a lo largo de una calle de la cual se derivan las tuberías secundarias. La desventaja es que el flujo está determinado en un solo sentido, y en caso de sufrir desperfectos puede dejar sin servicio a una parte de la población. El otro inconveniente es que en el extremo de los ramales secundarios se dan los puntos muertos, es decir el agua ya no circula, sino que permanece estática en los tubos originando sabores y olores, especialmente en las zonas donde las casas están más separadas. En los puntos muertos se requiere instalar válvulas de purga con la finalidad de limpiar y evitar la contaminación del agua.

- **Sistema cerrado**

(*Vierendel J, Arthur, 2010*), Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red es el más conveniente y tratara de lograrse mediante la interconexión de tuberías, a fin de crear un circuito cerrado que permita un servicio más eficiente y permanente. En este sistema se eliminan los puntos muertos; si se tiene que realizar reparaciones en los tubos, el área que se queda sin agua se puede reducir a una cuadra, dependiendo de la ubicación de las válvulas. Otra ventaja es que es mas económico, los tramos son alimentados por ambos extremos consiguiéndose menores pérdidas de carga y por lo tanto menores diámetros; ofrece más seguridad en caso de incendios, ya que se podría cerrar las válvulas que se necesiten para llevar el agua hacia el lugar del siniestro.

### **1.2.2. Fundamentos teóricos de la hidráulica de tuberías**

*Según (Moot Roberth L, 2006)*, La cantidad de fluido que pasa por un sistema por unidad de tiempo puede expresarse por medio de tres términos distintos:

- Q: El flujo volumétrico es el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.
- W: El flujo en peso es el peso del fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.
- M: El flujo másico es la masa de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

El flujo volumétrico  $Q$  es el más importante de los tres, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = A_v \quad (1)$$

Donde  $A$  es el área de la sección y  $v$  es la velocidad promedio del flujo. Al consultar el SI, obtenemos las unidades de  $Q$  del modo siguiente

$$Q = Av = m^2 \times m / s = m^3 / s$$

**Tabla 2**  
*Tipos de flujos*

Simbolo	Nombre	Definicion	Unidades del SI	Unidades del sistema E.C
<b>Q</b>	Flujo volumétrico	$Q = A_v$	$m^3/s$	$m^3/s$
<b>W</b>	Flujo en peso	$W = \gamma Q$ $W = \gamma A_v$	N/s	libra/s
<b>M</b>	Flujo masivo o	$M = \rho Q$ $M = \rho A_v$	Kg/s	slug/s

Fuente: Mecánica de fluidos (Moot Roberth L, 2006)

El flujo en peso se relaciona con  $Q$  por medio de la ecuación

$$Q = \gamma Q \quad (2)$$

Donde  $\gamma$  es el peso específico del fluido .Entonces, las unidades de  $W$  son

$$W = \gamma Q = N/m^3 \times m^3/s = N/s$$

El flujo másico  $M$  se relaciona con  $Q$  por medio de la ecuación

$$M = \rho Q \quad (3)$$

Donde  $\rho$  es la densidad del fluido .Así, las unidades de  $M$  son

$$M = \rho Q = kg \ m^3 / m^3 / s = kg / s$$

### **Ecuación de continuidad para cualquier fluido**

(Moot Roberth L, 2006), El método de cálculo de la velocidad de flujo en un sistema de ductos cerrados depende del principio de continuidad .Considere el ducto de la Figura 1. Un fluido circula con un flujo volumétrico constante de la sección 1 a la

sección 2 .Es decir , la cantidad de fluido que circula a través de cualquier sección en cierta cantidad de tiempo es constante .Esto se conoce como flujo estable .Por ello , si entre las secciones 1 y 2 no se agrega fluido ni se almacena o retira , entonces la masa de fluido que circula por la sección 2 en cierta cantidad de tiempo debe ser similar a la que circula por la sección 1.

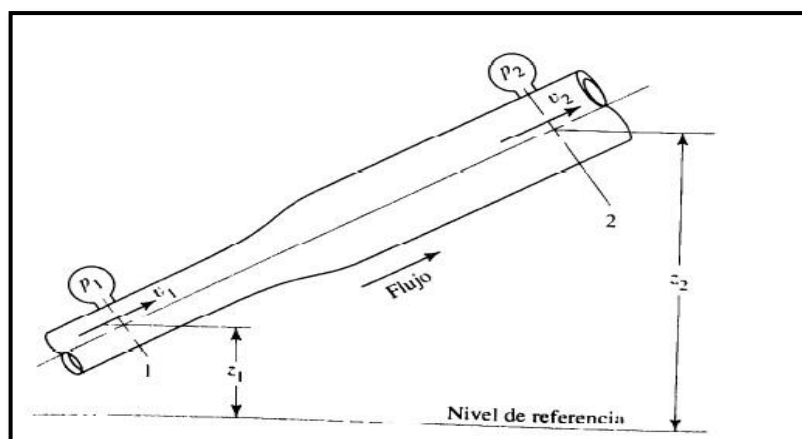
Esto se expresa en términos del flujo másico así:

$$M1/M2$$

o bien , debido a que  $M= \rho Av$  , tenemos :

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (4)$$

La ecuación (4) es el enunciado matemático del principio de continuidad y se le denomina ecuación de continuidad .Se utiliza para relacionar la densidad de fluido.



**Figura 1** Sistema de distribución de flujo  
Fuente: Mecánica de fluidos (Moot Roberth L, 2006)

### Ecuación de continuidad para líquidos

(Moot Roberth L, 2006), El área de flujo y la velocidad de este en dos secciones del sistema donde existe flujo estable .Es válido para todos los fluidos, ya sean gases o líquidos.

Si el fluido en el tubo de la Figura 4 es un líquido incomprensible, entonces los términos  $p_1$  y  $p_2$  de la ecuación (4) son iguales .Así, la ecuación se convierte en

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (5)$$

$$Q_1 = Q_2$$

La ecuación (5) es de continuidad tal como se aplica a los líquidos; enuncia que para un flujo volumétrico es el mismo en cualquier sección. También se emplea para gases a velocidad baja, es decir a menos de 100 m/s, con mínimo margen de error.

### **Ecuación de Bernoulli**

Según (Moot Robert L, 2006), “Cada término de la ecuación de Bernoulli, ecuación (6), resulta de dividir una expresión de la energía entre el peso de un elemento del fluido. Por lo anterior”.

*Cada termino de Bernoulli es una forma de la energía q posee el fluido por unidad de peso del fluido que se mueve en el sistema.*

$$\frac{\rho_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{\rho_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (6)$$

La unidad de cada término es energía por unidad de peso. El sistema SI las unidades son N.m/N, y en el Sistema Tradicional de Estados Unidos son lb. Pie/lb. Sin embargo, observe que la unidad de fuerza (o peso) aparece tanto en el numerador como en el denominador, y por ello puede cancelarse. La unidad resultante es tan solo el metro (m) o el pie, y se interpreta como una altura, en alusión a una altura sobre un nivel de referencia. En específico.

$\rho/\gamma$  Es la carga de presión.

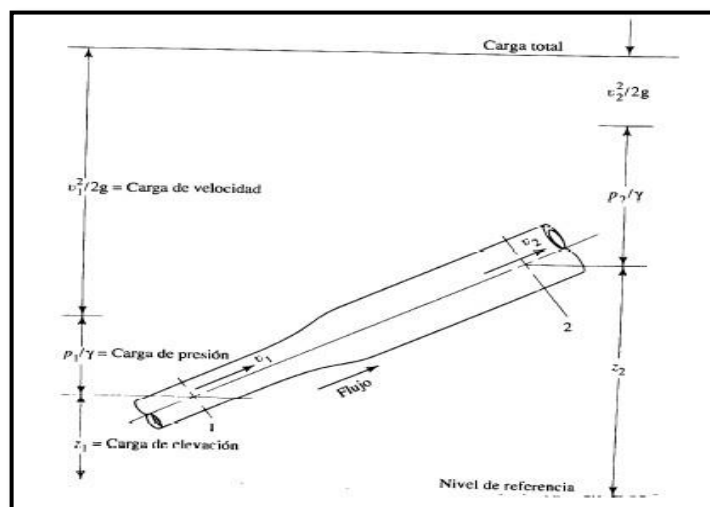
$Z$  es la carga de elevación.

$v^2/2g$  Es la carga de velocidad.

A la suma de estos tres se les denomina carga total.

Debido a que cada término de la ecuación de Bernoulli representa una altura un diagrama similar al que se muestra en la figura (10) ayuda visualizar la relación entre los tres tipos de energía. Conforme el fluido se mueve del punto 1 al 2, la magnitud de cada término puede cambiar su valor. Sin embargo, si el fluido no pierde o gana energía, la carga total pertenece a un nivel constante. La ecuación de Bernoulli se utiliza para determina los valores de carga de presión, carga de elevación y cambia de la carga de velocidad, conforme el fluido circula a través del sistema.

En la figura (2) observamos que la carga de velocidad en la sección 2 será menor que en la sección 1. Esto se demuestra por medio de la ecuación de continuidad.



**Figura 2** Pérdida de carga en velocidad y presión

Fuente: Mecánica de fluidos (Moot Roberth L, 2006)

Debido a que  $A_1 < A_2$ ,  $V_2$  debe ser menor que  $V_1$ . Y como la velocidad está elevada al cuadrado en el término de la carga de velocidad,  $v^2/2g$  es mucho menor que  $v_1^2/2g$ .

Es común que cuando crece el tamaño de la sección, como ocurre en la figura (2), la carga de presión se incrementa porque la carga de velocidad se disminuye. Este es el modo en que se construyó la figura (2). Sin embargo, el cambio real también se ve afectado por el cambio en la carga de elevación.

### Formula de Hazen-Williams.

Según (Moot Roberth L, 2006) “La fórmula de Hazen-Williams es una de las más populares para el diseño y análisis de sistemas hidráulicos. Su uso se limita al flujo de agua en tuberías con diámetros mayores de 2.0 pulga y menores de 6.0 pies. La velocidad del flujo no debe exceder los 10.0 pies/s. Asimismo, está elaborada para agua a 60°F. Su empleo con temperaturas mucho más bajas o altas ocasionaría cierto error”.

La fórmula de Hazen-Williams.

$$D^{\frac{2}{3}} = Q / (0.0004264 \times C \times S_d^{0.54}) \quad (7)$$

Dónde:

D = Diámetro de cálculo de la tubería, pulg.

Q = Caudal, lts/seg.

C = Coeficiente de rugosidad, C=150. P.V.C.

S<sub>d</sub>=Pendiente disponible...h/L = (diferencia de cotas) / (Long. tubería)

De(a), se deduce que:  $S_d^{\frac{2}{3}} = Q / (0.0004264 \times C \times D_a^{0.54})$

Dónde:

SD= Pendiente de diseño, m/Km.

D= Diámetro comercial de diseño, pulg.

Como todas las tuberías del sistema son conductos circulares que funcionan parcialmente llenos, los elementos hidráulicos están dados por las siguientes expresiones:

$$A = 0.25 \times D^2 \times [(\pi\theta/360) - 0.5 \times (\text{sen } \theta)]$$

$$P_m = D \times \pi\theta/360$$

$$R_h = A/P$$

Dónde:

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

Ph= Perímetro mojada, m

$\theta$  = En grados sexagesimales

R<sub>h</sub> = Radio hidráulico, m

Entonces:

$$R_h = 0.25 \times D \times [1 - (360 \times \text{sen } \theta) / (2\pi \theta)]$$

También se tiene que el tirante (m) es:

$$Y = D \times \text{Sen}^2 (\theta/4)$$

Luego para tuberías funciona sección llena la velocidad y el caudal tiene la expresión siguiente:

$$V = (0.34 \times D^{2/3} \times \sqrt{s})n$$

$$Q = (0.312 \times D^{2/3} \times \sqrt{s})n$$

El uso del radio hidráulico en la fórmula permite su aplicación a secciones no circulares y también a circulares. Para las secciones circulares se emplea  $R = D/4$ . El coeficiente “C” solo depende de la condición de la superficie de la tubería o conducto. La Tabla 3 proporciona valores que son comunes. Observe que algunos de ellos son descritos como tubos nuevos y limpios, mientras que el valor de diseño toma en cuenta la acumulación de depósitos en las superficies interiores de la tubería después de cierto tiempo, aun cuando fluya agua limpia a través de ellos.

**Tabla 3**  
*Coefficientes de "C"*

<b>Tipo de Tubería</b>	<b>“C”</b>
Acero sin costura	120
Acero soldado en espiral	100
Cobre sin costura	150
Concreto	110
Fibra de vidrio	150
Hierro fundido	100
Hierro fundido dúctil con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno	140
Policloruro de vinilo (PVC)	150

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012).

Tuberías más lisas presentan valores más elevados de “C” que las rugosas. Con unidades del SI, la fórmula de Hazen – Williams es:

$$v = 1.32 \times C \times R^{2/3} S^{0.54} \quad (8)$$

Dónde:

$v$  = Velocidad promedio del flujo (pies/s)

$C$  = Coeficiente de Hazen – Williams (adimensional)

$R$  = Radio hidráulico del conducto de flujo (m)

$S =$  Relación  $hL/L$ : pérdida de energía / longitud del conducto (m/m) Igual que antes, el flujo volumétrico se calcula con  $Q = Av$

### 1.2.3. Población de diseño y demanda de agua

(Agüero R, 2009), Las obras de agua potable no se diseñan para satisfacer solo una necesidad del momento actual sino que deben prever el crecimiento de la población en un periodo de tiempo prudencial que varía entre 10 y 40 años; siendo necesario estimar cual será la población futura al final de este periodo. Con la población futura se determina la demanda de agua para el final del periodo de diseño. La dotación o la demanda per cápita, es la cantidad de agua que requiere cada persona de la población, expresada en litros/habitante/día. Conocida la dotación, es necesario estimar el consumo promedio diario anual, el consumo máximo diario y el consumo máximo horario. El consumo promedio diario anual servirá para el cálculo del volumen del reservorio de almacenamiento y para estimar el consumo máximo diario y horario. El valor del consumo máximo diario es utilizado para el cálculo hidráulico de la línea de conducción; mientras que el consumo máximo horario, es utilizado para el cálculo hidráulico de la línea de aducción y red de distribución.

#### Periodo de diseño

(Agüero R, 2009), En la determinación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente viable. Por lo tanto el periodo de diseño puede definirse como el tiempo en el cual el sistema será 100% eficiente, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado o por la existencia física de las instalaciones. Para determinar el periodo de diseño se consideran factores como: durabilidad o vida útil de las instalaciones, factibilidad de construcción y posibilidades de ampliación o sustitución, tendencias de crecimiento de la población y posibilidades de financiamiento.

Tomando en consideración los factores señalados se debe establecer para cada caso el periodo de diseño aconsejable. A continuación, se indican algunos rangos de valores asignados para los diversos componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales:

- Obras de captación: 20 años.
- Conducción: 10 a 20 años.
- Reservorio: 20 años.
- Redes: 10 a 20 años (tubería principal 20 años, secundaria 10 años).

### **Dotación**

La Dotación se considera como la cantidad de agua promedio correspondiente a un hab / día, expresado en litros/hab/día.

Para determinar la dotación, nos referimos al consumo diario en el que se deberá tener en cuenta los distintos usos para su consumo.

### **Variación de consumo**

(Vierendel J, Arthur, 2010), En un sistema público de agua, la cantidad de agua consumida varía continuamente en función del tiempo, clima, costumbres de la población, etc. y es en los meses de mayor calor durante el año en donde se producirá el mayor consumo de agua, existiendo días en la que se producirá la mayor demanda del mes.

Mientras que en los meses de invierno sucede lo contrario, es decir el consumo es menor. Haciendo un análisis de distribución horario y de consumo diario diríamos que: durante el día el caudal que circula en la red de distribución varía continuamente, en las horas diurnas el caudal supera el valor medio alcanzando valores máximos alrededor del mediodía, durante la noche el consumo baja, produciéndose valores mínimos de consumo en horas de la madrugada.

Con este análisis de fluctuaciones realizado es necesario establecer variaciones que deben ser tomadas en cuenta para el diseño, y estas son:

- Variación Diaria (K1)
- Variación Horaria (K2)

#### **a) Coeficiente de variación diario (K1)**

(Vierendel J, Arthur, 2010), Se llama así a la variación del día de máximo consumo para el máximo anual de la demanda diaria, dividido por el promedio anual de consumo diario.

Según el R.N.E. podemos considerar el coeficiente de  $K1 = 1.3$

### b) **Coefficiente de variación horario (K2)**

(Vierendel J, Arthur, 2010), Se llama así a la variación de la hora de máximo consumo para el máximo día de demanda horaria, dividido por el promedio diario del consumo horario y varía de 1.8 a 2.5 según R.N.E.

#### 1.2.4. **Watercad**

(Saldarriaga J, 2007, pág. 406), Es un programa Eficaz y fácil de usar que permite hacer tanto el análisis como el diseño de redes de distribución de agua potable. El programa es propiedad de la casa Haestad Methods de los Estados Unidos, creadores de paquetes como Cybercad, StormCad y otros más.

El programa permite modelar varios de los componentes hidráulicos típicos de redes de distribución, tales como válvulas reguladoras, estaciones de bombeo y controles automatizados sensibles a la presión o al caudal. Asimismo es posible manejar y simular diferentes escenarios a fin de evaluar el comportamiento del sistema de distribución que se esté diseñando frente a demandas diferentes a las escogidas inicialmente, a calidades de agua variables y a condiciones de emergencia, tales como incendios o racionamientos, los cuales implican unas condiciones de operación muy especiales.

### 1.3. **Definiciones**

- **Agua potable:** Se denomina agua potable o agua para el consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. “Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural”).
- **Aguas superficiales:** Son aquellas que están en los ríos, arroyos, lagos y lagunas, las principales ventajas de este tipo de aguas son que se pueden utilizar fácilmente, son visibles y si están contaminadas pueden ser saneadas con relativa facilidad y a un costo aceptable. (García E., 2009)
- **Aguas subterráneas:** (García E., 2009). “El agua subterránea más profunda puede permanecer oculta durante miles o millones de años. No obstante, la mayor parte de los yacimientos están a poca profundidad y desempeñan un papel discreto pero constante dentro del ciclo hidrológico”.

- **Línea de aducción:** Según (Agüero R, 2009)“Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.”
- **Almacenamiento:** Según (Agüero R, 2009) “En sistemas de Acueducto, acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.”
- **Calidad de agua:** Según (Vásquez B. Oscar, 2015) “Características físicas, químicas, y bacteriológicas del agua que la hacen aptas para el consumo humano, sin implicancias para la salud, incluyendo apariencia, gusto y olor”
- **Captación:** (Agüero R, 2009) Conjunto de estructuras e instalaciones destinadas a la regulación, derivación y obtención del máximo caudal posible de aguas superficiales o subterráneas.
- **Consumo:** Según *Giménez (2011)* “Es la cantidad de agua realmente utilizada por un núcleo urbano para una fecha determinada y puede ser expresada en litros (l) o metros cúbicos (m<sup>3</sup>)”.
- **Dotación:** Según *Ayala (2006, p 30)* “Es la cantidad de agua necesaria para satisfacer apropiadamente los requerimientos de un determinado núcleo urbano, La dotación se forma de la suma de los requerimientos razonables correspondientes a los usos que conforman el abastecimiento urbano”.
- **Dotación diaria:** (Vásquez B. Oscar, 2015)“Cantidad de agua que se necesita diariamente para abastecer a una población”.
- **Pérdidas:** La pérdida de carga en una tubería o canal, es la pérdida de energía dinámica del fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene. Pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares o accidental o localizada, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección. (Saldarriaga J, 2007).
- **Tubería:** (Jimenes J, 2004) “son elementos principales en el proceso de conducción del servicio de agua potable a los sectores destino de la distribución. Su selección es crucial a la hora de obtener diseños confiables y económicos dentro del periodo de diseño estipulado”.

# CAPÍTULO II

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1 Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales para la elaboración de la presente investigación:

- Papel bond A4.
- Lapiceros (rojo, azul y negro).
- Libreta de apuntes.
- USB.
- Tablero de Apuntes.
- Folder.
- Ficha técnica.
- Computadora portátil – Laptop.
- GPS
- Balde de 10 lt.
- Cronómetro
- Wincha de 60 mt.
- Calculadora Casio fx-82ES.
- Cámara fotográfica SONY Cyber Shot 12.1 Mega Pixeles
- Disco Duro externo Toshiba 1 tb.
- Impresora.
- Tinta para impresora

### 2.2 Métodos

#### 2.2.1 Tipo y nivel de investigación

- **Tipo de investigación: Aplicada**

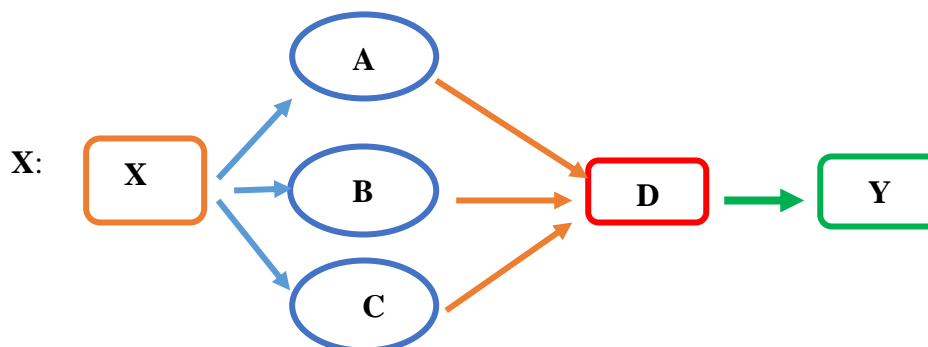
Las investigaciones aplicadas son la respuesta efectiva y fundamentada a un problema detectado, descrito analizado y analizado descrito. La investigación aplicada concentra su atención en las posibilidades fácticas de llevar a la práctica las teorías generales, y destina sus esfuerzos a resolver los problemas y necesidades que se plantean los hombres en sociedad en un corto, mediano o largo plazo. Es decir, se interesa fundamentalmente por la propuesta de solución en un contexto físico-social específico. (R. Hernández Sampieri, 1993)

- **Nivel de investigación: Descriptiva**

El propósito del investigador consiste en describir situaciones, eventos y hechos. Esto es, decir cómo es y cómo se manifiesta determinado fenómeno. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Desde el punto de vista científico, describir es recolectar datos. (R. Hernández Sampieri, 1993)

### 2.2.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación tiene el siguiente esquema:



**A:** Aplicación teórica para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable.

**B:** Análisis de calidad del agua y disponibilidad hídrica de la fuente.

**C:** Calculo de los parámetros básicos de diseño.

**D:** Diseño del Sistema de abastecimiento de agua potable y simulación hidráulica de la red de distribución.

**Y:** Resultado de la investigación, presenta la validación de la hipótesis enunciada, garantizar la sostenibilidad del servicio para la población de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria.

### 2.2.3 Población y muestra

- **Población**

La población de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva Esperanza y la Victoria son:

**Tabla 4**  
*Población de las localidades*

<b>Localidad</b>	<b>Habitantes</b>	<b>%</b>
Puerto Bagazán	296	48.21
Nueva Esperanza	109	17.75
La Victoria	209	34.04
<b>Total</b>	<b>614</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Municipalidad Distrital de Elías Soplin Vargas (2017)

Es decir la población objetivo está compuesta por **N= 614** habitantes.

- **Muestra**

Para determinar el tamaño de la muestra se usó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + (Z^2 * p * q)}$$

Con un nivel de confianza del 92% ( $Z=1.76$ ) y un nivel de precisión  $E=0.08\%$ , quedando determinada la muestra de la siguiente manera:

$$n = \frac{614 * 1.76^2 * 0.5 * 0.5}{0.08^2 * (614 - 1) + (1.76^2 * 0.5 * 0.5)}$$

Asimismo, haciendo uso del muestreo estratificado se asignaron los usuarios a la muestra quedando distribuidas de la siguiente manera:

**Tabla 5**  
*Muestras de las localidades calculadas*

<b>Localidad</b>	<b>Habitantes</b>
Puerto Bagazán	48
Nueva Esperanza	18
La Victoria	34
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

## 2.2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### A. Técnicas

- Encuesta aplicada a los usuarios del sistema de abastecimiento de agua potable sobre la situación actual del servicio y disponibilidad hídrica de la fuente proyectada.
- Entrevista, técnica de observación de información mediante el dialogo mantenido en un encuentro formal y planeado, entre una o más personas entrevistadoras y una o más entrevistadas, en el que se transforma y sistematiza la información conocida por estas, de forma que sea un elemento útil para el desarrollo de un proyecto.
- Los datos necesarios para cálculo de la red de abastecimiento serán brindados por la Municipalidad Distrital de Elías Soplín Vargas, que actualmente se encuentra administrando los servicios a través del Área Técnica Municipal.
- Para la obtención de la población se usarán como fuentes los censos realizados por la INEI en el año 2007 proyectando mediante datos estadísticos para un periodo de abastecimiento de 20 años.

### B. Instrumentos

- ✓ Catálogo de Tuberías y Accesorios de PVC
- ✓ Resultados de análisis de calidad de agua
- ✓ Cronómetro
- ✓ Cámara Fotográfica
- ✓ GPS
- ✓ Impresora
- ✓ Software de WaterCAD

## 2.2.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- AutoCAD: Programa de diseño de dibujo asistido por computadora que permitirá plasmar el diseño de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.

- AutoCAD Civil 3D: Acelerar las tareas de diseño de perfiles hidráulicos de las líneas de conducción y aducción.
- WaterCAD: es un software comercial de análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución o de riesgo). permite la simulación hidráulica de un modelo computacional representado en este caso por elementos tipo: línea (tramos de tuberías), Punto (nodos de consumo, tanques, reservorios, hidrantes) e Híbridos (bombas, válvulas de control, regulación, etc.) diseño de la red de distribución de agua potable.
- Word 2013: Procesamiento de datos.
- Excel 2013: Procesamiento de datos numéricos y de diseño, tablas estadísticas y gráficos

Posteriormente se procedió a analizar mediante la utilización de la estadística descriptiva, haciendo referencia a que la muestra para la simulación hidráulica de la investigación es la totalidad de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva esperanza y la Victoria, directamente a través de la distribución de frecuencias para datos agrupados e intervalos, ya que las frecuencias absolutas son mínimas para el tratamiento de datos de manera individual. También se utilizó medidas de tendencia central como la media, además de medidas de variables como la varianza y desviación estándar.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis de calidad del agua de la fuente proyectada

Los valores obtenidos en los resultados de laboratorio se comparan con los ECAs para agua, de los USOS A1, A2 y A3 de la subcategoría A (Aguas superficiales y destinadas a la producción de agua potable). Para conocer la calidad del agua del cuerpo natural, debe conocerse los resultados de todos los parámetros que se detallan en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

**Tabla 6**  
*Resultados de análisis Físico-Químico*

Parámetros	Unidad de medida	A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	A2 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3 Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Resultados de análisis Físicoquímicos de la fuente de agua "Puerto Bagazán"
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7	-
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**	<0.004
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2	-
Cloruros	mg/L	250	250	250	8.22
Color					
Color (b)	verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**	<4
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**	344
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ) 5	mg/L	3	5	10	-
Dureza	mg/L	500	**	**	150.2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30	-
Fenoles	mg/L	0,003	**	**	-
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**	0.16
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15	
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	-
Nitratos (NO -) (c)3	mg/L	50	50	50	0.300
Nitritos (NO -) (d)2	mg/L	3	3	**	<0.005
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**	-
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	-

Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0	<b>7.5</b>
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	<b>258</b>
Sulfatos	mg/L	250	500	**	<b>15.6</b>
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**	-
Turbiedad	UNT	5	100	**	<b>&lt;0.1</b>

**Fuente:** Informe de Ensayo N° J-00268946 – NSF Envirolab S.A.C.

De acuerdo a la tabla 06, el informe de laboratorio N° J-00268946 – NSF Envirolab, de la fuente de agua denominada “Puerto Bagazán” destinadas a la producción de agua potable; Los parámetros Físicos-Químicos presentados con respecto a **Cianuro total, Cloruros, Color, Conductividad, dureza, Fluoruros, Nitratos, Nitritos, pH, Sólidos totales disueltos, sulfatos y turbiedad**, el laboratorio presenta un límite de cuantificación menor a los valores de Estándares de Calidad Ambiental para agua de la Sub Categoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

**Tabla 7**

*Resultado de análisis microbiológicos y parasitológicos*

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3	Resultados de análisis de parámetros microbiológicos y Parasitológicos de la fuente de agua “Puerto Bagazán”
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>					
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**	<b>2</b>
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000	<b>2</b>
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**	-
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**	-
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x106	<5x106	<b>26</b>

**Fuente:** Informe de Ensayo N° J-00268946 – NSF Envirolab S.A.C.

De acuerdo a la tabla 07 informe de laboratorio N° J-00268946 – NSF Envirolab, de la fuente de agua denominada “Puerto Bagazán” destinadas a la producción de agua potable; Los parámetros Microbiológicos y Parasitológicos presentados con respecto

a **Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, Escherichia coli, organismos de vida libre**, el laboratorio presenta un límite de cuantificación menor a los valores de Estándares de Calidad Ambiental para agua de la Sub Categoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

**Tabla 8**  
*Resultados de análisis de metales pesados*

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3	Resultados de análisis de parámetros microbiológicos y Parasitológicos de la fuente de agua "Puerto Bagazán"
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	
<b>INORGÁNICOS</b>					
Aluminio	mg/L	0,9	5	5	<b>0.029</b>
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**	<b>&lt;0.006</b>
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15	<b>&lt;0.007</b>
Bario	mg/L	0,7	1	**	<b>0.036</b>
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1	<b>&lt;0.0005</b>
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4	<b>0.043</b>
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01	<b>&lt;0.001</b>
Cobre	mg/L	2	2	2	<b>&lt;0.002</b>
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	<b>&lt;0.001</b>
Hierro	mg/L	0,3	1	5	<b>0.025</b>
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5	<b>0.002</b>
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	<b>&lt;0.0001</b>
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**	<b>&lt;0.002</b>
Níquel	mg/L	0,07	**	**	<b>&lt;0.002</b>
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	<b>&lt;0.001</b>
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05	<b>&lt;0.006</b>
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	<b>0.00058</b>
Zinc	mg/L	3	5	5	<b>0.006</b>

**Fuente:** Informe de Ensayo N° J-00268946 – NSF Envirolab S.A.C.

De acuerdo a la tabla 08, el resultado de análisis de metales pesados en la fuente Puerto Bagazán se determina que presenta un límite de cuantificación menor a los valores de Estándares de Calidad Ambiental para agua de la Sub Categoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

### 3.2. Balance hídrico de la fuente proyectada

De acuerdo a la tabla 09, se sostiene que la disponibilidad hídrica de la fuente proyectada anual es de **225303.58 Lt/s**, la demanda Hídrica anual requerida es de **70955.80 Lt/s**. se considera un 10% del caudal para el volumen del caudal ecológico que es **22530.36 It/s**. Presentando un superávit Hídrico un total de **132237.33 Lt/s**. por lo tanto se concluye que la fuente denominada manantial Puerto Bagazán si abastecerá la demanda requerida por los habitantes de las localidades de Puerto Bagazán, Nueva esperanza y la Victoria.

**Tabla 9**

*Balance hídrico mensualizado de la fuente Puerto Bagazán*

Concepto	Und	BALANCE HIDRICO DE LA FUENTE												TOTAL
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
<b>DISPONIBILIDAD HIDRICA</b>	Volumen (lt/s)	19545.81	22667.23	24159.17	15985.92	17686.07	6246.72	16529.48	21355.61	9165.75	25638.80	14711.90	31611.13	<b>225303.58</b>
<b>DEMANDA HIDRICA</b>	Volumen (lt/s)	6026.40	5443.00	6026.40	5832.00	6026.40	5832.00	6026.40	6026.40	5832.00	6026.40	5832.00	6026.40	<b>70955.80</b>
<b>VOLUMEN DEL CAUDAL ECOLOGICO (10%)</b>	Volumen (lt/s)	1954.58	2266.72	2415.92	1598.59	1768.61	624.67	1652.95	2135.56	916.57	2563.88	1471.19	3161.11	<b>22530.36</b>
<b>SUPERAVIT HIDRICO</b>	Volumen (lt/s)	11564.83	14957.50	15716.85	8555.33	9891.06	209.95	8850.13	13193.65	2417.17	17048.52	7408.71	22423.61	<b>132237.33</b>

Fuente: Elaboración propia

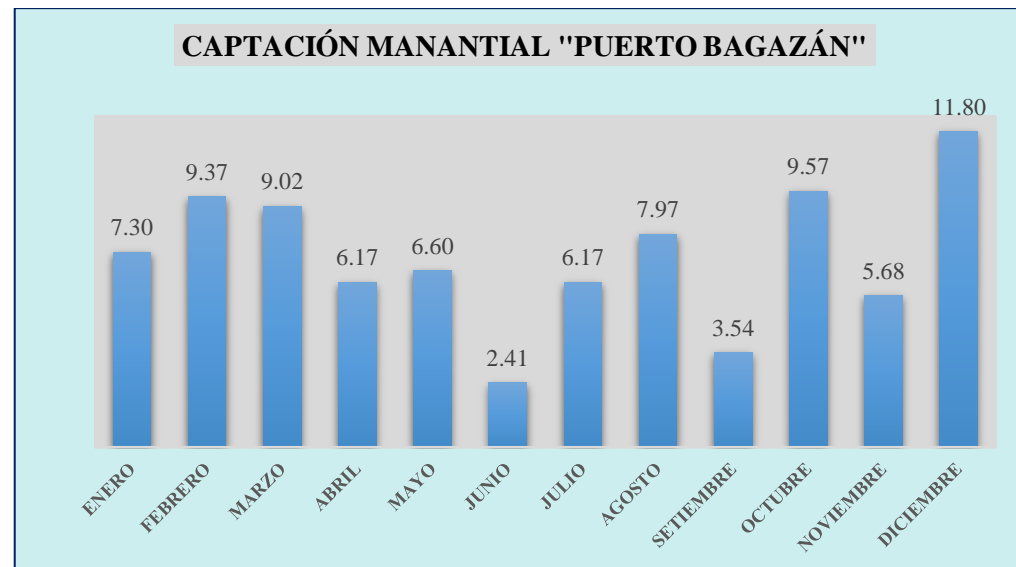
### 3.3. Resultado del aforo mensualizado

**Tabla 10**

*Resultado de aforo mensualizado*

AFORO												
FUENTE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
CAPTACIÓN MANANTIAL PUERTO BAGAZAN	7.30	9.37	9.02	6.17	6.60	2.41	6.17	7.97	3.54	9.57	5.68	11.80

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3** Aforo mensualizado

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Sistema de abastecimiento de agua potable

#### 3.4.1. Parámetros de diseño

##### 3.4.1.1. Periodo de diseño

Se ha establecido un periodo de vida útil del proyecto en mención de 20 años, la predicción del crecimiento de la población será del año 2018 + 20 = 2038.años  
Resultado de los cálculos para la estimación de la Población de Diseño: Como podemos ver en los cálculos.

##### 3.4.1.2. Población de diseño

Para el cálculo de la población futura se ha utilizado el método aritmético, por ser el método que se ajusta para zonas rurales y el que nos recomienda el ministerio de construcción y saneamiento, utilizando la expresión:

**Tabla 11**

*Datos de la localidad de puerto bagazán*

<b>Datos</b>	<b>Puerto Bagazán</b>
Número de Viviendas	74.00
Número de Habitantes	296.00
<b>Densidad Poblacional</b>	<b>4.00 hab./viv.</b>

**Fuente:** Municipalidad Distrital de Elías Soplín Vargas (2017).

Datos:

**Población actual (2018):** 296 habitantes

**Tasa de crecimiento:** Según el INEI la Tasa de crecimiento del distrito de Elías Soplín Vargas es de 4.52%.

**Periodo de diseño:** 20 años.

Utilizando el método aritmético tenemos los siguientes datos:

$$Pd = Pi \left( 1 + \frac{r * t}{100} \right)$$

**Tabla 12**  
*Población proyectada de la localidad de puerto bagazán*

<b>Año</b>	<b>Población proyectada</b>	
<b>Base</b>	<b>2018</b>	<b>296</b>
1	2019	309
2	2020	323
3	2021	336
4	2022	350
5	2023	363
6	2024	376
7	2025	390
8	2026	403
9	2027	416
10	2028	430
11	2029	443
12	2030	457
13	2031	470
14	2032	483
15	2033	497
16	2034	510
17	2035	523
18	2036	537
19	2037	550
<b>20</b>	<b>2038</b>	<b>564</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la tabla 12 se determina la población proyectada para el periodo 2038 de la localidad de Puerto Bagazán un total de 564 habitantes.

**Tabla 13**  
*Datos de la localidad de nueva esperanza*

<b>Datos</b>	<b>Nueva Esperanza</b>
Número de Viviendas	24
Número de Habitantes	109
<b>Densidad Poblacional</b>	<b>4.54 hab./viv.</b>

**Fuente:** Municipalidad Distrital de Elías Soplin Vargas (2017).

Datos:

**Población actual (2018):** 109 habitantes

**Tasa de crecimiento:** Según el INEI la Tasa de crecimiento del distrito de Elías Soplin Vargas es de 4.52%.

**Periodo de diseño:** 20 años.

Utilizando el método aritmético tenemos los siguientes datos:

$$Pd = Pi(1 + \frac{r * t}{100})$$

**Tabla 14**

*Población proyectada de la localidad de nueva esperanza*

	<b>Año</b>	<b>Población Proyectada</b>
<b>Base</b>	<b>2018</b>	<b>109</b>
1	2019	114
2	2020	119
3	2021	124
4	2022	129
5	2023	134
6	2024	139
7	2025	143
8	2026	148
9	2027	153
10	2028	158
11	2029	163
12	2030	168
13	2031	173
14	2032	178
15	2033	183
16	2034	188
17	2035	193
18	2036	198
19	2037	203
<b>20</b>	<b>2038</b>	<b>208</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la tabla 14 se determina la población proyectada para el periodo 2038 de la localidad de Nueva Esperanza un total de 208 habitantes.

**Tabla 15**

*Datos de la localidad de la victoria*

<b>Datos</b>	<b>La Victoria</b>
Número de Viviendas	54
Número de Habitantes	209
<b>Densidad Poblacional</b>	<b>3.87 hab./viv.</b>

**Fuente:** Municipalidad Distrital de Elías Soplin Vargas (2017).

Datos:

**Población actual (2018):** 209 habitantes

**Tasa de crecimiento:** Según el INEI la Tasa de crecimiento del distrito de Elías Soplin Vargas es de 4.52%

**Periodo de diseño:** 20 años.

Utilizando el método aritmético tenemos los siguientes datos:

$$Pd = Pi \left( 1 + \frac{r * t}{100} \right)$$

**Tabla 16**

*Población proyectada de la localidad de la victoria*

	Año	Población Proyectada
<b>Base</b>	<b>2018</b>	<b>209</b>
1	2019	218
2	2020	228
3	2021	237
4	2022	247
5	2023	256
6	2024	266
7	2025	275
8	2026	285
9	2027	294
10	2028	303
11	2029	313
12	2030	322
13	2031	332
14	2032	341
15	2033	351
16	2034	360
17	2035	370
18	2036	379
19	2037	388
<b>20</b>	<b>2038</b>	<b>398</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la tabla 16 se determina la población proyectada para el periodo 2038 de la localidad de la Victoria un total de 398 habitantes.

### 3.4.1.3. Dotación

La Dotación considerada es de 120 lt/hab/día.

### 3.4.1.4. Caudales de diseño

#### a. Consumo promedio anual (Qp)

$$Q_p = \frac{\text{Dotación} \left( \frac{l}{\text{hab. día}} \right) \times \text{Poblacion diseño (hab)}}{86400}$$

**b. Consumo máximo diario (Qmd).**

$$Q_{md} \left[ \frac{l}{s} \right] = 1.3 \times Q_p [l/s]$$

**c. Consumo máximo horario (Qmh).**

$$Q_{mh} \left[ \frac{l}{s} \right] = 2 \times Q_p [l/s]$$

**Tabla 17***Caudales de diseño de la localidad de puerto bagazán*

AÑO	POBLACION	CONSUMO DE AGUA PROMEDIO (LTS/SEG)				PERDIDAS %	DEMANDA DE AGUA POTABLE				
		DOMESTICAS	ESTATAL	SOCIAL	TOTAL		QP		QMD	QMH	
							(LTS/SEG)	M3/DIA	(LTS/SEG)	(LTS/SEG)	
( 1 )	( 2 )	( 24 )	( 25 )	( 26 )	( 27 )	(28)	( 29 )	( 30 )	( 31 )	( 32 )	
Base	2018	296	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0	0.00	0.00	
1	2019	309	0.43	0.036	0.02	0.49	0.0%	0.49	42	0.63	0.97
2	2020	323	0.45	0.036	0.02	0.51	0.0%	0.51	44	0.66	1.01
3	2021	336	0.47	0.036	0.02	0.53	0.0%	0.53	45	0.68	1.05
4	2022	350	0.49	0.036	0.02	0.54	0.0%	0.54	47	0.71	1.09
5	2023	363	0.50	0.036	0.02	0.56	0.0%	0.56	49	0.73	1.13
6	2024	376	0.52	0.036	0.02	0.58	0.0%	0.58	50	0.75	1.16
7	2025	390	0.54	0.036	0.02	0.60	0.0%	0.60	52	0.78	1.20
8	2026	403	0.56	0.036	0.02	0.62	0.0%	0.62	53	0.80	1.24
9	2027	416	0.58	0.036	0.02	0.64	0.0%	0.64	55	0.83	1.27
10	2028	430	0.60	0.036	0.02	0.66	0.0%	0.66	57	0.85	1.31
11	2029	443	0.62	0.036	0.02	0.67	0.0%	0.67	58	0.88	1.35
12	2030	457	0.63	0.036	0.02	0.69	0.0%	0.69	60	0.90	1.39
13	2031	470	0.65	0.036	0.02	0.71	0.0%	0.71	61	0.92	1.42
14	2032	483	0.67	0.036	0.02	0.73	0.0%	0.73	63	0.95	1.46
15	2033	497	0.69	0.036	0.02	0.75	0.0%	0.75	65	0.97	1.50
16	2034	510	0.71	0.036	0.02	0.77	0.0%	0.77	66	1.00	1.53
17	2035	523	0.73	0.036	0.02	0.78	0.0%	0.78	68	1.02	1.57
18	2036	537	0.75	0.036	0.02	0.80	0.0%	0.80	69	1.05	1.61
19	2037	550	0.76	0.036	0.02	0.82	0.0%	0.82	71	1.07	1.64
20	2038	564	0.78	0.036	0.02	0.84	0.0%	0.84	73	1.09	1.68

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 17 se describe los resultados de los caudales de diseño cada año.

Los caudales de diseño proyectados para el año 20 en la localidad de Puerto

Bagazán son los siguientes:

$$Q_p = 0.84 \text{ lt/s}$$

$$Q_{md}=1.09 \text{ lt/s}$$

$$Q_{mh}=1.68 \text{ lt/s}$$

**Tabla 18**

*Caudales de diseño de la localidad de nueva esperanza*

AÑO	POBLACION	CONSUMO DE AGUA PROMEDIO (LTS/SEG)				PERDIDAS %	DEMANDA DE AGUA POTABLE				
		DOMESTICAS	ESTATAL	SOCIAL	TOTAL		QP		QMD	QMH	
							(LTS/SEG)	M3/DIA	(LTS/SEG)	(LTS/SEG)	
( 1 )	( 2 )	( 24 )	( 25 )	( 26 )	( 27 )	(28)	( 29 )	( 30 )	( 31 )	( 32 )	
Base	2018	109	0.01	0.00	0.00		0.00	0	0.00	0.00	
1	2019	114	0.16	0.030	0.01	0.20	0.0%	0.20	17	0.26	0.40
2	2020	119	0.17	0.030	0.01	0.20	0.0%	0.20	17	0.26	0.40
3	2021	124	0.17	0.030	0.01	0.21	0.0%	0.21	18	0.27	0.42
4	2022	129	0.18	0.030	0.01	0.22	0.0%	0.22	19	0.28	0.43
5	2023	134	0.19	0.030	0.01	0.22	0.0%	0.22	19	0.29	0.44
6	2024	139	0.19	0.030	0.01	0.23	0.0%	0.23	20	0.30	0.46
7	2025	143	0.20	0.030	0.01	0.23	0.0%	0.23	20	0.31	0.47
8	2026	148	0.21	0.030	0.01	0.24	0.0%	0.24	21	0.31	0.48
9	2027	153	0.21	0.030	0.01	0.25	0.0%	0.25	21	0.32	0.50
10	2028	158	0.22	0.030	0.01	0.26	0.0%	0.26	22	0.33	0.51
11	2029	163	0.23	0.030	0.01	0.26	0.0%	0.26	23	0.34	0.53
12	2030	168	0.23	0.030	0.01	0.27	0.0%	0.27	23	0.35	0.54
13	2031	173	0.24	0.030	0.01	0.28	0.0%	0.28	24	0.36	0.55
14	2032	178	0.25	0.030	0.01	0.28	0.0%	0.28	24	0.37	0.57
15	2033	183	0.25	0.030	0.01	0.29	0.0%	0.29	25	0.38	0.58
16	2034	188	0.26	0.030	0.01	0.30	0.0%	0.30	26	0.39	0.59
17	2035	193	0.27	0.030	0.01	0.30	0.0%	0.30	26	0.40	0.61
18	2036	198	0.28	0.030	0.01	0.31	0.0%	0.31	27	0.40	0.62
19	2037	203	0.28	0.030	0.01	0.32	0.0%	0.32	27	0.41	0.64
20	2038	208	0.29	0.030	0.01	0.33	0.0%	0.33	28	0.42	0.65

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 18 se describe los resultados de los caudales de diseño cada año.

Los caudales de diseño proyectados para el año 20 en la localidad de Nueva Esperanza son los siguientes:

$$Q_p= 0.33 \text{ lt/s}$$

$$Q_{md}=0.42 \text{ lt/s}$$

$$Q_{mh}=0.65 \text{ lt/s}$$

**Tabla 19**  
Caudales de diseño de la localidad de la victoria

AÑO	POBLACION	CONSUMO DE AGUA PROMEDIO (LTS/SEG)				PERDIDAS %	DEMANDA DE AGUA POTABLE				
		DOMESTICAS	ESTATAL	SOCIAL	TOTAL		QP		QMD	QMH	
							(LTS/SEG)	M3/DIA	(LTS/SEG)	(LTS/SEG)	
( 1 )	( 2 )	( 24 )	( 25 )	( 26 )	( 27 )	(28)	( 29 )	( 30 )	( 31 )	( 32 )	
Base	2018	209	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0	0.00	0.00	
1	2019	218	0.30	0.014	0.01	0.32	0.0%	0.32	28	0.42	0.65
2	2020	228	0.32	0.014	0.01	0.34	0.0%	0.34	29	0.44	0.67
3	2021	237	0.33	0.014	0.01	0.35	0.0%	0.35	30	0.45	0.70
4	2022	247	0.34	0.014	0.01	0.36	0.0%	0.36	31	0.47	0.72
5	2023	256	0.36	0.014	0.01	0.37	0.0%	0.37	32	0.49	0.75
6	2024	266	0.37	0.014	0.01	0.39	0.0%	0.39	34	0.51	0.78
7	2025	275	0.38	0.014	0.01	0.40	0.0%	0.40	35	0.52	0.80
8	2026	285	0.40	0.014	0.01	0.42	0.0%	0.42	36	0.54	0.83
9	2027	294	0.41	0.014	0.01	0.43	0.0%	0.43	37	0.56	0.86
10	2028	303	0.42	0.014	0.01	0.44	0.0%	0.44	38	0.57	0.88
11	2029	313	0.43	0.014	0.01	0.45	0.0%	0.45	39	0.59	0.91
12	2030	322	0.45	0.014	0.01	0.47	0.0%	0.47	40	0.61	0.93
13	2031	332	0.46	0.014	0.01	0.48	0.0%	0.48	42	0.62	0.96
14	2032	341	0.47	0.014	0.01	0.49	0.0%	0.49	43	0.64	0.99
15	2033	351	0.49	0.014	0.01	0.51	0.0%	0.51	44	0.66	1.01
16	2034	360	0.50	0.014	0.01	0.52	0.0%	0.52	45	0.67	1.04
17	2035	370	0.51	0.014	0.01	0.53	0.0%	0.53	46	0.69	1.07
18	2036	379	0.53	0.014	0.01	0.55	0.0%	0.55	47	0.71	1.09
19	2037	388	0.54	0.014	0.01	0.56	0.0%	0.56	48	0.73	1.12
20	2038	398	0.55	0.014	0.01	0.57	0.0%	0.57	49	0.74	1.14

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 19 se describe los resultados de los caudales de diseño cada año. Los caudales de diseño proyectados para el año 20 en la localidad de Puerto Bagazán son los siguientes:

$$Q_p = 0.57 \text{ lt/s}$$

$$Q_{md} = 0.74 \text{ lt/s}$$

$$Q_{mh} = 1.14 \text{ lt/s}$$

### 3.4.2. Cálculo de los componentes del sistema de agua potable

#### 3.4.2.1. Captación tipo manantial de ladera

La captación se diseña con el Caudal máximo diario.

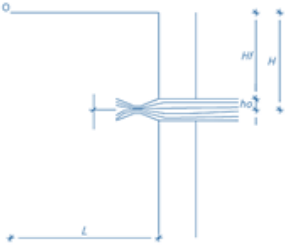
$$Qmd_{Total} = Qmd(\text{Puerto Bagazán}) + Qmd(\text{Nueva Esperanza}) + Qmd(\text{La victoria})$$

$$Qmd_{Total} = 1.09 \text{ l/s} + 0.42 \text{ l/s} + 0.74 \text{ l/s}$$

$$Qmd_{Total} = 2.25 \text{ l/s}$$

- El Gasto máximo diario para el diseño de la captación es de 2.25 lt/s
- El caudal máximo y el caudal mínimo de la fuente manantial Puerto Bagazán se determinó según el aforo mensualizado.

Según el aforo realizado el caudal máximo es **11.80 lt/s** y el caudal mínimo es de **2.41 It/s**.

<b>DISEÑO DE CAPTACION DE MANANTIAL</b>																																																																	
<b>DATOS INICIALES</b>																																																																	
CAUDAL MAXIMO	: 11.80 Lit./Seg.	GASTO MAXIMO DIARIO : 2.25 Lit./Seg.																																																															
CAUDAL MINIMO	: 2.41 Lit./Seg.																																																																
<p>Quando la fuente de agua es un manantial de ladera y concentrado, la captación constará de tres partes:</p> <p>La primera, corresponde a la protección del afloramiento</p> <p>la segunda, a una cámara húmeda para regular el gasto a utilizarse.</p> <p>la tercera, a una cámara seca que sirve para proteger la válvula de control.</p>																																																																	
<b>1. CALCULO DE LA DISTANCIA ENTRE EL PUNTO DE AFLORAMIENTO Y LA CAMARA HUMEDA (L)</b>																																																																	
	<b>Calculo de la pérdida de carga en el orificio (ho)</b>																																																																
	$V = \sqrt{\frac{2g h_o}{1.56}}$	<table border="1"> <tr> <td>ho =</td> <td>0.40</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>g =</td> <td>9.81</td> <td>m/s<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>V = 2.24 \text{ m/s}</math></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><b>(V de Diseño) V = 0.60 m/s</b></td> </tr> </table>	ho =	0.40	m	g =	9.81	m/s <sup>2</sup>	$V = 2.24 \text{ m/s}$			<b>(V de Diseño) V = 0.60 m/s</b>																																																					
ho =	0.40	m																																																															
g =	9.81	m/s <sup>2</sup>																																																															
$V = 2.24 \text{ m/s}$																																																																	
<b>(V de Diseño) V = 0.60 m/s</b>																																																																	
$h_o = 1.56 \frac{V^2}{2g}$	<table border="1"> <tr> <td>ho =</td> <td>0.029</td> <td>m</td> </tr> </table>		ho =	0.029	m																																																												
ho =	0.029	m																																																															
<b>Calculo de la pérdida de carga (Hf)</b>		<b>Calculo de la distancia entre el afloramiento y la caja de captacion (L)</b>																																																															
<table border="1"> <tr> <td>H =</td> <td>0.400</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>ho =</td> <td>0.029</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>hf =</td> <td>0.371</td> <td>m</td> </tr> </table>	H =	0.400	m	ho =	0.029	m	hf =	0.371	m	$H_f = H - h_o$	<table border="1"> <tr> <td>Hf =</td> <td>0.371</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>L =</td> <td>1.238</td> <td>m</td> </tr> </table>	Hf =	0.371	m	L =	1.238	m																																																
H =	0.400	m																																																															
ho =	0.029	m																																																															
hf =	0.371	m																																																															
Hf =	0.371	m																																																															
L =	1.238	m																																																															
<b>2. ANCHO DE LA PANTALLA (b)</b>																																																																	
<b>Calculo del Diametro del orificio de entrada (D)</b>	<b>Calculo del Numero de Orificios (NA)</b>	<b>Calculo del ancho de la pantalla (b)</b>																																																															
<table border="1"> <tr> <td>Qmax =</td> <td>11.80</td> <td>Lt/s</td> </tr> <tr> <td>V =</td> <td>0.60</td> <td>m/s</td> </tr> <tr> <td>Cd =</td> <td>0.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>A = \frac{Q_{MAX}}{Cd \cdot V}</math></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">0.025 m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>D =</td> <td>17.69</td> <td>Cm</td> </tr> <tr> <td>D =</td> <td>7</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}</math></td> </tr> </table>	Qmax =	11.80	Lt/s	V =	0.60	m/s	Cd =	0.8		$A = \frac{Q_{MAX}}{Cd \cdot V}$			0.025 m <sup>2</sup>			D =	17.69	Cm	D =	7	"	$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$			<table border="1"> <tr> <td>D1 =</td> <td>7</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>D2 =</td> <td>3</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><b>Recomendación: D1 ≤ 3 "</b></td> </tr> <tr> <td>D de Diseño:</td> <td>3</td> <td>"</td> </tr> <tr> <td>NA =</td> <td>6.39</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>NA = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 + 1</math></td> </tr> <tr> <td>NA =</td> <td>6.00</td> <td></td> </tr> </table>	D1 =	7	"	D2 =	3	"	<b>Recomendación: D1 ≤ 3 "</b>			D de Diseño:	3	"	NA =	6.39		$NA = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 + 1$			NA =	6.00		<table border="1"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><math>b = 2(6D) + NA(D) + 3D(NA - 1)</math></td> </tr> <tr> <td>D =</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NA =</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Entonces: b = 99 "</td> </tr> <tr> <td colspan="3">b = 2.51 m</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Consideraremos un ancho de b = 2.50 m</td> </tr> </table>	$b = 2(6D) + NA(D) + 3D(NA - 1)$			D =	3		NA =	6		Entonces: b = 99 "			b = 2.51 m			Consideraremos un ancho de b = 2.50 m		
Qmax =	11.80	Lt/s																																																															
V =	0.60	m/s																																																															
Cd =	0.8																																																																
$A = \frac{Q_{MAX}}{Cd \cdot V}$																																																																	
0.025 m <sup>2</sup>																																																																	
D =	17.69	Cm																																																															
D =	7	"																																																															
$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$																																																																	
D1 =	7	"																																																															
D2 =	3	"																																																															
<b>Recomendación: D1 ≤ 3 "</b>																																																																	
D de Diseño:	3	"																																																															
NA =	6.39																																																																
$NA = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 + 1$																																																																	
NA =	6.00																																																																
$b = 2(6D) + NA(D) + 3D(NA - 1)$																																																																	
D =	3																																																																
NA =	6																																																																
Entonces: b = 99 "																																																																	
b = 2.51 m																																																																	
Consideraremos un ancho de b = 2.50 m																																																																	

### 3. ALTURA DE LA CAMARA HUMEDA (Ht)

$A = 10.00 \text{ cm}$   $H_t = A + B + H + D + E$   
 $B = 3.80 \text{ cm}$  Entonces:  
 $D = 10.00 \text{ cm}$   
 $E = 40.00 \text{ cm}$   $H_t = 94.82 \text{ cm}$   
 $H = 31.02 \text{ cm}$   
 $H_t = 94.82 \text{ cm}$

**Calculo del valor de la carga (H)**

$Q_{md} = 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $A = 0.001 \text{ m}^2$   $H = 1.56 \frac{Q_{md}^2}{2gA^2}$   
 $g = 9.81 \text{ m}/\text{s}^2$   
 Recomendación:  $H \geq 30 \text{ cm}$

$H = 31.02 \text{ cm}$  ok!!!

### 4. DIMENSIONAMIENTO DE LA CANASTILLA

TAMAÑO DEL ORIFICIO (detalle)

7 mm

5 mm

Calculo del diametro (Dcanastilla) y longitud de la canastilla (L)	Calculo del area total de ranuras (At)	Numero de Ranuras
$D_c = 3 \text{ ''}$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><math>D_{CANASTILLA} = 2D_c</math></span> $D_{canastilla} = 6 \text{ ''}$ <b>Recomendación:</b> $3D_c \leq L \leq 6D_c$ <b>Calculamos el Rango de L :</b> $23.00 \leq L \leq 46$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><math>L = 25.00 \text{ cm}</math></span> <b>Area de la ranura: (Ar)</b> $Ar = 35.00 \text{ mm}^2$ $Ar = 3.50E-05 \text{ m}^2$	$D_c = 3 \text{ ''}$ $A_c = 4.56E-03 \text{ m}^2$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><math>A_c = \frac{\pi D_c^2}{4}</math></span> $A_t = 9.12E-03 \text{ m}^2$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><math>A_t = 2A_c</math></span> <b>Recomendación:</b> El valor de $A_t$ no debe ser mayor al 50% del area lateral de la granada ( $A_g$ ) $D_g = 6 \text{ ''}$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><math>A_g = 0.5 \cdot D_g \cdot L</math></span> $L = 0.25 \text{ m}$ $A_g = 0.060 \text{ m}^2$ <b>(si cumple)</b>	$N^\circ \text{ de ranuras} = \frac{\text{Area total de ranura}(A_t)}{\text{Area de ranura}(A_r)}$ $N^\circ \text{ de ranuras} = 260.59$ $N^\circ \text{ de ranuras} = 261$

### 5. REBOSE Y LIMPIA

La tubería de rebose y limpia tienen el mismo diametro

**TUBERIA DE LIMPIA**

$$D = \frac{0.71 \cdot Q^{0.38}}{hf^{0.21}}$$

$Q = 11.80 \text{ Lt/s}$   
 $hf = 0.015 \text{ m/m}$

$D = 4.38 \text{ ''}$   
 $D = 4 \text{ ''}$

**CONO DE REBOSE**

$D = 4 \times 6$

### 3.4.2.2. Líneas de conducción

Para el cálculo de las tuberías que están trabajando a presión, se utilizará a Fórmula establecida por HAZEN y WILLIAMS, el cual se presenta a continuación:

$$Q = 0.0004264 (C) (D^{2.63}) (h_f^{0.54})$$

Fuente: Arturo Rocha Felices, "HIDRAULICA DE TUBERIAS Y CANALES", Pg. 218.

Donde:

- $C$  : Coeficiente de Hazen y Williams ( $\sqrt{Pie}/Seg.$ )  
 $D$  : Diámetro de la tubería (*Pulgadas*)  
 $hf$  : Pérdida de carga unitaria - pendiente (*m/Km*)  
 $Q_{CONDUCCION}$  : Caudal de conducción (*Lts./Seg.*)

Se planteó la Instalación 02 Líneas de Conducción.

## DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCION N°01

### DATOS DE CALCULO

CAUDAL MAXIMO DIARIO:

2.25 Lit./Seg.

COEFICIENTE C :

(R.N.E) Tub.: Poli(cloruro de vinilo)(PVC)

C=

150

Se realizará un análisis general de toda la línea (tramo or tramo), para de esta forma poder verificar las presiones existentes en cada punto, de acuerdo a los criterios establecidos por Hazen y Williams, presentados en el siguiente cuadro:

DISTANCIA HORIZONTAL (Km + m)	COTA DE TUBERIA		LONG. DE TUBERIA (m)	CAUDAL (m³/Seg.)	DIAM COMER. (Pulg)	Diametro (mm)	Espesor (mm)	Diametro Interno (mm)	VELOCIDAD → (m/Seg.)	PERDIDA DE CARGA Hf(m)	Hk (m)	Hf(t) → (m)	PENDIENTE (m/Km)	C. Piez j (m.s.n.m.)	PRESION (m.c.a)
	CI	CJ													
00 Km + 150.00 m	872.00	862.99	150.00	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	1.070	0.00	1.07	7.13	870.93	7.90
00 Km + 300.00 m	862.99	860.06	150.00	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	1.070	0.01	1.08	7.20	869.81	9.80
00 Km + 450.00 m	860.06	859.43	150.00	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	1.070	0.01	1.08	7.20	868.78	9.30
00 Km + 600.00 m	859.43	858.94	150.00	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	1.070	0.01	1.08	7.20	867.65	8.70
00 Km + 750.00 m	858.94	858.48	150.00	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	1.070	0.01	1.08	7.20	866.56	8.10
00 Km + 900.00 m	858.48	857.76	150.00	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	1.070	0.01	1.08	7.20	865.50	7.70
01 Km + 050.00 m	857.76	856.76	150.00	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	1.070	0.01	1.08	7.20	864.38	7.60
01 Km + 200.00 m	856.76	855.82	150.00	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	1.070	0.01	1.08	7.20	863.28	7.50
01 Km + 350.00 m	855.82	855.03	150.00	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	1.070	0.01	1.08	7.20	862.24	7.20
01 Km + 500.00 m	855.03	853.87	150.00	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	1.070	0.01	1.08	7.20	861.15	7.30
01 Km + 542.85 m	853.87	854.49	42.85	0.00225	2 1/2"	73.00	3.5	66.00	0.66 m/Seg.	0.310	0.00	0.31	7.23	860.86	6.40

La línea de Conducción N°01 nace desde la captación hasta la cámara distribuidora de caudal, la tubería presenta una L=1542.85 m con un diámetro de 2 1/2" de Tubería PVC, velocidad de 0.66 m/s y una presión de 6.40 m.c.a. se sabe que para zonas rurales la velocidad no debe ser inferior a 0.6 m/s ni a 5.00 m.c.a según la Norma Técnica opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

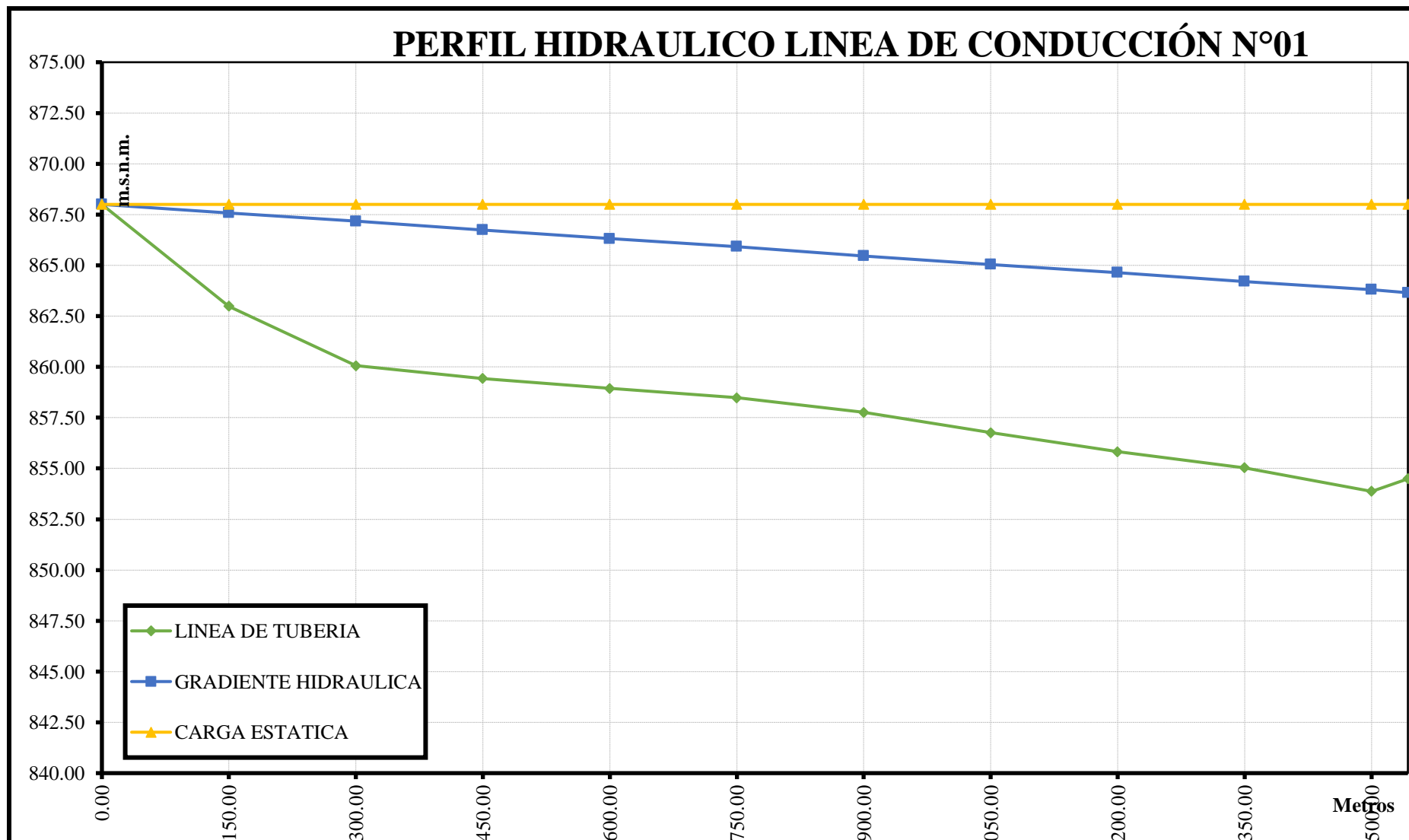


Figura 4 Perfil hidráulico de la línea de conducción N°01

## DISEÑO DE LA LINEA DE CONDUCCION N°02

### DATOS DE CALCULO

CAUDAL MAXIMO DIARIO :

1.08 Lit./Seg.

COEFICIENTE C :

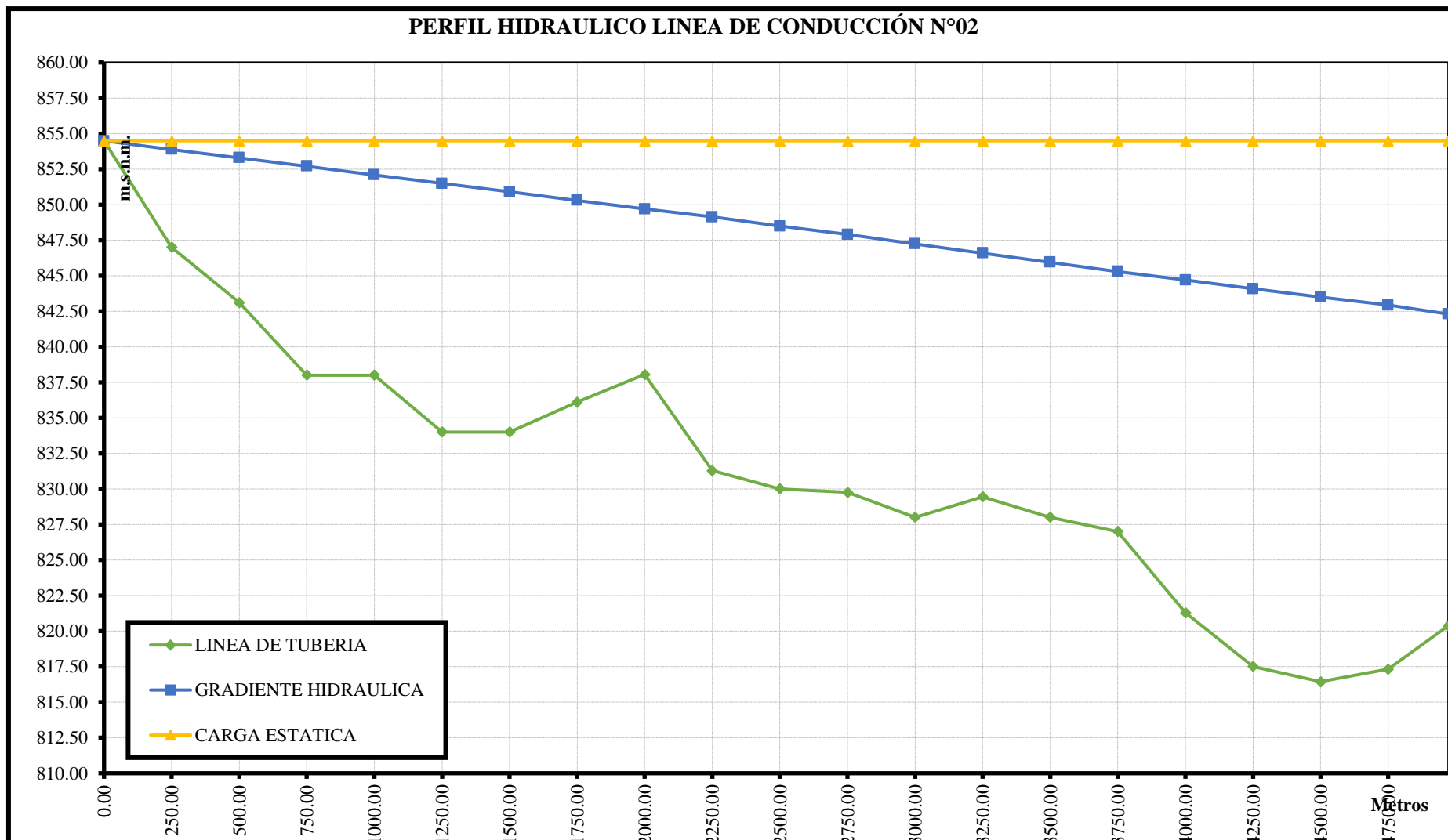
(R.N.E) Tub.: Poli (cloruro de vinilo)(PVC)

C=

150

Se realizará un análisis general de toda la línea (tramo or tramo), para de esta forma poder verificar las presiones existentes en cada punto, de acuerdo a los criterios establecidos por Hazen y Williams, presentados en el siguiente cuadro:

DISTANCIA HORIZONTAL (Km + m)	COTA DE TUBERIA		LONG. DE TUBERIA (m)	CAUDAL (m³/Seg.)	DIAM COMER. (Pulg)	Diametro (mm)	Espesor (mm)	Diametro Interno (mm)	VELOCIDAD → (m/Seg.)	PERDIDA DE CARGA Hf(m)	Hk (m)	Hf(t) → (m)	PENDIENTE (m/Km)	C Piez j (m.s.n.m.)	PRESION (m.c.a)
	CI	CJ													
00 Km + 250.00 m	854.49	847.00	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	853.28	6.30
00 Km + 500.00 m	847.00	843.11	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	852.09	9.00
00 Km + 750.00 m	843.11	838.00	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	850.90	12.90
01 Km + 000.00 m	838.00	838.00	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	849.69	11.70
01 Km + 250.00 m	838.00	834.00	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	848.49	14.50
01 Km + 500.00 m	834.00	834.00	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	847.29	13.30
01 Km + 750.00 m	834.00	836.10	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	846.09	10.00
02 Km + 000.00 m	836.10	838.04	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	844.89	6.90
02 Km + 250.00 m	838.04	831.29	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	843.73	12.40
02 Km + 500.00 m	831.29	830.00	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	842.48	12.50
02 Km + 750.00 m	830.00	829.75	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	841.29	11.50
03 Km + 000.00 m	829.75	828.00	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	840.04	12.00
03 Km + 250.00 m	828.00	829.45	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	838.79	9.30
03 Km + 500.00 m	829.45	828.00	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	837.54	9.50
03 Km + 750.00 m	828.00	827.00	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	836.29	9.30
04 Km + 000.00 m	827.00	821.29	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	835.09	13.80
04 Km + 250.00 m	821.29	817.51	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	833.88	16.40
04 Km + 500.00 m	817.51	816.44	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	832.70	16.30
04 Km + 750.00 m	816.44	817.31	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	831.53	14.20
04 Km + 972.68 m	817.31	820.37	250.00	0.00108	2"	60.00	2.9	54.2	0.55 m/Seg.	1.200	0.01	1.21	4.84	830.30	9.90



*Figura 5* Perfil hidráulico de la línea de conducción N°02

La línea de Conducción N°02 nace desde la cámara distribuidora de caudal hasta el reservorio de  $V=15 \text{ m}^3$ , la tubería presenta una  $L=4972.68$  con un diámetro de 2" de Tubería PVC, velocidad de 0.55 m/s y una presión de 9.90 m.c.a. se sabe que para zonas rurales la velocidad no debe ser inferior a 0.6 m/s ni a 5.00 m.c.a según la Norma técnica Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.

### 3.4.2.3. Reservorio

Se requiere la construcción de un Reservorio Apoyado, para regular el caudal en las horas de máxima demanda.

#### A. Localidad de Puerto Bagazán y Nueva Esperanza

En zonas rurales la capacidad de regulación es el 25% de la demanda de producción promedio diaria, siempre que el suministro sea continuo. Si dicho suministro es discontinuo, la capacidad será del 30% de la demanda promedio diaria.

Consumo promedio:

$$Q_P = 1.1667 \text{ lt/s} \Rightarrow Q_P = 100.80 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Volumen de Almacenamiento:

$$V_{Almac.} = V_{Reg}(Q_P) \Rightarrow V_{Almac.} = 25\%(Q_P)$$

$$V_{Almac.} = 0.25(100.80 \text{ m}^3/\text{dia})$$

$$V_{Almac.} = 25.06 \text{ m}^3 \Rightarrow V_{Reservorio} = 25.00 \text{ m}^3$$

Dimensiones:

Largo	<b>L</b> =	4.00	m
Ancho	<b>A</b> =	4.00	m
Altura Útil	<b>H</b> =	1.60	m
Altura Libre	<b>B</b> =	0.50	m
Prof. Total	<b>Pf</b> =	2.10	m

## B. Localidad de la Victoria

En zonas rurales la capacidad de regulación es el 25% de la demanda de producción promedio diaria, siempre que el suministro sea continuo. Si dicho suministro es discontinuo, la capacidad será del 30% de la demanda promedio diaria.

Consumo promedio:

$$Q_P = 0.57 \text{ lt/s}$$

$$Q_P = 49.42 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Volumen de Almacenamiento:

$$V_{Almac.} = V_{Reg}(Q_P)$$

$$V_{Almac.} = 25\%(Q_P)$$

$$V_{Almac.} = 0.25(49.42 \text{ m}^3/\text{dia})$$

$$V_{Almac.} = 12.35 \text{ m}^3$$

$$V_{Reservorio} = 15.00 \text{ m}^3$$

Dimensiones:

Largo	<b>L</b> =	3.60	m
Ancho	<b>A</b> =	3.60	m
Altura Útil	<b>H</b> =	1.20	m
Altura Libre	<b>B</b> =	0.45	m
Prof. Total	<b>Pf</b> =	1.65	m

### 3.4.2.4. Calculo de desinfección con hipoclorito de calcio

#### A. Reservorio de la localidad de Puerto Bagazán y Nueva esperanza

Caudal de ingreso al reservorio ( $Q_{md}$ )

$$Q_{md} = 1.52 \text{ lt/s}$$

Dosis de hipoclorito de calcio 70% (D)

$$D = 3 \text{ mg/l}$$

Concentración de la solución (C)

$$C = 0.50\%$$

Concentración de la solución (C)

$$C = 5000.00 \text{ mg/l}$$

Caudal de solución promedio C=0.50% (q)

$$q = \frac{Q_{md} \times D}{C}$$

$$q = \frac{1.52 \text{ lt/s} \times 3 \text{ mg/l}}{5000 \text{ mg/l}}$$

$$q = 0.000912 \text{ lt/s}$$

$$q = 0.003283 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tiempo de funcionamiento del tanque de solución (T)

$$T = 168 \text{ horas}$$

$$T = 7 \text{ dias}$$

Volumen del tanque de solución C=0.50% (V)

$$V = q \times T$$

$$V = 0.003283 \times 168$$

$$V = 0.55 \text{ m}^3 \text{ tanque de 600 lt.}$$

Consumo promedio diario (P)

$$P = D \times Q_{md}$$

$$P = 3 \times 1.52$$

$$P = 4.56 \text{ mg/seg.}$$

$$P = 0.017 \text{ kg/hora.}$$

Consumo por tanque de hipoclorito de calcio al 70% (Po)

$$P_o = P \times T$$

$$P_o = 0.017 \times 168$$

$$P_o = 2.85 \text{ Kg}$$

## B. Reservorio de la localidad de la victoria

Caudal de ingreso al reservorio (Qmd)

$$Q_{md} = 0.74 \text{ lt/s}$$

Dosis de hipoclorito de calcio 70% (D)

$$D = 3 \text{ mg/l}$$

Concentración de la solución (C)

$$C = 0.50\%$$

Concentración de la solución (C)

$$C = 5000.00 \text{ mg/l}$$

Caudal de solución promedio  $C=0.50\%$  (q)

$$q = \frac{Q_{md} \times D}{C}$$

$$q = \frac{0.74 \text{ lt/s} \times 3 \text{ mg/l}}{5000 \text{ mg/l}}$$

$$q = 0.000444 \text{ lt/s}$$

$$q = 0.001598 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tiempo de funcionamiento del tanque de solución (T)

$$T = 168 \text{ horas}$$

$$T = 7 \text{ dias}$$

Volumen del tanque de solución  $C=0.50\%$  (V)

$$V = q \times T$$

$$V = 0.001598 \times 168$$

$$V = 0.27 \text{ m}^3 \text{ tanque de } 600 \text{ lt.}$$

Consumo promedio diario (P)

$$P = D \times Q_{md}$$

$$P = 3 \times 0.74$$

$$P = 2.22 \text{ mg/seg.}$$

$$P = 0.009 \text{ kg/hora.}$$

Consumo por tanque de hipoclorito de calcio al 70% (Po)

$$P_o = P \times T$$

$$P_o = 0.009 \times 168$$

$$P_o = 1.52 \text{ Kg}$$

### 3.4.2.5. Línea de aducción y red de distribución

#### A. Localidad de Puerto Bagazán y Nueva Esperanza

$$Q_P = 1.167 \text{ lt/s}$$

$$Q_{md} = 1.520 \text{ lt/s}$$

$$Q_{mh} = 2.330 \text{ lt/s}$$

Número de conexiones total de agua potable (N°C)

$$N^\circ \text{ conexiones domiciliarias} = 98 \text{ und}$$

## Caudal Unitario

$$Q_u = \frac{Q_{mh}}{N^{\circ} C} \Rightarrow Q_u = \frac{2.330}{98} \Rightarrow Q_u = 0.0237 \text{ lt/s/und}$$

**Nota:** El valor de Caudal unitario ingresamos al modelo hidráulico planteado en el WaterCAD v8i.

**Tabla 20**

*Reporte de tuberías (puerto bagazán y nueva esperanza)*

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
TUB PVC - 2	25.07	22.90	PVC	150	0.05	0.11
TUB PVC - 6	53.63	22.90	PVC	150	0.05	0.11
TUB PVC - 7	55.99	22.90	PVC	150	0.05	0.11
TUB PVC - 8	65.40	22.90	PVC	150	0.05	0.11
TUB PVC - 13	80.08	22.90	PVC	150	0.05	0.11
TUB PVC - 14	73.13	22.90	PVC	150	0.05	0.11
TUB PVC - 5	45.66	43.40	PVC	150	0.17	0.11
TUB PVC - 11	74.92	22.90	PVC	150	0.07	0.17
TUB PVC - 17	159.98	43.40	PVC	150	0.28	0.19
TUB PVC - 21	189.60	43.40	PVC	150	0.33	0.22
TUB PVC - 3	32.00	22.90	PVC	150	0.09	0.23
TUB PVC - 12	77.89	22.90	PVC	150	0.09	0.23
TUB PVC - 1	20.07	22.90	PVC	150	0.12	0.28
TUB PVC - 19	166.96	43.40	PVC	150	0.46	0.31
TUB PVC - 9	71.70	43.40	PVC	150	0.51	0.34
TUB PVC - 22	361.78	43.40	PVC	150	0.56	0.38
TUB PVC - 20	174.44	54.20	PVC	150	0.98	0.43
TUB PVC - 18	166.52	43.40	PVC	150	0.63	0.43
TUB PVC - 4	44.92	43.40	PVC	150	0.72	0.48
TUB PVC - 15	122.92	43.40	PVC	150	0.75	0.5
TUB PVC - 10	73.49	54.20	PVC	150	1.34	0.58
TUB PVC - 23	474.25	66.00	PVC	150	2.33	0.68
TUB PVC - 16	127.00	54.20	PVC	150	2.22	0.96

**Fuente:** Software WATERCAD.

**Tabla 21***Reporte de presiones (puerto bagazán y nueva esperanza)*

Nodos	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulico (m)	Presiones (m H2O)
J-2	840.89	0.02	845.95	5.05
J-19	840.72	0.05	845.88	5.15
J-14	840.47	0.05	845.75	5.27
J-13	840.50	0.05	845.90	5.39
J-9	840.66	0.16	846.34	5.67
J-5	838.36	0.07	844.29	5.92
J-17	839.00	0.09	845.06	6.05
J-6	838.18	0.05	844.26	6.07
J-20	839.00	0.51	845.14	6.13
J-1	839.87	0.09	846.05	6.17
J-18	838.96	0.05	845.25	6.28
J-16	839.00	0.05	845.32	6.31
J-22	836.92	0.07	843.44	6.50
J-11	839.03	0.19	845.83	6.78
J-10	838.83	0.16	845.81	6.96
J-3	834.72	0.23	841.96	7.22
J-21	841.18	0.12	848.59	7.40
J-7	833.52	0.12	841.67	8.14
J-8	830.62	0.09	841.56	10.92
J-12	830.52	0.05	841.62	11.08
J-15	830.34	0.07	841.52	11.16

Fuente: Software WATERCAD.

**B. Localidad de la victoria**

$$Q_p = 0.572 \text{ lt/s}$$

$$Q_{md} = 0.740 \text{ lt/s}$$

$$Q_{mh} = 1.140 \text{ lt/s}$$

Número de conexiones total de agua potable (N°C)

$$N^\circ \text{ conexiones domiciliarias} = 54 \text{ und}$$

Caudal Unitario

$$Q_u = \frac{Q_{mh}}{N^\circ C} \Rightarrow Q_u = \frac{1.140}{54} \Rightarrow Q_u = 0.021 \text{ lt/s/und}$$

Nota: El valor de Caudal unitario ingresamos al modelo hidráulico planteado en el waterCad v8i.

**Tabla 22**  
*Reporte de tuberías (la victoria)*

Tubería	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
TUB PVC - 3	36.53	22.90	PVC	150.00	0.04	0.10
TUB PVC - 15	189.86	22.90	PVC	150.00	0.04	0.10
TUB PVC - 14	146.60	29.40	PVC	150.00	0.08	0.12
TUB PVC - 7	65.26	22.90	PVC	150.00	0.06	0.15
TUB PVC - 10	81.53	22.90	PVC	150.00	0.06	0.15
TUB PVC - 6	54.92	29.40	PVC	150.00	0.10	0.15
TUB PVC - 5	53.13	29.40	PVC	150.00	0.14	0.21
TUB PVC - 4	43.19	43.40	PVC	150.00	0.33	0.22
TUB PVC - 1	22.95	29.40	PVC	150.00	0.20	0.30
TUB PVC - 8	68.75	29.40	PVC	150.00	0.22	0.33
TUB PVC - 12	116.70	29.40	PVC	150.00	0.29	0.42
TUB PVC - 16	238.82	54.20	PVC	150.00	1.14	0.50
TUB PVC - 11	86.94	43.40	PVC	150.00	0.76	0.51
TUB PVC - 2	33.79	43.40	PVC	150.00	0.86	0.58
TUB PVC - 13	140.80	43.40	PVC	150.00	1.10	0.75
TUB PVC - 9	74.55	43.40	PVC	150.00	1.14	0.77

Fuente: Software WATERCAD.

**Tabla 23**  
*Reportes de presiones (la victoria)*

Nodos	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulica (m)	Presiones (m H <sub>2</sub> O)
J-1	810.00	0.08	817.45	7.44
J-2	810.00	0.06	817.36	7.34
J-3	810.32	0.10	818.99	8.65
J-4	809.83	0.14	819.30	9.45
J-5	809.82	0.10	817.24	7.41
J-6	809.05	0.04	817.21	8.15
J-7	810.81	0.14	818.37	7.55
J-8	810.49	0.04	818.31	7.80
J-9	809.87	0.12	817.96	8.07
J-10	809.83	0.02	817.90	8.05
J-11	810.09	0.06	818.21	8.10
J-12	810.32	0.00	822.47	12.13
J-13	811.11	0.04	821.32	10.19
J-14	811.00	0.06	819.17	8.15
J-15	806.41	0.08	817.78	11.35
J-16	813.25	0.04	819.16	5.90

Fuente: Software WATERCAD.

### 3.5. Análisis e interpretación de resultados

#### 3.5.1. Simulación hidráulica de la localidad de puerto Bagazán y nueva Esperanza

##### Presión

Los resultados obtenidos al año 20 de las localidades de puerto Bagazán y Nueva esperanza, muestran las características del funcionamiento hidráulico de la red de distribución de agua para las localidades de Puerto Bagazán y Nueva Esperanza. A continuación, se presentan los resultados estadísticos correspondientes al parámetro de presión que es propiedad del elemento nodo en el modelo.

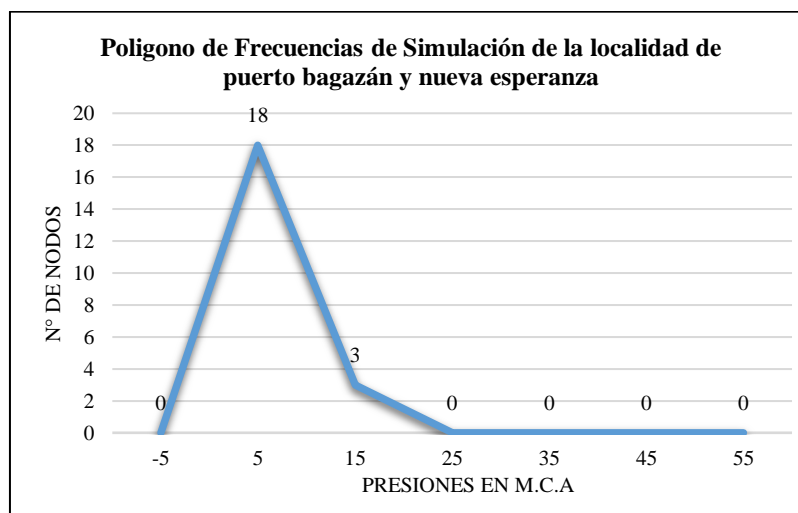
**Tabla 24**

*Tabla de frecuencias de presiones de la simulación año 20*

Intervalo de Presión m.c.a	Clase	fi	Xi*fi	Xi-X	Xi-X *fi	(Xi-X) <sup>2</sup> *fi
] -10-0[	-5	0	0	11.43	0.00	0.00
[0-10]	5	18	90	1.43	25.71	36.73
]10-20]	15	3	45	8.57	25.71	220.41
]20-30]	25	0	0	18.57	0.00	0.00
]30-40]	35	0	0	28.57	0.00	0.00
]40-50]	45	0	0	38.57	0.00	0.00
]50-60[	55	0	0	48.57	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>21</b>	<b>135</b>		<b>51.43</b>	<b>257.14</b>

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla número 24, se han desarrollado los gráficos estadísticos para facilitar la interpretación de los datos lo cuales presentamos a continuación:



**Figura 6** Polígono de frecuencias presiones

Fuente: Elaboración propia.

El polígono de frecuencias representado en la figura 6, se muestra los resultados de las presiones, en este gráfico cada valor se representa con una marca de clase, se deduce que 18 nodos de los 21 que representa en el sector 1 tienen una presión promedio de 5 m.c.a.

Cabe mencionar que a partir de estos resultados se han determinado las medidas de tendencia central como la media, y las medidas de desviación según se detalla a continuación:

- 1.- La presión promedio calculada para la simulación hidráulica es de **6.43** m.c.a.
- 2.- La desviación media calculada para la simulación hidráulica es de **2.45**.
- 3.- La varianza calculada para la simulación hidráulica es de **12.24**.
- 4.- La desviación típica calculada para la simulación es de **3.50**.
- 5.- El coeficiente de variación calculada para la simulación es de **0.54**.

El programa de WaterCAD nos brinda la información de la presiones y demás características de todos los nodos de la red es por cual se puede identificar los puntos donde existen mayor y menor presión.

### Velocidad

Los resultados obtenidos al año base de las localidades de puerto Bagazán y Nueva esperanza, muestran las características del funcionamiento hidráulico de la red de distribución de agua en las localidades de Puerto Bagazán y Nueva Esperanza. A continuación, se presentan los resultados estadísticos correspondientes al parámetro de velocidad que es propiedad del elemento tubería en el modelo.

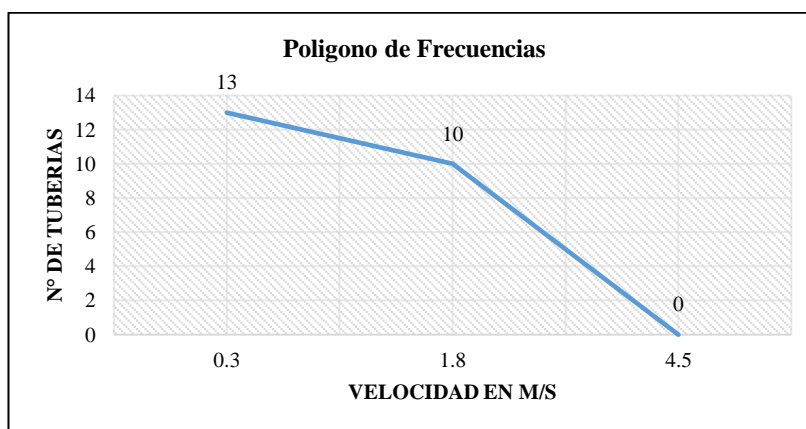
**Tabla 25**

*Tabla de frecuencias de velocidades de la simulación al año 20*

Intervalo de Presión m.c.a	Clase (Xi)	fi	X*fi	(Xi-X)	(Xi-X)*fi	(Xi-X) <sup>2</sup> *fi
[0-0.3[	0.3	13	3.9	0.65	2.54	5.53
[0.3-3.0]	1.8	10	18	0.85	15.26	7.19
]3.0-6.0]	4.5	0	0	3.55	0.00	0
<b>TOTAL</b>		<b>23</b>	<b>21.9</b>		<b>17.80</b>	<b>12.72</b>

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla número 25, se han desarrollado las figuras estadísticas para facilitar la interpretación de los resultados que se presenta a continuación:



**Figura 7** Polígono de frecuencia

**Fuente:** Elaboración propia.

El polígono de frecuencias representado por la figura 7, muestra también los resultados de las velocidades de la simulación del sector 01 al año 20, pero esta vez cada rango es representado por una marca de clase, interpretándose que 13 tuberías de las 23 que representa a la red, tienen una velocidad representativa de 0.30 m/s.

Además, es de importancia mencionar que a partir de la tabla número 25, se calcularon las medidas de tendencia central como la media, y las medidas de desviación según se detallan a continuación:

- 1.- La presión promedio calculada para la simulación hidráulica es de 0.95 m/s.
- 2.- La desviación media calculada para la simulación hidráulica es de 0.77.
- 3.- La varianza calculada para la simulación hidráulica es de 0.55.
- 4.- La desviación típica calculada para la simulación es de 0.74.
- 5.- El coeficiente de variación calculada para la simulación es de 0.78.

El programa de WaterCAD nos brinda la información de las presiones y demás características de todas las tuberías de la red, es por cual se puede identificar los puntos donde existe mayor y menor velocidad en las redes de distribución.

### 3.5.2. Simulación hidráulica de la localidad de la Victoria

#### Presión

Los resultados obtenidos al año 20 de la localidad de la Victoria, muestran las características del funcionamiento hidráulico de la red de distribución que se proyecta en la localidad de la Victoria. A continuación, se presentan los resultados estadísticos correspondientes al parámetro de presión que es propiedad del elemento nodo en el modelo.

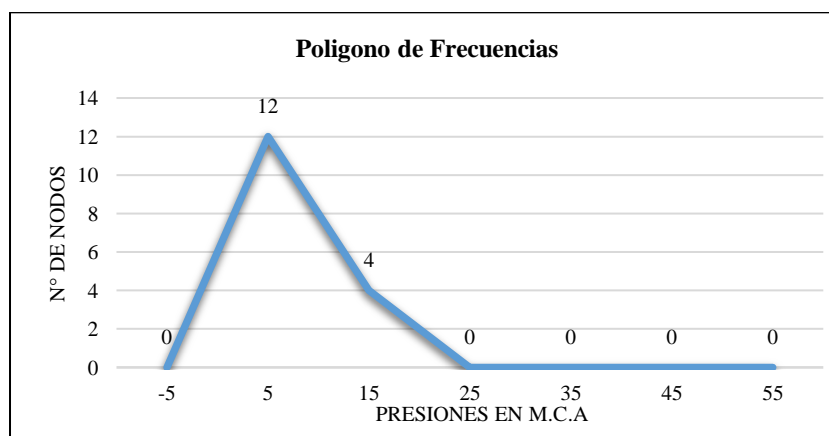
**Tabla 26**

*Tabla de frecuencias de presiones de la simulación al año 20*

Intervalo de Presión m.c.a	Clase	fi	Xi*fi	Xi-X	Xi-X *fi	(Xi-X) <sup>2</sup> *fi
] -10-0[	-5	0	0	12.50	0.00	0.00
[0-10]	5	12	60	2.50	30.00	75.00
]10-20]	15	4	60	7.50	30.00	225.00
]20-30]	25	0	0	17.50	0.00	0.00
]30-40]	35	0	0	27.50	0.00	0.00
]40-50]	45	0	0	37.50	0.00	0.00
]50-60[	55	0	0	47.50	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>16</b>	<b>120</b>		<b>60.00</b>	<b>300.00</b>

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla número 26, se han desarrollado los gráficos estadísticos para facilitar la interpretación de los datos lo cuales presentamos a continuación:



**Figura 8** Polígono de frecuencia de simulación al año 20

Fuente: Elaboración propia.

El polígono de frecuencias representado en la figura 8, se muestra los resultados de las presiones, en este gráfico cada valor se representa con una marca de clase, se deduce que 12 nodos de los 16 que representa en el sector 02 tienen una presión promedio de 5 m.c.a.

Cabe mencionar que a partir de estos resultados se han determinado las medidas de tendencia central como la media, y las medidas de desviación según se detalla a continuación:

- 1.- La presión promedio calculada para la simulación hidráulica es de 7.50 m.c.a.
- 2.- La desviación media calculada para la simulación hidráulica es de 3.75
- 3.- La varianza calculada para la simulación hidráulica es de 18.75.
- 4.- La desviación típica calculada para la simulación es de 4.33.
- 5.- El coeficiente de variación calculada para la simulación es de 0.27.

El programa de WaterCAD nos brinda la información de la presiones y demás características de todos los nodos de la red es por cual se puede identificar los puntos donde existen mayor y menor presión.

### **Velocidad**

Los resultados obtenidos al año base de la localidad de la Victoria, muestran las características del funcionamiento hidráulico de la red de distribución proyectada de la localidad de la Victoria. A continuación, se presentan los resultados estadísticos correspondientes al parámetro de velocidad que es propiedad del elemento tubería en el modelo.

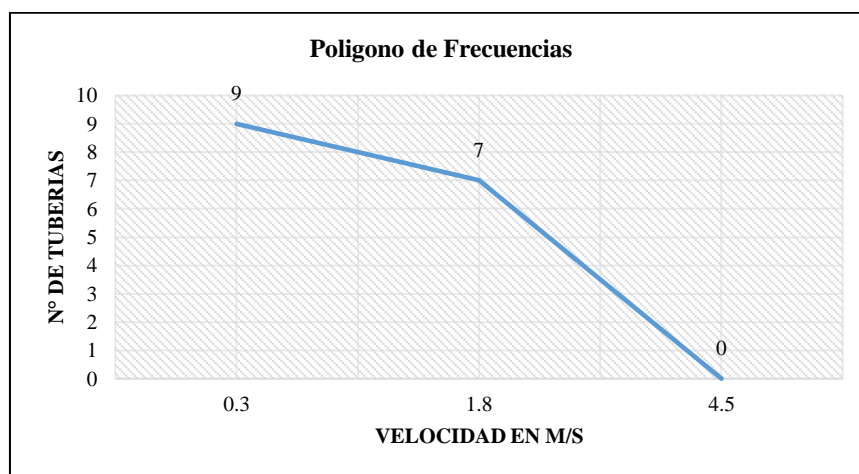
**Tabla 27**

*Tabla de frecuencias de velocidades de la simulación al año 20*

<b>Intervalo de Presión m.c.a</b>	<b>Clase (Xi)</b>	<b>fi</b>	<b>X*fi</b>	<b>(Xi-X)</b>	<b>(Xi-X)*fi</b>	<b>(Xi-X)2*fi</b>
[0-0.3[	0.3	9	2.7	0.66	1.77	3.88
[0.3-3.0]	1.8	7	12.6	0.85	10.68	5.03
]3.0-6.0]	4.5	0	0	3.55	0.00	0
<b>TOTAL</b>		<b>16</b>	<b>15.3</b>		<b>12.45</b>	<b>8.91</b>

**Fuente:** Elaboración propia

A partir de la tabla número 27, se han desarrollado figuras estadísticas para facilitar la interpretación de los resultados que se presenta a continuación:



**Figura 9** Polígono de frecuencia  
Fuente: Elaboración propia.

El polígono de frecuencias representado por la figura 9, muestra también los resultados descritos en los gráficos anteriores, pero esta vez cada rango representado por una marca de clase, interpretándose que 09 tuberías de las 16 que representa a la red tienen una velocidad representativa de 0.30 m/s.

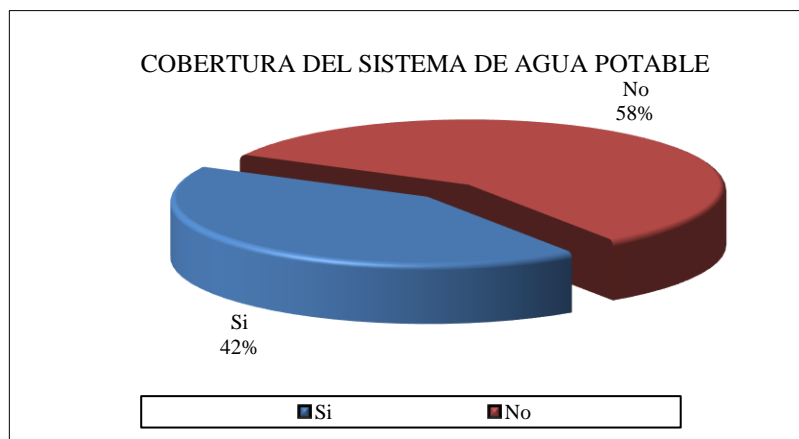
Además, es de importancia mencionar que a partir de la tabla número 27, se calcularon las medidas de tendencia central como la media, y las medidas de desviación según se detallan a continuación:

- 1.- La presión promedio calculada para la simulación hidráulica es de 0.96 m/s calculada en función de la siguiente expresión:
- 2.- La desviación media calculada para la simulación hidráulica es de 0.78 calculada en función de la siguiente expresión:
- 3.- La varianza calculada para la simulación hidráulica es de 0.56, calculada de la siguiente expresión:
- 4.- La desviación típica calculada para la simulación es de 0.75, calculada en función de la siguiente expresión:
- 5.- El coeficiente de variación calculada para la simulación es de 0.78, calcula en función de la siguiente expresión:

### 3.6. Aplicación de encuestas

#### 3.6.1. Resultado de la encuesta realizado en la zona de estudio

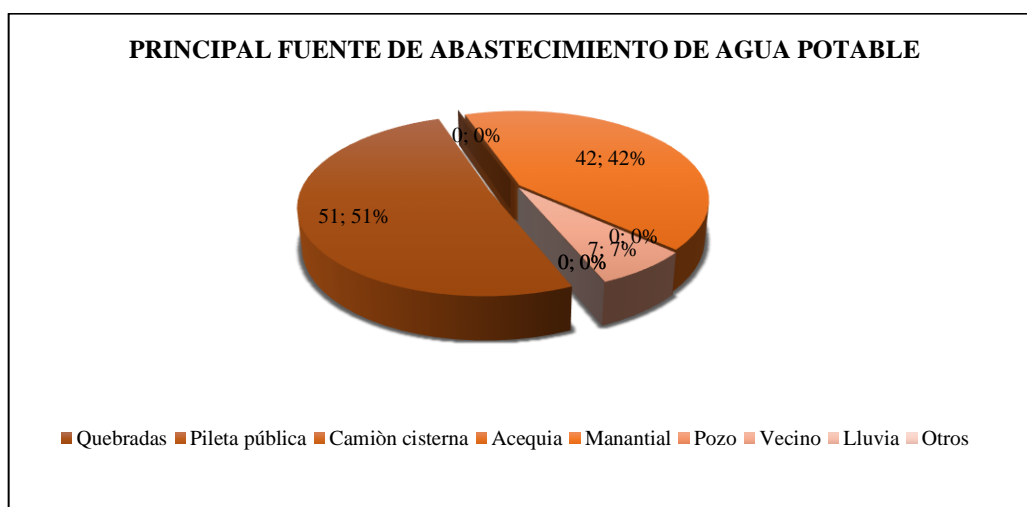
El trabajo de campo o recopilación de datos consistió en la aplicación de encuestas en 100 habitantes por ser el número de muestras calculado para conocer la situación actual del servicio del sistema de abastecimiento de agua potable.



**Figura 10** Cobertura del sistema de Agua Potable

**Fuente:** Encuesta socioeconómica.

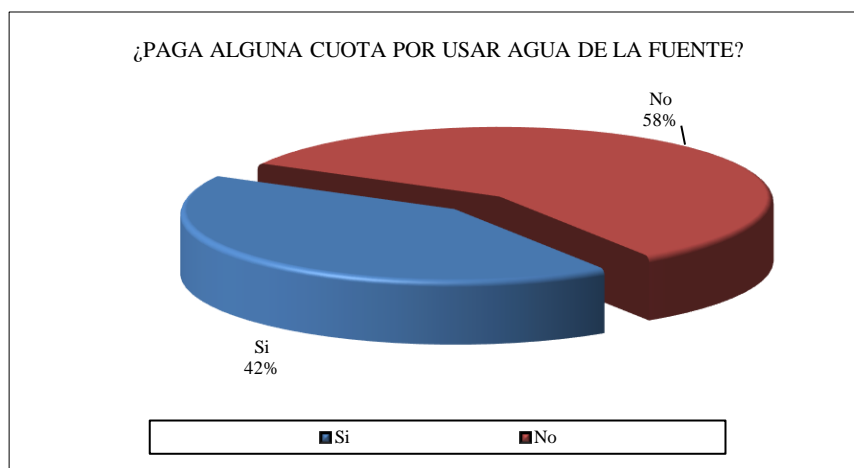
En la figura 10 se representa el porcentaje de cobertura del sistema de agua potable. Se obtuvo que 42 % de los 100 encuestados informaron que cuentan con el servicio de abastecimiento de agua potable y el 58% de los 100 encuestados informaron que no cuentan con el servicio de agua potable.



**Figura 11** principal fuente de abastecimiento de agua potable

**Fuente:** Encuesta socioeconómica.

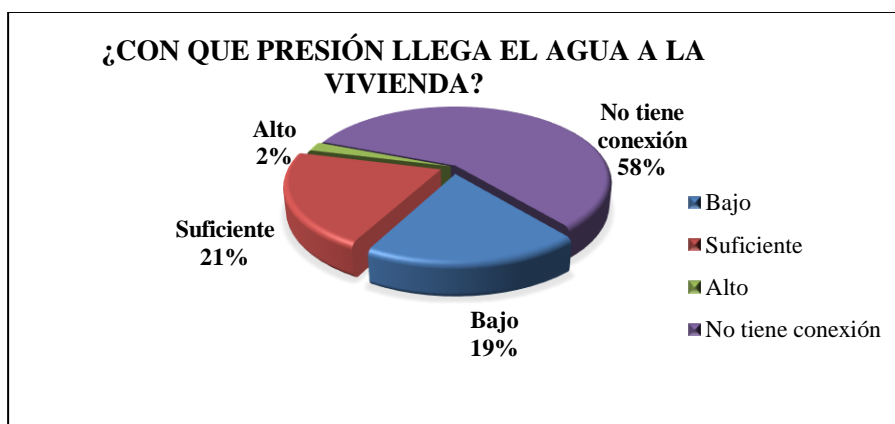
En la figura 11 se representa el porcentaje de la principal fuente de abastecimiento de agua potable. Se obtuvo que 51 % de los 100 encuestados informaron que la principal fuente de abastecimiento de agua es a través de quebradas, el 42% su fuente de abastecimiento es un manantial y el 7% se abastecen del vecino.



**Figura 12** pago de servicio por usar la fuente de agua

**Fuente:** Encuesta socioeconómica.

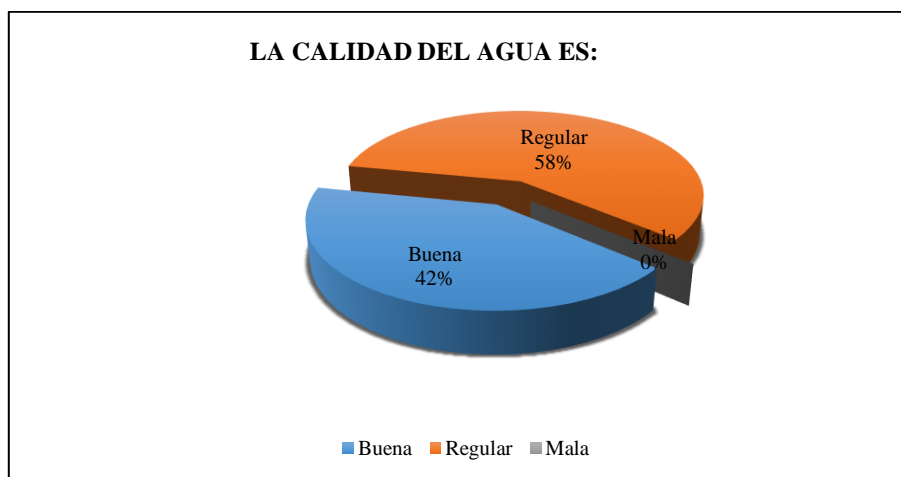
En la figura 12 se representa el porcentaje del costo por el servicio del uso de la fuente de agua. Se obtuvo que 58 % de los 100 encuestados informaron que la que no pagan por el servicio de agua potable debido a que no se encuentran están beneficiados, y el 42% si pagan por el servicio del agua.



**Figura 13** Presión que llega el agua a la vivienda

**Fuente:** Encuesta socioeconómica.

En la figura 13 se representa el porcentaje de la presión con la que llega el servicio del agua a las viviendas, el 2% informa que la presión de llegada del agua llega alto, el 19% informa que la presión de llegada del agua es Baja, el 21% informa que la presión de llegada del agua es suficiente y el 58 % de los 100 no presentan conexiones domiciliarias.



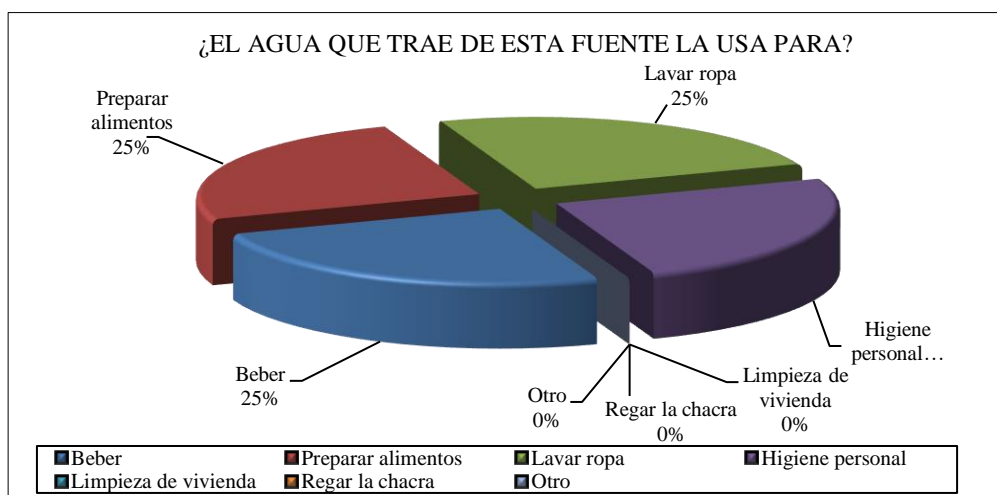
**Figura 14** Calidad del agua  
**Fuente:** Encuesta socioeconómica.

En la figura 14 se representa el porcentaje sobre la calidad del agua que consumen, el 58% de los 100 encuestados informa que la calidad del agua es Regular, 42% informa que la calidad del agua es buena.



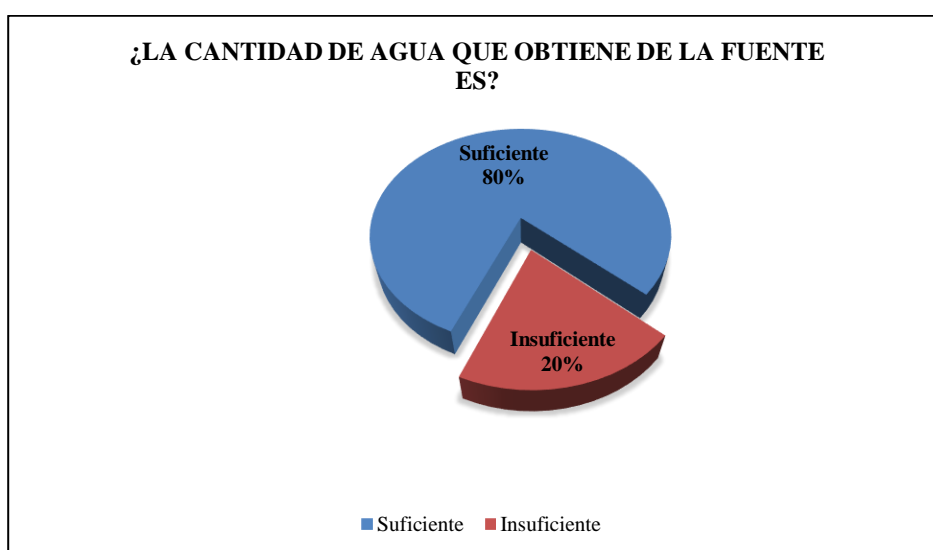
**Figura 15** Tratamiento de agua antes de consumirla  
**Fuente:** Encuesta socioeconómica.

En la figura 15 se representa el porcentaje del tratamiento del agua que realizan antes de consumirla, el 62% de los 100 encuestados informa que hierve el agua antes de consumirla y 38% informa que trata el agua con lejía antes de consumirla.



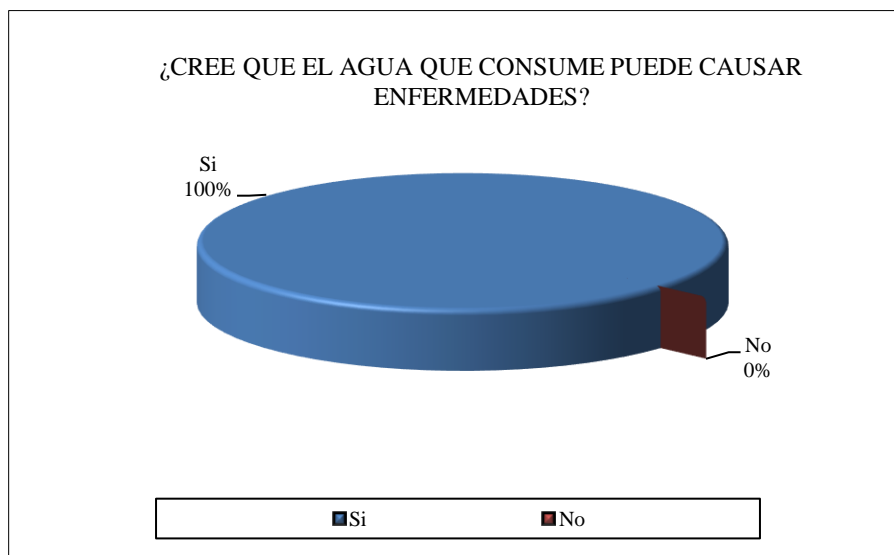
**Figura 16** Resultado de encuestas sobre el uso del agua  
**Fuente:** Encuesta socioeconómica.

En la figura 16 se representa el porcentaje del uso el agua que realizan para satisfacer sus necesidades, el 100% de los 100 encuestados informa que el agua lo usan para preparar alimentos, beber, lavar ropa e higiene personal.



**Figura 17** Cantidad de agua que obtiene la fuente de agua  
**Fuente:** Encuesta socioeconómica.

En la figura 17 se representa el porcentaje de la cantidad de agua que obtiene la fuente, el 80% de los 100 encuestados informa que el agua que obtiene la fuente es suficiente para abastecer sus necesidades, el 20% considera que la cantidad de agua es Insuficiente.



**Figura 18** Posibles enfermedades que causan al consumir agua  
**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 24 se representa el porcentaje de las enfermedades que causan al consumir el agua, el 100% de los 100 encuestados informa que el agua que consumen si les puede causar enfermedades.

### 3.7. Discusión de resultados

- Para calcular los parámetros de diseño del sistema como es la población futura se realizó un censo a la población actual y se consideró la tasa de crecimiento distrital con los datos del INEI, respectivamente para las tres localidades; para el cálculo de los caudales de diseño de los componentes se tomó una dotación de 120 lts/hab/día según la guía de saneamiento rural, los parámetros están en función del período de diseño de 20 años durante los cuales el sistema prestará con eficiencia el servicio para el cual es diseñada.
- Los resultados de la simulación hidráulica mediante el Software del WaterCAD, se observa que existen tramos de tuberías donde el parámetro velocidad es inferior a

0.3 m/s, ya que según la Norma Técnica de Diseño “Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018”. Establece que las velocidades no deben ser inferiores a 0.3 m/s. Pero esto está justificado. Porque tenemos caudales pequeños. Y además debemos considerar diámetros mínimos, de acuerdo al Norma Técnica de Diseño “Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018, lo que nos resulta Velocidades menores al límite permisible. Para lo cual se debe considerar ubicación de válvulas de purga en las zonas más bajas según la topografía de la zona. Este resultado se compensa con buenas presiones de servicios al final de los tramos. De igual forma **Poma V y Soto J, (2016)**, En su tesis “Diseño de un Sistema de Abastecimiento de agua potable del caserío de la Hacienda – Distrito de Santa rosa – Provincia de Jaén - Departamento de Cajamarca” obtuvo como resultados de la simulación hidráulica donde la velocidad Minima es de 0.21 m/s para lo cual considera la ubicación de válvulas de purga en las zonas más bajas según la topografía de la zona.

- Según el análisis de calidad del agua, la fuente de abastecimiento no necesita ser tratada debido presenta un límite de cuantificación menor a los valores de Estándares de Calidad Ambiental para agua de la Sub Categoría A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

## CONCLUSIONES

- Según el diagnóstico de la situación actual de las estructuras del sistema de abastecimiento concluimos que el sistema actual solo abastece a las localidades de Puerto Bagazán y Nueva Esperanza, las estructuras existentes se encuentran en mal estado; Mientras tanto la Localidad de la Victoria no cuenta con el servicio del sistema de abastecimiento de agua, para satisfacer sus necesidades se abastecen de quebradas que rodean a la localidad de la victoria.
- La disponibilidad hídrica de la fuente es de 225,303.58 lt/s, el volumen considerado para el caudal ecológico es de 22,530.36 lt/s y la demanda hídrica es de 70,955.80 lt/s.
- La fuente de agua proyectada si garantizará la sostenibilidad del servicio ya que presenta un superávit hídrico de 132,237.33 lt/s.
- Se realizó el análisis de calidad de agua de la fuente denominada “Puerto Bagazán”. Se concluye que la fuente presenta un límite de cuantificación menor a los valores de Estándares de Calidad Ambiental para agua de la Sub Categoría A1: es decir son Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
- El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las localidades de Puerto Bagazán, Nueva esperanza y la Victoria, se proyecta un sistema por gravedad con desinfección la cual está conformado por los siguientes componentes.
  - Construcción de una captación tipo manantial de ladera.
  - Instalación de 02 líneas de conducción (Línea de Conducción N°01 L= 1542.85 ml, Línea de conducción N°02 L=4972.68ml).
  - Construcción de 01 reservorio de 25 m<sup>3</sup> para las localidades de Puerto Bagazán y Nueva Esperanza.
  - Construcción de 01 reservorio de 15 m<sup>3</sup> para la Localidad de la Victoria.
  - Instalación de línea de aducción y redes de distribución para las localidades de Puerto Bagazán y Nueva Esperanza L=2738.00 ml.

- Instalación de línea de aducción y redes de distribución para la localidad de la Victoria L=1455.00 ml.
  
- Mediante la evaluación de los parámetros de diseño (Presiones, velocidad, diámetros) de la simulación hidráulica de las redes de agua potable con aplicación del Software WaterCAD, se concluye que todos los parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica de Diseño: “Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, 2018”.
  
- Según la evaluación del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable proyectado; si se garantizara la sostenibilidad del servicio para las localidades de Puerto Bagazán, Nueva esperanza y la Victoria.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Elías soplin Vargas de gestionar a nivel perfil y expediente técnico el proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento para las localidades de Puerto Bagazán, Nueva esperanza y la Victoria para mejorar la calidad de vida de vida de los habitantes.
- Se recomienda mayores estudios como estudio de suelos, FTA, CIRA, y evaluaciones de sistemas de abastecimiento de agua potable en zonas rurales con el fin de obtener un proyecto, que permitan el diseño más realista de futuros sistemas en estas zonas.
- WaterCAD es una solución para modelación hidráulica y análisis de calidad de agua para sistemas de distribución de agua. Organismos operadores, municipios y firmas de ingeniería confían en WaterCAD como una herramienta que les permite ahorrar recursos y soportar la toma de decisiones con respecto a su infraestructura hidráulica. Por ello, ha sido utilizado como software de diseño y modelación de la red de distribución del sistema de abastecimiento de agua implantado.
- Queremos recomendar a nuestros compañeros de la carrera de Ingeniería Sanitaria de nuestra Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, que deberían estar inmerso en el mundo del diseño de Abastecimiento de agua potable, ya que es un campo amplio permite realizar múltiples soluciones y mejorar la calidad de vida de las personas.

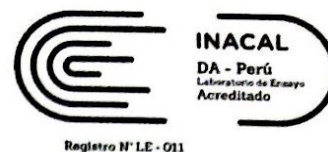
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, R. (2009).** *Agua potable para poblaciones rurales sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Lima: Asociación de servicios Educativos.
- Alvarado, P. (2013).** “*Estudios y diseños del sistema de agua potable del barrio San Vicente, parroquia Nambacola, cantón Gonzanamá.*”, Tesis. Universidad Privada Técnica de Loja, Loja – Ecuador.
- Batres, J. y Flores, D. (2013).** “*Rediseño del sistema de abasteciendo de Agua potable y Diseño del Alcantarillado sanitario y de aguas lluvias para el municipio de san Luis del Carmen, departamento de Chatemango*”, Tesis. Universidad del Salvador, Buenos Aires – Argentina.
- Culquimboz, A. (2016).** “*Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la localidad de Chisquilla, Distrito de Chisquilla – Provincia de Bongará – Región Amazonas*”, Tesis. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo - Perú.
- Díaz, A. y Vargas, C. (2015).** “*Diseño del sistema de agua Potable de los caseríos de Chagualito y Llurayaco, Distrito de Cochorco, provincia de Sánchez Carrión aplicando el Método de Seccionamiento*”, Tesis. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú.
- Doroteo, R. (2014).** “*Diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado del asentamiento humano “Los Pollitos” – Ica, usando los programas Watercad y Sewercad*”, Tesis. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima – Perú.
- Galarraga, E. (1984).** “*Algunos Aspectos relacionados con microorganismos en agua potable*”. Revista Politécnica de información técnica científica 9(3) p. 135-43.
- García, C. (2015).** “*Diseño del sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Localidad de Tolutla, Veracruz*”, Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García, E. y Verde, O. (2018).** “*Diseño del Mejoramiento del sistema de agua Potable en las localidades de Huimba la Muyuna, Pucacaca del Río Mayo y Santa Ana del Río Mayo del distrito de Zapatero y Cuñumbuque, Provincia de Lamas, Región San Martín*”, Tesis. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto – Perú.
- García, E. (2009).** “*Manual de agua potable en poblaciones rurales*”. Lima.
- Guevara. (2016).** “*Diseño del sistema de Abastecimiento de Agua Potable por Bombeo, Mediante Energía Solar Fotovoltaica en el Centro Poblado de Ganimedes, Distrito*

- de Moyobamba, Provincia de Moyobamba, Región San Martín*”, Tesis. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto – Perú.
- Hoyos, D. y Tuesta, Ch. (2017).** “*Simulación hidráulica de las redes de distribución del barrio Zaragoza a partir de la determinación de los coeficientes de variación diaria y horaria, para habilitaciones urbanas de la ciudad de Moyobamba, 2016*”, Tesis. Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba - Perú.
- Jara, F. (2014).** “*Diseño de Abastecimiento de Agua Potable y el Diseño de Alcantarillado de las Localidades: El calvario y Rincón de pampa Grande del distrito de Curgos - La Libertad*”, Tesis. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo - Perú.
- Jiménez, J. (2004).** *Manual para el diseño de sistema de agua potable y alcantarillado sanitario*. Veracruz.
- Moot Roberth, L. (2006).** *Mecánica de Fluidos*. México: Sexta Edición.
- Poma, V. y Soto, J. (2016).** “*Diseño de un Sistema de Abastecimiento de agua potable del caserío de la Hacienda – Distrito de Santa rosa – Provincia de Jaén - Departamento de Cajamarca*”, Tesis. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo - Perú.
- Saldarriaga, J. (2007).** *Hidráulica de tuberías Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos*. Bogotá: Alfaomega.
- Vásquez, O. (2015).** *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Cuarta edición Oscar Vásquez SAC.
- Vásquez, O y Bárdales, M. (2015).** “*Generación de un Modelo de Simulación con uso de Softwar’s para la Optimización de redes de Agua Potable de la Ciudad de Rioja, 2015*”, Tesis. Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba – Perú.
- Vierendel J, Arthur. (2010).** *Abastecimiento de agua y Alcantarillado*.

## **ANEXOS**

## ANEXO A: Resultado de análisis de agua

**Información General**

Matriz: Agua  
 Solicitud de Análisis: Cotización N° 34740 (Set-141)  
 Muestreado por: NSF Envirolab  
 Procedencia: Distrito Elías Soplín - Provincia Rioja - Departamento San Martín  
 Plan de Muestreo: LM-2.3-04

Identificación de Laboratorio: S-0001413722  
 Tipo de Muestra: Agua Subterránea  
 Identificación de Muestra: M-1  
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2017-09-06  
 Fecha y hora de Muestreo: 2017-09-05 08:40  
 Descripción del Punto de Muestra: Ubicado en el Cacerío de Puerto Bagazán (Captación)  
 Coordenadas UTM (Sistema WGS 84): 18M 0249317 E / 9328614 N

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Microbiología</b>			
# *Cryptosporidium sp (R). Agua. INS. Manual de Procedimientos de Laboratorio para el diagnóstico de los parásitos intestinales del hombre. Serie de Normas Técnicas N° 37. 2003.5.5.1. Método de Ziehl Neelsen modificado-(C).	2017-09-06		
Cryptosporidium sp		<1	Org/L
# *Observación de Enteroparásitos, Quistes y Ooquistes de Protozoarios (R). Agua Residual. CEPIS. 3.1.2., 3.1.4, 1993. Identificación y Cuantificación de Enteroparásitos en Aguas Residuales.(b)	2017-09-06		
Enteropará. Quistes y Ooquistes Protozoa		<1	Org/L
Entamoeba coli		<1	Org/L
Endolimax sp.		<1	Org/L
Giardia sp.		<1	Org/L
Chilomastix sp.		<1	Org/L
# *Organismos de Vida Libre (R). Observ. Microscópica INASSA LB-009	2017-09-11		
Copépodos		<1	No Org/L
Rotíferos		<1	No Org/L
Algas		26	No Org/L
Protozoarios		<1	No Org/L
Nemátodos en todos sus estadios evolutiv		<1	No Org/L
# *Parásitos (huevos de helmintos)(N). NSF INASSA-LB-009. 4ta Edición. 2016 (Método Validado). DETECCION Y/O ENUMERACION DE HUEVOS DE HELMINTOS EN AGUA	2017-09-06		
Tremátoda - Fasciola Hepática		<1	Org/L
Céstoda - Taenia sp.		<1	Org/L
Céstoda - Hymenolepis sp.		<1	Org/L
Céstoda - Diphylobotrium sp.		<1	Org/L
Nemátoda - Ascaris sp.		<1	Org/L
Nemátoda - Ancylostoma sp./Necator sp.		<1	Org/L
Nemátoda - Trichuris sp.		<1	Org/L
Nemátoda - Strongyloides sp.		<1	Org/L
Nemátoda - Enterobius sp.		<1	Org/L
Fecha de Inicio de Análisis		2017-09-06	

F120170918103114

J-00268946

pág 2 de 11

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.



Registro N° LE - 011

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Microbiología ( Continúa... )</b>			
# Bacterias Heterotróficas (R). SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9215 B, 22nd Ed. 2012. Heterotrophic Plate Count- Pour Plate Method.	2017-09-08		
Bacterias Heterotróficas		1 300	UFC/mL
# Coliformes Termotolerantes (N). Agua. SMEWW-APHA-AWWA-WEF 9221 E.1. p. 9-74. 22nd Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedures. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).	2017-09-09		
2-Coliformes Termotolerantes		2,0	NMP/100 mL
# Coliformes Totales (N). Agua. STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 9221 B. pp. 9-66-9-69. 22nd Ed. 2012. Multiple- Tube Fermentation Technique for Members of the coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.	2017-09-10		
2-Coliformes Totales		2,0	NMP/100 mL
# Escherichia coli (N). STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 9221 G. 2. p. 9-76. 22nd Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures (Proposed).	2017-09-09		
2-Escherichia Coli		2,0	NMP/100 mL
<b>Química</b>			
* Cloro Total en Agua. Manual Merck	2017-09-05		
Cloro Total		N.C.( $<0,1$ )	mg/L
*Silicio Total por ICP-AES en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May1994.	2017-09-11		
Silicio Total		3,17	mg/L
Cianuro Total en Agua. EPA Method 335.2 600/4-79-020, Revised March 1983	2017-09-11		
Cianuro Total		N.C.( $<0,004$ )	mg/L
Cloruros en Agua. EPA Method 325.3, Revised March 1983	2017-09-12		
Cloruros		8,22	mg/L
Color. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 22nd Ed. Año 2012	2017-09-06		
Color		N.C.( $<4$ )	UC
Conductividad en Agua. EPA Method 120.1 Revised Merck 1983	2017-09-08		
Conductividad		344,0	uS/cm
Dureza Total en Agua. EPA Method 130.2, Revised March 1983	2017-09-07		
Dureza Total		150,2	mg/L
Fluoruros en Agua. EPA Method 340.2, March 1983	2017-09-12		
Fluoruros		0,16	mg/L
Mercurio Total en Agua. EPA Method 245.7(Val), Febrero 2005	2017-09-11		
Mercurio Total		N.C.( $<0,000 1$ )	mg/L
Metales Totales en Agua. EPA Method 200.7, Revised 4.4 May 1994	2017-09-11		
Aluminio Total		0,029	mg/L
Antimonio Total		N.C.( $<0,008$ )	mg/L
Arsénico Total		N.C.( $<0,007$ )	mg/L
Bario Total		0,036	mg/L

FI20170918103114

J-00268946

pág 3 de 11

El presente Informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF EnviroLab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF EnviroLab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.



Registro N° LE - 011

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
<b>Química ( Continúa... )</b>			
Berilio Total		N.C.( $<0,000\ 5$ )	mg/L
Bismuto Total(Validado)		N.C.( $<0,01$ )	mg/L
Boro Total		0,043	mg/L
Cadmio Total		N.C.( $<0,001$ )	mg/L
Calcio Total		54,84	mg/L
Cobalto Total		N.C.( $<0,001$ )	mg/L
Cobre Total		N.C.( $<0,002$ )	mg/L
Cromo Total		N.C.( $<0,001$ )	mg/L
Estaño Total		N.C.( $<0,003$ )	mg/L
Estroncio Total		0,576 7	mg/L
Fósforo Total		0,06	mg/L
Hierro Total		0,025	mg/L
Litio Total		0,003	mg/L
Magnesio Total		5,459	mg/L
Manganeso Total		0,002	mg/L
Molibdeno Total		N.C.( $<0,002$ )	mg/L
Níquel Total		N.C.( $<0,002$ )	mg/L
Plata Total		N.C.( $<0,002$ )	mg/L
Plomo Total		N.C.( $<0,001$ )	mg/L
Potasio Total		2,01	mg/L
Selenio Total		N.C.( $<0,006$ )	mg/L
Sodio Total		11,14	mg/L
Talio Total		N.C.( $<0,007$ )	mg/L
Titanio Total		N.C.( $<0,001$ )	mg/L
Vanadio Total		N.C.( $<0,001$ )	mg/L
Zinc Total		0,006	mg/L
N- Nitrito en Agua. EPA Method 354.1, Revised March 1983	2017-09-06		
N- Nitrito		N.C.( $<0,005$ )	mg/L
N-Nitrato en Agua. EPA Method 352.1, Revised March 1983	2017-09-12		
N - Nitrato		0,30	mg/L
Sulfatos en Agua. EPA Method 375.4 Revised March 1983	2017-09-11		
Sulfatos (Turbidimétrico)		15,6	mg/L
Sólidos Totales Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983	2017-09-08		
Sólidos Totales Disueltos		258	mg/L
Turbidez en Agua. EPA Method 180.1, Revised 2.0 August 1993	2017-09-06		
Turbiedad		N.C.( $<0,1$ )	N.T.U
Uranio Total en Agua. EPA Method 200.8, Revised 5.4. May 1994	2017-09-13		
Uranio Total		0,000 58	mg/L
pH en Agua. EPA Method 150.1 Revised March 1983	2017-09-05		
pH		7,5	

**Notas de Ensayo:**

N.C.: Significa que el resultado es No Cuantificable y es menor al Límite de Cuantificación indicado en el paréntesis.

F120170918103114

J-00268946

pág 4 de 11

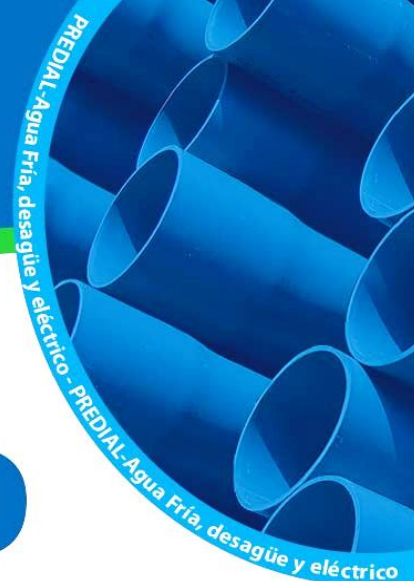
El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF EnviroLab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF EnviroLab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

**ANEXO B:** Catalogo de Tuberías

Productos de calidad para la tranquilidad de su hogar



# PAVCO



## TUBERÍA Y CONEXIONES DE PVC

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PARA AGUA FRÍA CON ROSCA NTP 399.166 : 2008

Diámetro Exterior		Longitud			Rosca NPT	Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 Bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Rosca (mm)	Útil (Metros)	Hilos Número	Espesor (mm)	Peso Aprox. (Kg x tubo)
1/2"	21.0	5.00	17.2	4.98	14	2.9	1.277
3/4"	26.5	5.00	17.5	4.98	14	2.9	1.663
1"	33.0	5.00	21.8	4.98	11 1/2	3.4	2.443
1 1/4"	42.0	5.00	22.4	4.98	11 1/2	3.6	3.353
1 1/2"	48.0	5.00	22.8	4.98	11 1/2	3.7	3.975
2"	60.0	5.00	23.7	4.98	11 1/2	3.9	5.303

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TUBERÍA PARA AGUA FRÍA PRESIÓN NTP 399.002 : 2015

Diámetro Exterior		Longitud		Clase 5 SDR 41 72 PSI (5 bar)		Clase 7.5 SDR 27.7 108 Psi (7.5 bar)		Clase 10 SDR 21 145 PSI (10 bar)		Clase 15 SDR 14.3 215 PSI (15 bar)	
Nominal (Pulg)	Real (mm)	Total (metros)	Útil (metros)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg/tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg x tubo)	Espesor (mm)	Peso (Kg x tubo)
1/2" (I)	21.0	5.00	4.97	-	-	-	-	1.8	0.841	1.8	0.841
3/4" (I)	26.5	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.082	1.8	1.082
1"	33.0	5.00	4.96	-	-	-	-	1.8	1.365	2.3	1.717
1 1/4"	42.0	5.00	4.96	-	-	1.8	1.758	2.0	1.943	2.9	2.755
1 1/2"	48.0	5.00	4.96	-	-	1.8	2.020	2.3	2.554	3.3	3.584
2"	60.0	5.00	4.95	1.8	2.544	2.2	3.088	2.9	4.021	4.2	5.692
2 1/2"	73.0	5.00	4.94	1.8	3.111	2.6	4.444	3.5	5.905	5.1	8.407
3"	88.5	5.00	4.93	2.2	4.608	3.2	6.625	4.2	8.593	6.2	12.385
4"	114.0	5.00	4.90	2.8	7.562	4.1	10.944	5.4	14.244	8.0	20.597
6"	168.0	5.00	4.86	4.1	16.326	6.1	23.995	8.0	31.099	11.7	44.432
8"	219.0	5.00	4.82	5.3	27.519	7.9	40.521	10.4	52.713	15.3	75.730
10"	273.0	5.00	4.77	6.7	43.353	9.9	63.290	13.0	82.130	19.0	117.269
12"	323.0	5.00	4.73	7.9	60.487	11.7	75.585	15.4	98.105	22.5	164.301

(I) Sello Sedapal para 21mm y 26.5mm según especificación técnica SEDAPAL.



(\*) Certificación  
NFS INASSA  
NTP 399.166

(\*) Certificación  
NFS INASSA  
NTP 399.002

(\*) Certificación  
NFS INASSA  
NTP 399.003

**ANEXO C: Panel Fotográfico**

*Foto 1 Vista panorámica de la captación existente*



*Foto 2 Vista panorámica del reservorio existente que abastece a las localidades de Puerto Bagazán y Nueva Esperanza*



*Foto 3 Vista panorámica del aforo del manantial Puerto Bagazán*



*Foto 4 Vista panorámica de las calles principales de la localidad la Victoria*



*Foto 5 Vista panorámica de la localidad de Puerto Bagazán*



*Foto 6 Vista panorámica de la posta medica de la localidad de Puerto Bagazán*



*Foto 7 Vista panorámica de la toma de puntos para la ubicación de los componentes*



**ANEXO D: Planos**