



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARES  
COMPUTACIONALES EN EL MEJORAMIENTO DE  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO CEDRO DEL  
PASTO, DISTRITO DE COLASAY, PROVINCIA JAÉN,  
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

**PRESENTADA POR  
KENYI JORGE VALDEZ RODRIGUEZ  
EDHU MANUEL YACILA VALDEZ**

**ASESOR**

**OSCAR FERNANDO VELARDE VILLAR**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**CHICLAYO – PERÚ  
2023**



**CC BY-NC-ND**

**Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARES  
COMPUTACIONALES EN EL MEJORAMIENTO DE DISEÑO  
DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
DEL CENTRO POBLADO CEDRO DEL PASTO, DISTRITO DE  
COLASAY, PROVINCIA JAÉN, DEPARTAMENTO DE  
CAJAMARCA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR**

**VALDEZ RODRIGUEZ KENYI JORGE**

**YACILA VALDEZ EDHU MANUEL**

**ASESOR:**

**ING. OSCAR FERNANDO VELARDE VILLAR**

**CHICLAYO – PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

Quiero agradecer a Dios todo poderoso, a los familiares que me han apoyado y guiándome durante el trayecto de mi vida, quiero dedicar los docentes que me enseñaron la humildad y el camino para volverme un mejor ser humano.

**Kenyi Jorge Valdez Rodríguez**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación es dedicado a Dios, por ser nuestro principal inspirador, por concedernos la gracia de su bendición, y permitirnos lograr una de nuestras principales metas.

Al incondicional amor de mi familia, apoyo y por inculcarme las bases esenciales para lograr mis sueños.

A mis estimados Docentes por compartir sus enseñanzas, que me guiaron a lo largo de mi vida profesional.

**Edhu Manuel Yacila Valdez**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios, que me acompaña siempre, ilumina mi camino. Te lo agradezco padre celestial ya que siempre me has dado la oportunidad de poder desarrollarme como persona.

**Kenyi Jorge Valdez Rodríguez**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por acompañarme y enseñarme el correcto caminar, y estar en todo momento de mi vida.

Agradecer a los miembros de mi familia por su amor, su responsabilidad y por sus enseñanzas que hicieron que me incline a ser una mejor persona y querer superarme constantemente.

Gracias a mis docentes por inculcarme sus enseñanzas y ayudarme con mi formación profesional.

**Edhu Manuel Yacila Valdez**

# ÍNDICE

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Descripción de la situación problemática.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Argumentación del problema.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Formulación del problema.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.1. Problema General .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.2. Problemas Específicos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4. Objetivos.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4.1. Objetivo General .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5. Justificación de la investigación. ....</b>	<b>6</b>
<b>1.6. Importancia de la Investigación .....</b>	<b>6</b>
<b>1.6.1. Importancia social .....</b>	<b>6</b>
<b>1.6.2. Importancia económica.....</b>	<b>6</b>
<b>1.6.3. Importancia técnica .....</b>	<b>6</b>

1.7. Viabilidad de la investigación .....	7
1.7.1. Viabilidad operativa .....	7
1.7.2. Viabilidad financiera .....	7
1.7.3. Viabilidad Social .....	7
1.8. Alcance de la investigación .....	7
1.9. Limitaciones de la investigación .....	7
1.10. Impacto de la investigación .....	8
1.10.1. Impacto teórico .....	8
1.10.2. Impacto práctico .....	8
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales:.....	9
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	11
2.2. Bases teóricas.....	133
2.2.1. Sistema de abastecimiento de agua potable.....	133
2.2.2. Tipos de abastecimiento de agua potable.....	14
2.2.3. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad.....	16
2.2.4. Calidad del agua .....	25
2.2.5. Caudal.....	26
2.2.6. Criterios básicos de diseño .....	26
2.2.7. Programas de Diseño .....	35
2.2.7.1. Epanet.....	35

2.2.7.2. Watergems .....	36
2.2.7.3. Pipe flow .....	36
2.3. Definición de términos básicos .....	36
2.4. Hipótesis .....	38
2.4.1. Hipótesis General .....	38
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	38
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....</b>	<b>38</b>
3.1. Diseño Metodológico .....	38
3.1.1. Enfoque de la investigación .....	38
3.1.2. Tipo de la investigación .....	39
3.1.3. Nivel de la investigación .....	39
3.1.4. Diseño de la investigación.....	39
3.2. Población y muestra .....	40
3.2.1. Población.....	40
3.2.2. Muestra .....	40
3.3. Definición de variables .....	43
3.3.1. Definición conceptual .....	43
3.3.2. Definición operacional .....	43
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	45
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	45
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos .....	45
3.5. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos .....	45
3.5.1. Técnicas de procesamiento de datos .....	45

3.5.2. Instrumentos de procesamiento de datos .....	45
3.6. Procedimiento .....	46
<b>CAPÍTULO IV. DESARROLLO .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1 Descripción de la zona de estudio .....</b>	<b>47</b>
4.1.1 Área de Estudio .....	47
4.1.2 Área de influencia.....	48
4.1.3 Características demográficas y físicas del área de influencia.....	49
<b>4.2. Demanda poblacional .....</b>	<b>58</b>
4.2.1. Población General .....	58
4.2.2. Aforo .....	60
4.2.3. Análisis del agua: .....	61
<b>4.3. Diseño del sistema de abastecimiento por gravedad .....</b>	<b>63</b>
4.3.1 Normas de diseño.....	63
4.3.2 Dotación de diseño.....	63
4.3.3. Caudales de Diseño.....	65
4.3.4 Diseño de captación .....	67
4.3.5. Diseño de la red de conducción.....	76
4.3.6. Diseño de reservorio circular apoyado.....	81
4.3.7. Diseño de la línea de aducción.....	82
4.3.8. Diseño de red de distribución .....	86
<b>4.4. Modelamiento del sistema de abastecimiento en softwares computacionales .....</b>	<b>99</b>

4.4.1. Modelado en el programa Watergems .....	99
4.4.2. Modelado en Epanet .....	104
4.4.3. Modelado en Pipeflow .....	106
<b>CAPÍTULO V. RESULTADOS.....</b>	<b>111</b>
5.1. Demanda Poblacional .....	111
5.2. Diseño Geométrico del sistema de agua potable.....	112
5.2.1. Captación: .....	112
5.2.2. Sedimentador: .....	113
5.2.3. Línea de conducción: .....	121
5.2.4. Reservorio:.....	121
5.2.5. Línea de Aducción:.....	122
5.2.6. Redes de distribución: .....	123
5.3. Diseño Hidráulico óptimo .....	127
5.3.1. Modelamiento el Pipeflow .....	127
5.3.2. Modelamiento el Epanet.....	128
5.3.3. Modelamiento el Watergems .....	129
5.3.4. Comparación de los tres modelados Watergems, Epanet y Pipeflow.....	131
<b>CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>135</b>
6.1. Contrastación de hipótesis .....	135
6.1.1. Contrastación de hipótesis general .....	135
6.1.2. Contrastación de hipótesis específicas .....	136
6.2. Contrastación de los antecedentes .....	138

6.2.1. Contrastación de antecedentes internacionales .....	138
6.2.2. Contrastación de antecedentes Nacionales .....	141
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>144</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>146</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>136</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Viviendas con Abastecimiento de Agua por Red Pública .....	2
<b>Tabla 2</b> Periodo de Diseño .....	27
<b>Tabla 3</b> Rango de Dotaciones .....	29
<b>Tabla 4</b> Coeficientes de Variación .....	32
<b>Tabla 5</b> Valores del Coeficiente de Hazen-William. ....	34
<b>Tabla 6</b> Operacionalización de Variables.....	44
<b>Tabla 7</b> Empadronamiento Centro Poblado.....	48
<b>Tabla 8</b> Cálculo de Densidad de Población .....	48
<b>Tabla 9</b> Población estudiantil.....	48
<b>Tabla 10</b> Vías de Acceso .....	49
<b>Tabla 11</b> Puntos de Control de Referencia Cedro del Pasto. ....	54
<b>Tabla 12</b> Causas de Mortalidad según HRDC.....	57
<b>Tabla 13</b> Cuadro Informativo de la I.E. José Carlos Mariátegui.....	57
<b>Tabla 14</b> Datos de la Población 2007 .....	58
<b>Tabla 15</b> Datos de la Población 2017 .....	58
<b>Tabla 16</b> Tasa de Crecimiento.....	59
<b>Tabla 17</b> Cálculo de Densidad Poblacional .....	59
<b>Tabla 18</b> Cuadro de Población Futura de Cedro del Pasto.....	60
<b>Tabla 19</b> Medición de Caudal Mes de Marzo.....	61
<b>Tabla 20</b> Medición de Caudal Mes de Abril. ....	61
<b>Tabla 21</b> Medición de Caudal Mes de Mayo.....	61
<b>Tabla 22</b> Valores Permisibles de Fuente de Abastecimiento.....	62
<b>Tabla 23</b> Valores de Dotación.....	63

<b>Tabla 24</b>	Dotación por Grado Académico .....	64
<b>Tabla 25</b>	Variación de Coeficiente de Demanda Diaria y Horaria ....	64
<b>Tabla 26</b>	Diámetros Red de Conducción .....	78
<b>Tabla 27</b>	Captación 1.....	80
<b>Tabla 28</b>	Captación 2.....	80
<b>Tabla 29</b>	Diámetro de línea de Aducción.....	84
<b>Tabla 30</b>	Línea de aducción.....	86
<b>Tabla 31</b>	Diámetros de la Red de Distribución.....	89
<b>Tabla 32</b>	Red de Distribución Tramo 1 Caserío Agua Blanca.....	91
<b>Tabla 33</b>	Red de Distribución Tramo 2 Caserío Agua Blanca.....	91
<b>Tabla 34</b>	Red de Distribución Tramo 3 Caserío Agua Blanca.....	92
<b>Tabla 35</b>	Diámetros de la Red de Distribución Cedro del Pasto .....	95
<b>Tabla 36</b>	Red de distribución Cedro del Pasto.....	97
<b>Tabla 37</b>	Tasa de Crecimiento .....	111
<b>Tabla 38</b>	Cálculo de Densidad Poblacional .....	111
<b>Tabla 39</b>	Cuadro de Población Futura de Cedro del Pasto.....	112
<b>Tabla 40</b>	Dimensiones de la Captación .....	113
<b>Tabla 41</b>	Descripciones del Sedimentador .....	113
<b>Tabla 42.</b>	Velocidad de Caída.....	115
<b>Tabla 43.</b>	Velocidad de escurrimiento.....	116
<b>Tabla 44</b>	Descripciones de la Línea de Conducción.....	121
<b>Tabla 45</b>	Dimensiones del Reservorio .....	122
<b>Tabla 46</b>	Dimensiones de la Línea de Aducción.....	123
<b>Tabla 47</b>	Red de Distribución Tramo 1 Caserío Agua Blanca.....	124
<b>Tabla 48</b>	Red de Distribución Tramo 2 Caserío Agua Blanca.....	124

<b>Tabla 49</b>	Red de Distribución Tramo 3 Caserío Agua Blanca.....	125
<b>Tabla 50</b>	Dimensiones de la Red de Distribución .....	125
<b>Tabla 51.</b>	Resultados del modelado en Pipeflow .....	127
<b>Tabla 52.</b>	Resultados del modelado en el Epanet .....	128
<b>Tabla 53.</b>	Resultados del modelado Watergems .....	129
<b>Tabla 54.</b>	Comparación de los resultados obtenidos .....	131
<b>Tabla 55.</b>	Comparación de los resultados obtenidos .....	133
<b>Tabla 56</b>	Contrastación de Hipótesis General .....	135
<b>Tabla 57</b>	Contrastación de Hipótesis Específica 1 .....	136
<b>Tabla 58</b>	Contrastación de Hipótesis Específica 2.....	137
<b>Tabla 59</b>	Contrastación de Hipótesis Específica 3.....	138
<b>Tabla 60</b>	Contrastación de Antecedentes Internacionales.....	139
<b>Tabla 61.</b>	Contrastación de Antecedentes Nacionales .....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Centro poblado Cedro del Pasto .....	3
<b>Figura 2</b> Diagrama de Causa y Efecto.....	4
<b>Figura 3</b> Composición del Sistema de Abastecimiento .....	14
<b>Figura 4</b> Sistema de Abastecimiento por Gravedad .....	15
<b>Figura 5</b> Esquema de un Sistema por Bombeo.....	16
<b>Figura 6</b> Fuente de captación de agua subterránea.....	17
<b>Figura 7</b> Ejemplo del Sistema de Captación por Gravedad.....	18
<b>Figura 8</b> Sedimentador .....	19
<b>Figura 9</b> Línea de Conducción .....	20
<b>Figura 10</b> Ejemplo de Reservorio .....	21
<b>Figura 11</b> Ejemplo de la Línea de Aducción .....	23
<b>Figura 12</b> Red Abierta .....	24
<b>Figura 13</b> Red Cerrada.....	24
<b>Figura 14</b> Red Mixta .....	25
<b>Figura 15</b> Caudal del Río Tumbes.....	26
<b>Figura 16</b> Construcción de los Cuadrados y Cálculo de sus Áreas. 28	
<b>Figura 17</b> Ubicación geográfica del lugar de estudio.....	40
<b>Figura 18</b> Desvío para Centro Poblado Cedro del Pasto .....	41
<b>Figura 19</b> Entrada al Centro Poblado Cedro del Pasto .....	41
<b>Figura 20</b> Ubicación de los Beneficiarios del Centro Poblado.....	42
<b>Figura 21</b> Procedimiento de la Investigación.....	46
<b>Figura 22</b> Área de Estudio.....	47
<b>Figura 23</b> Clima del Centro Poblado .....	50
<b>Figura 24</b> Características del Suelo Captación Manantial .....	51
<b>Figura 25</b> Laderas Cubiertas de Vegetación .....	52
<b>Figura 26</b> Levantamiento Topográfico .....	53
<b>Figura 27</b> Cosecha de Choclo Centro Poblado Cedro del Pasto.....	55
<b>Figura 28</b> Ganado Vacuno Centro Poblado Cedro del Pasto .....	55
<b>Figura 29</b> Puesto de Salud de Cedro del Pasto .....	56
<b>Figura 30</b> Flujo de Entrada en un Orificio de Pared Gruesa.....	67
<b>Figura 31</b> Carga Disponible y Pérdida de Carga .....	68

<b>Figura 32</b>	Distribución de los Orificios de Pantalla Frontal. ....	71
<b>Figura 33</b>	Sección de la Captación Manantial. ....	73
<b>Figura 34.</b>	Diseño de la red de abastecimiento .....	99
<b>Figura 35.</b>	Exportación de los elementos de diseño .....	99
<b>Figura 36.</b>	Importación del trazo al Watergems.....	100
<b>Figura 37.</b>	Importación de las estructuras proyectadas .....	100
<b>Figura 38.</b>	Importación de las curvas de nivel .....	101
<b>Figura 39.</b>	Comando para agregar la data de la demanda .....	101
<b>Figura 40.</b>	Data de la demanda poblacional .....	102
<b>Figura 41.</b>	Correr el modelado en Watergems .....	102
<b>Figura 42.</b>	Reporte de nudos.....	103
<b>Figura 43.</b>	Reporte de tuberías.....	103
<b>Figura 44.</b>	Exportación del modelado en Watergems a Epanet ....	104
<b>Figura 45.</b>	Abrir documento en Epanet.....	104
<b>Figura 46.</b>	Insertar coordenadas - Epanet.....	105
<b>Figura 47.</b>	Datos de tuberías y propiedades del material .....	105
<b>Figura 48.</b>	Simulación del modelado .....	106
<b>Figura 49.</b>	Ingreso de símbolos .....	106
<b>Figura 50.</b>	Designación de propiedades .....	107
<b>Figura 51.</b>	Designación de demanda poblacional.....	107
<b>Figura 52.</b>	Simulación del modelamiento.....	108
<b>Figura 53.</b>	Simulación del modelamiento.....	109
<b>Figura 54.</b>	Simulación del modelamiento.....	109
<b>Figura 55.</b>	Resultados de nudos.....	110
<b>Figura 56.</b>	Resultados de secciones de tuberías .....	110
<b>Figura 57</b>	Sedimentador .....	114
<b>Figura 58.</b>	Velocidad.....	115
<b>Figura 59.</b>	Longitud de tanque.....	116
<b>Figura 60.</b>	Ancho del tanque .....	117

<b>Figura 61.</b> Diseño de transición .....	118
<b>Figura 62.</b> Alturas y pendientes .....	120
<b>Figura 63.</b> Dimensiones de la compuerta .....	120
<b>Figura 64</b> Comparación de los resultados obtenidos .....	132

## RESUMEN

Conforme al Instituto Nacional de Estadística e Informática en su reporte sobre el acceso a los básicos servicios en el Perú, detalló que para el 2019 a nivel nacional el 90,6% de domicilios se abastecen de agua potable mediante la red de distribución pública, en la zona urbana alcanza al 95,1% y en el área rural con 74,9%.

El objetivo del presente trabajo fue realizar una propuesta de implementación de softwares computacionales para mejorar el diseño del sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto distrito de Colasay, provincia de Jaén, Cajamarca.

Esta investigación cuenta con un diseño experimental del tipo cuantitativo y de nivel descriptivo. La muestra objeto de estudio fue el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado el cual se modeló en los programas computacionales de Epanet, Watergems y Pipeflow.

Obteniendo un sistema que cuenta con un volumen de captación de 0,49 m<sup>3</sup>; un sedimentador de 0,60 m de ancho, un largo de 6,20 m y una altura de 0,80 m; el diámetro óptimo hallado para la tubería línea de conducción será equivalente a 1 ½"; el reservorio cuenta con una capacidad de 10 m<sup>3</sup> y una longitud total de tubería de 4 975 ml.

Se concluyó que los tres diseños son óptimos dado que brindaron los mismos nudos, con caudales que van desde 0,014 l/s hasta 0,094 l/s, grado hidráulico desde 1 979,6 hasta 1 620,59, una presión máxima igual a 40,41 mh<sub>2</sub>o, un total de metrado de tuberías de 4 975 ml, una velocidad máxima de 0,95 m/s y el caudal máximo de 0,789 l/s.

Palabras claves: Captación, reservorio, línea de conducción, Watergems, Pipeflow, Epanet.

## ABSTRACT

According to the National Institute of Statistics and Informatics in its report on access to basic services in Peru, it detailed that by 2019 at the national level, 90.6% of homes are supplied with drinking water through the public distribution network, In the urban area it reaches 95.1% and in the rural area it reaches 74.9%.

The objective of this work was to make a proposal for the implementation of computer software to improve the design of the drinking water system in the Cedro del Pasto town center, district of Colasay, province of Jaén, Cajamarca.

This research has a quantitative experimental design and a descriptive level. The sample under study was the water supply system of the town center which was modeled in the Epanet, Watergems and Pipeflow computer programs.

Obtaining a system that has a collection volume of 0.49 m<sup>3</sup>; a settler 0.60 m wide, 6.20 m long and 0.80 m high; The optimal diameter found for the conduction line will be equivalent to 1 ½"; The reservoir has a capacity of 10 m<sup>3</sup> and a total pipe length of 4,975 ml.

It is concluded that the three designs are optimal given that they provided the same nodes, with flow rates ranging from 0.014 l/s to 0.094 l/s, hydraulic grade from 1,979.6 to 1,620.59, a maximum pressure equal to 40, 41 mh<sub>2</sub>o, a total pipe meter of 4 975 ml, a maximum speed of 0.95 m/s and the maximum flow rate of 0.789 l/s.

Keywords: Catchment, reservoir, pipeline, Watergems, Pipeflow, Epanet.

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis Kenyi Jorge Valdez Rodriguez y Ed  
hu Manuel Yacila Valdez.docx

AUTOR

EDHU MANUEL YACILA VALDEZ

RECUESTO DE PALABRAS

26997 Words

RECUESTO DE CARACTERES

143534 Characters

RECUESTO DE PÁGINAS

191 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

23.7MB

FECHA DE ENTREGA

May 24, 2024 10:23 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 24, 2024 10:26 AM GMT-5

● 16% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud



USMP  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de  
Ingeniería y  
Arquitectura

Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Biblioteca FIA

Juana Chunga Rodríguez  
Bibliotecóloga

Resumen

## INTRODUCCIÓN

Softwares computacionales como Epanet, Watergems y Pipeflow, son consideradas herramientas que permiten el diseño, planificación y operatividad de redes de abastecimiento de agua potable; sin embargo, estos programas no siempre son empleados por los especialistas al momento de planear y ejecutar este tipo de proyectos, debido a la falta de conocimiento de los beneficios que éstos ofrecen.

Los objetivos de estudio tienen como finalidad implementar softwares computacionales para elaborar un óptimo sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, que satisfaga a la demanda actual y futura de agua del centro poblado Cedro del Pasto, se realizaron trabajos de campo para los estudios previos en la zona de estudio, así como trabajos en gabinete en donde se concretó el diseño integral del sistema de conducción de agua potable y el análisis de distribución del mismo.

La recolección de datos se llevó a cabo mediante la vista preliminar del estudio, el empadronamiento de la población total para poder identificar el caudal de diseño, también se realizó un levantamiento topográfico donde se identificaron las estructuras que presentaba el antiguo sistema, para luego determinar el caudal de la nueva captación y verificar que este cumpla con el diseño. Posterior a ello se realizaron los cálculos hidráulicos y estructural de la red bajo el enfoque del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Por último, finalizado el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable, se implementaron los softwares Epanet, Watergems y Pipeflow para simular el diseño del sistema y brindar la mejor opción posible para el modelamiento. Por tanto, esta investigación es importante debido a la necesidad de diseñar un sistema de abastecimiento que mejore la calidad del líquido vital recibido y propicie el desarrollo socioeconómico de los habitantes del centro poblado Cedro del Pasto.

La estructura del presente trabajo de investigación contiene la descripción de la situación problemática, argumentación, formulación del problema, objetivos, justificación, importancia y viabilidad. Asimismo, está

formado por un marco teórico, también contiene la metodología de estudio que permite determinar el tipo, nivel, diseño, población, muestra, técnicas de recolección y procedimiento de la investigación. Además del desarrollo del estudio, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la situación problemática**

Según la OMS (2022) estimó que, por la falta de un abastecimiento de agua o una inadecuada higiene de manos, fallecen 829 000 individuos en todo el mundo; todo lo contrario, sucedería si se contara con un mecanismo eficiente que abastezca de agua a los usuarios, ya que se podría prevenir el fallecimiento de unos 297 000 niños en primera infancia.

Uno de los continentes que se ha visto afectado por la falta de una adecuada red de abastecimiento de agua potable es África, lo que está generando un impacto negativo en su economía dado que se ha disminuido en un 4,30% el PBI. Otro país ubicado en el continente asiático que se encuentra en la misma situación por carencia de este sistema es la India donde su PBI se ha reducido en un 6,40 % (ONU, 2019).

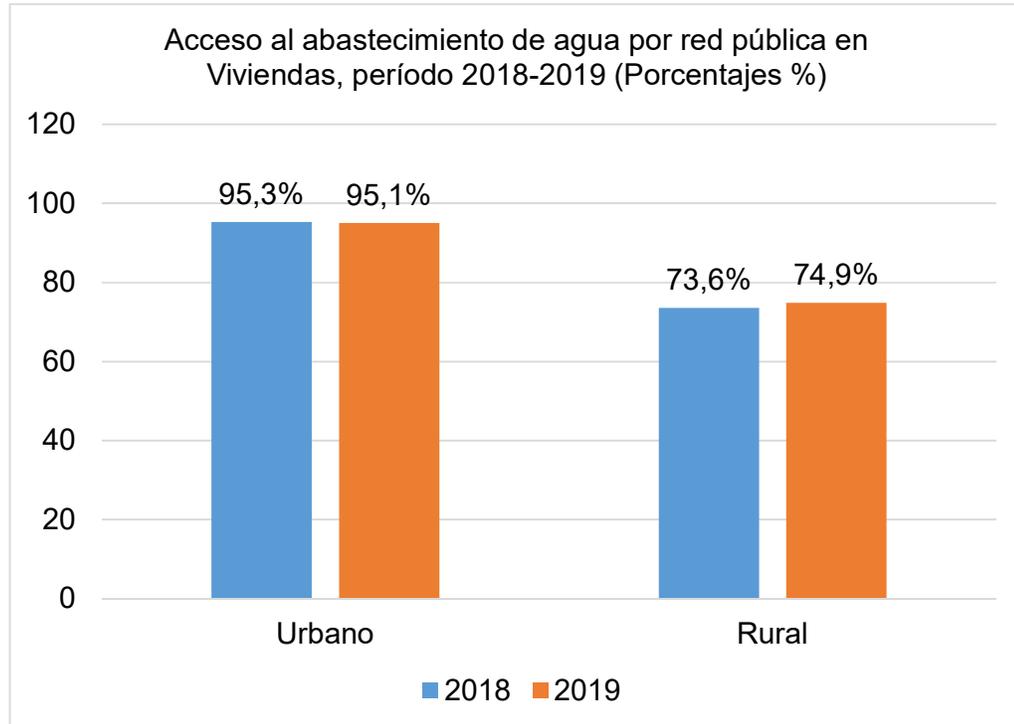
Por lo cual un servicio de agua potable que sea óptimo es significativo para el bienestar y salud de los pueblos, permitiendo brindar un acceso de forma eficiente, equitativa y sostenible, siendo aún parte fundamental para superar la pobreza y que un país mejore económicamente (Medrano, 2019).

Se define como sistema de abastecimiento de agua potable al procedimiento que logra el desplazamiento del agua y que empieza en la toma de captación, desplazándose hasta llegar a las manos de los consumidores, asimismo se debe cumplir ciertos parámetros, para brindar una buena calidad de condición sanitaria y el abastecimiento total de la población (Cooperación Alemana, 2017).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020), detalla que el 85,1% de las viviendas ubicadas en la zona urbana operan con una red de servicio público de agua a diferencia de la zona rural que cuenta con un 74,9% de esta red, como se observa en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Viviendas con Abastecimiento de Agua por Red Pública*



Nota. La tabla muestra en porcentajes la cantidad de viviendas en el sector urbano y rural que han sido beneficiadas por un sistema de abastecimiento agua potable. Fuente: INEI (2020). Boletín Informativo (<https://www.inei.gob.pe>).

Actualmente el Centro Poblado Cedro del Pasto tiene una ineficiente prestación en la dotación de agua potable, donde se ve afectada por interrupciones inesperadas del servicio, debido a que sus fuentes de agua han disminuido su caudal y no abastece a la población en su totalidad. También se suma a esto, la carencia de un sistema de desagüe, que ha creado en la población una gran preocupación, debido a que en los últimos meses se está incrementado las enfermedades infecciosas en la zona.

A continuación, se presenta en la figura N°1 una imagen del lugar de estudio.

## **Figura 1**

*Centro poblado Cedro del Pasto-2023*



Nota. Imagen del centro poblado (2023).

Fuente: Elaborado por los autores (2023).

Asimismo, los dispositivos existentes del sistema de agua potable presentan desperfectos, por tanto, se pretende suplir con una nueva propuesta de abastecimiento de agua potable, en el cual su diseño se realice en softwares computacionales para determinar cuál es la mejor opción en cuanto a presión, caudal óptimo y velocidad.

### **1.2. Argumentación del problema**

También fue necesario evaluar y reconocer cuál es la idea del problema principal que tuvo la presente investigación, para así determinar el diagrama de causa y efecto.

Como causas se encuentran las manifestaciones de enfermedades producidas por consumir agua no potabilizada, contaminación por descarga de aguas residuales urbanas, incorrecta distribución del agua potable para las viviendas, carencia del diseño de sistema básico de agua potable, poco

desarrollo socio económico por condiciones de vida deplorables; como efecto tenemos que todo esto se debe a la inexistencia de un diseño óptimo de abastecimiento de agua potable.

Finalmente se determinó como problema general: ¿Cómo influye la propuesta de implementación de softwares computacionales en el mejoramiento del diseño del sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, Cajamarca? En la figura N°2 se observa el diagrama de causa y efecto.

**Figura 2**  
*Diagrama de causa y efecto*



**Nota.** La figura muestra el diagrama de causa y efecto.

Fuente: Elaborado por los autores (2023)

### 1.3. Formulación del problema

#### 1.3.1. Problema General

¿Cómo influye la propuesta de implementación de softwares computacionales en el mejoramiento de diseño de un sistema de agua potable

en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

¿Cuál es la demanda poblacional que debe de satisfacer el sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, del distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca?

¿Qué diseño geométrico permite un adecuado sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, en el distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca?

¿Qué diseño hidráulico realizado con un software computacional es el óptimo en el mejoramiento del sistema de agua potable en el en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Realizar una propuesta de implementación de softwares computacionales para el mejoramiento del diseño del sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Determinar la demanda poblacional para el mejoramiento del sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

Realizar el diseño geométrico del mejoramiento del sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

Determinar que diseño hidráulico realizado con un software computacional es el óptimo en el mejoramiento del sistema de agua potable

en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

### **1.5. Justificación de la investigación.**

La escasez de los servicios básicos de saneamiento actúa contra la salud de la población, es por ello que debe de ser una necesidad prioritaria el diseño y construcción de métodos de abastecimiento de agua potable con el fin de evitar deterioro en la salud de los habitantes de este centro poblado; y así lograr optimizar la calidad de vida y el progreso de la población de Cedro del Pasto, distrito Colasay, que consumen agua de fuentes que están expuestas a la contaminación. Por lo cual la justificación de una propuesta de implementación de softwares computacionales no solo mejorará la calidad de vida de los habitantes, sino que también se garantiza que el sistema de abastecimiento logre satisfacer la demanda de agua.

### **1.6. Importancia de la Investigación**

#### **1.6.1. Importancia social**

La población se verá beneficiada con un diseño de un sistema de conducción de agua potable porque con la presente tesis se garantiza calidad de vida a los pobladores de la zona de estudio, y al mismo tiempo se reducen las enfermedades infecciosas.

#### **1.6.2. Importancia económica**

La presente investigación aporta el diseño de un sistema de abastecimiento por gravedad, reduciendo los costos de estudios previos y trabajo en gabinete. Asimismo, se busca impulsar el desarrollo económico de la zona de estudio garantizándole a los pobladores calidad de vida.

#### **1.6.3. Importancia técnica**

El diseño del sistema de abastecimiento por gravedad con la implementación de software computacionales permitirá abastecer de manera total y eficiente cada conexión domiciliaria presente en el Centro Poblado Cedro de Pasto.

## **1.7. Viabilidad de la investigación**

### **1.7.1. Viabilidad operativa**

Este trabajo de investigación está dirigido al diseño hidráulico de los mecanismos de un sistema para el abastecimiento a la población tales como la línea de Conducción, línea de aducción, red de distribución; basándose en las Normas de Obras de Saneamiento (OS) del Reglamento Nacional de Edificaciones.

### **1.7.2. Viabilidad financiera**

El presente trabajo de investigación es viable en el aspecto financiero ya que los gastos serán asumidos por los autores.

### **1.7.3. Viabilidad Social**

El proyecto es viable en el aspecto social ya que brindará una alternativa de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, con un ambiente sostenible, además en beneficio de la salubridad de los pobladores en la zona.

## **1.8. Alcance de la investigación**

El alcance que cubre el presente trabajo es el diseño de sistema de abastecimiento de agua potable al centro poblado Cedro del Pasto del distrito de Colasay, provincia Jaén, departamento Cajamarca.

## **1.9. Limitaciones de la investigación**

Las posibles limitaciones para el desarrollo del presente programa de investigación son las siguientes:

No se cuenta con estudios anteriores en la zona de estudio

La movilización en el centro de estudio representa un riesgo para los autores como el personal de apoyo debido a que el relieve de la zona escogida para el proyecto es muy accidentada.

## **1.10. Impacto de la investigación**

### **1.10.1. Impacto teórico**

El impacto potencial teórico que tiene la presente investigación es el de brindar conocimientos relacionados con la implementación de softwares computacionales que permitan analizar la distribución de agua, para un adecuado diseño, de esta manera se garantiza que el sistema de agua potable logre abastecer la demanda requerida por la población de la zona de estudio.

### **1.10.2. Impacto práctico**

El impacto potencial práctico de esta investigación es el aporte de información para el diseño de un sistema de abastecimiento por gravedad en la zona de estudio. Además, se detalla el desarrollo del diseño de las partes que componen el sistema en mención, concediendo un diseño eficiente y de bajo costo para su construcción y operatividad. Así como el paso a paso de la implementación de los softwares computacionales, permitiendo de esta manera que otros especialistas relacionados o interesados en este rubro puedan aplicar este tipo de sistemas de análisis. Por otro lado, en la presente tesis se tomó en cuenta los tiempos de sequía que sufre la población, garantizando que ésta no se vea afectada.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

En el presente trabajo de investigación se han considerado diferentes investigaciones nacionales e internacionales que se fundamentan en temas similares a la presente investigación, propiciando conocimientos sobre las metodologías empleadas en cada una de las tesis, lo cual permite vincular la implementación de un diseño de sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad.

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales:**

Ramírez (2019), en su investigación tuvo como fin realizar una combinación entre el lenguaje de Python y el software de diseño de Epanet para modelar y simular las redes de distribución de agua potable. La metodología fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo y de diseño no experimental. Tuvo como herramientas el uso de Python, Epanet y AutoCAD. Tuvo como resultado un diseño de abastecimiento para 12 500 habitantes, con una presión de 14,06 Kg/ cm<sup>2</sup>, que el modelado en el programa Epanet se redujeron el 87% de número de iteraciones y se disminuyó en un 92% el tiempo de simulación. Concluyó que el uso del software de estudio permite tener un diseño óptimo de la red dado que permite reducir la longitud de las tuberías y las uniones.

Guillen (2021), en su tesis tuvo por objetivo aplicar el software Watercad en el Modelamiento del Sistema de Abastecimiento de agua potable para la comunidad de Espite -Ayacucho, obteniendo como resultados que el software WaterCad contribuye significativamente en la optimización del modelamiento de la red de agua potable en la comunidad en estudio. Con la aplicación de este programa se lograron obtener datos exactos de las tuberías PVC que conforman las redes del proyecto, además de la demanda y presiones que se presentan en los nudos según el RNE. Logrando ahorrar tiempo y recursos al elaborarse un proyecto.

Coronado (2019), en su investigación titulada "Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío el Terrero y diseño del sistema de agua

potable para la aldea Hierba Buena, Jalapa, Jalapa”. Tuvo como finalidad diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el caserío El Terrero y el sistema de agua potable para la aldea Hierba Buena del municipio de Jalapa, departamento de Jalapa, mediante una metodología de tipo aplicada y diseño no experimental. Obtuvo como resultado que el diseño de sistema de alcantarillado será de mucho beneficio para 2 076 habitantes, 346 viviendas y factible para hasta 30 años, en cuanto el diseño de sistema de agua potable será beneficioso para 930 personas y factible su diseño hasta para unos 20 años. Se concluye que estos diseños propuestos permiten optimizar la calidad de vida de los pobladores, sin causar impactos negativos al ambiente en la ejecución de ellos.

Díaz y Franco (2020), en su tesis titulada “Estudio de la problemática de abastecimiento de agua potable para las veredas Quiba sector Guabal y Mochuelo Alto y Bajo -Ciudad Bolívar”. Tuvieron como objetivo analizar el problema de abastecimiento de agua potable en las veredas de Quiba sector Guabal y Mochuelo alto y bajo de la Localidad de Ciudad Bolívar, mediante una metodología de tipo descriptivo y de enfoque cuantitativo. Tuvo como resultado que para Asoporquera I y II existe un crecimiento poblacional donde para el año 2045 el índice de escasez llegaría al 27,87% y la demanda de 17,7 m<sup>3</sup>/año, asimismo, en el acueducto de Asoquiba para el año 2045 existirá un índice de escasez de 63% con una demanda de 28,44 m<sup>3</sup>/año. Se concluye que puede existir desabastecimiento del recurso hídrico en la Quebrada de Quiba, viéndose realmente afectado en el año 2045.

Aguilar y Torres (2021), en su estudio titulado “Propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable en la comuna "Molino Alto" ubicado en el Quinche”, tuvo como fin proponer mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable en la comuna “Molino Alto”, mediante una metodología de tipo aplicada y enfoque cuantitativo. Se obtuvo como resultados que es de 1,6 L/s, las líneas de conducción se encuentra en buen estado, la red de distribución es una red abierta abastecida por un tanque circular de 85 m<sup>3</sup> y el presupuesto requerido para mejorar el sistema de abastecimiento es de \$222 786,07 dólares. Se concluye que la propuesta ayuda a la población acceder a un servicio seguro de agua potable que permite mejorar la cantidad del líquido vital requerido, así como la calidad de

vida de los pobladores del sector estudiado.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Lezcano (2022), en su investigación tuvo como propósito realizar un mejoramiento en la red de abastecimiento de agua potable del centro poblado El Cucho, Departamento de Piura, mediante una metodología de diseño no experimental y de tipo aplicada. Asimismo, aplicó una encuesta para determinar la cantidad poblacional del centro poblado, realizó un aforo de la fuente de captación, en gabinete procesó los datos estadísticos de la encuesta e hizo los cálculos para el diseño de la nueva propuesta, también utilizó programas como el AutoCAD, Civil 3D, Word, WaterGems, y Excel. Obtuvo como resultado un diseño para una población a futuro de 1 652 habitantes para un periodo de 20 años, con un caudal de consumo de 1,753 l/s, con una línea de conducción de 6,70 metros lineales de diámetro de 2 ½" PVC, con una fuente de captación de manantial de aforo de 2,75 l/s, con una línea de impulsión de 2 501,21ml de diámetro de 4", con un reservorio de volumen de 40m<sup>3</sup>, una línea de aducción de 20,73ml, una red de agua de tipo por gravedad de 5 889,56 ml y 556 conexiones a viviendas. Concluyó que si podría realizar una mejora en la red que abastece al centro poblado origen de estudio con la propuesta que planteó dado que garantiza calidad y la cantidad de agua suficiente para satisfacer a la población.

Limachi (2021), en su investigación se planteó como propósito establecer un diseño hidráulico para un sistema de abastecimiento de agua potable con uso de los programas Watercad y Epanet, Puno, 2021. Donde tuvo una metodología cuantitativa, de tipo aplicada y de nivel descriptivo. Presentó como muestra y población de 481 viviendas (694 habitantes) y uso de softwares Watercad, Epanet, AutoCAD y Excel. Teniendo como resultado una densidad de población de 3,04 h/v, una dotación para cada vivienda de 0,64 l/s, un reservorio de 7,28 m<sup>3</sup>, una captación de caudal máximo diario 0,40 l/s, una cámara de reunión de caudal de 0,40 l/s. Asimismo en el modelado de Watercad se obtuvo como resultado 1 226,26 m de tubería de conducción, de aducción de 118,86 m y de distribución de 19 458,24 m y con el modelado en Watercad se obtuvo una longitud 1 226,26m, una red de aducción de

118,86 m y una distribución de 19 458,24 m. Concluyó que la simulación del diseño en los dos programas son óptimos dado que cumple con la normativas peruanas establecidas.

Usaqui (2021), en su investigación tuvo como propósito evaluar y mejorar la red de abastecimiento de agua en el Caserío Pisca, distrito de Macos, Departamento de Ancash, mediante un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de tipo aplicada. También recolectó información del lugar de estudio mediante encuestas poblacionales y observación ocular, por otro lado, realizó un análisis químico al agua del lugar de la captación, un levantamiento topográfico y un estudio de mecánica de suelos. Obtuvo como resultado un diseño de sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad con una fuente de captación de manantial con aforo de 0,961l/s, con caudal máximo diario de 0,50l/s, con una línea de conducción de 547,81m. de tubería con un diámetro de 1" PVC, un reservorio de volumen de 10 metros cúbicos, una línea de aducción de 90,291 metros con un diámetro de 1" PVC, un caudal unitario de 0,0168l/s; y, un sistema de cloración de 11 gotas por segundo. Concluyó que el diseño que propuso opera de manera positiva a la condición sanitaria requerida por la población cubriendo los ámbitos de cobertura, calidad, cantidad, continuidad y gestión del servicio.

Celi (2021), en su estudio tuvo como finalidad realizar un diseño hidráulico de una red de agua potable para la localidad de Ceibal, Provincia de Ayabaca en Piura, en donde su metodología fue de diseño no experimental, de tipo aplicada y de nivel descriptivo. Asimismo, hizo uso del software Watergems y AutoCAD, para una muestra de población de diseño de 200 habitantes. Donde obtuvo que una longitud de tubería de 1 497 m, una velocidad máxima de 0,70 m/s, una presión mínima de 5,09m.c.a. y máxima de 38,28m.c.a. En donde concluyó que la propuesta realizada en el programa Watergems satisface a la población futura proyectada para unos 20 años.

Huamán y Rojas (2019), su investigación tuvo como finalidad en realizar un diseño de red para abastecer a 4 balnearios de Lima, en el distrito Santa María del Mar, mediante un diseño no experimental transaccional, de nivel descriptivo y de enfoque cuantitativo. También recolectó información del

lugar de estudio mediante el padrón para usuarios, una inspección ocular, material bibliográfico, levantamiento topográfico y estudio de mecánica de suelos; asimismo utilizó los softwares como Excel, Word, AutCAD y WaterCAD. En cuanto a normativa utilizaron la OS.010, OS.100 y la OS.050. Obtuvo como resultado un diseño de sistema de abastecimiento de agua potable, con un reservorio de 29 metros cúbicos de volumen para un periodo de diseño de hasta 20 años para una población futura de 117 630 habitantes. Concluyeron que es factible el diseño propuesto dado que cumple con la normativa peruana y además mejora la calidad y eficiencia para abastecer agua potable en los balnearios del lugar de estudio.

## **2.2. Bases teóricas**

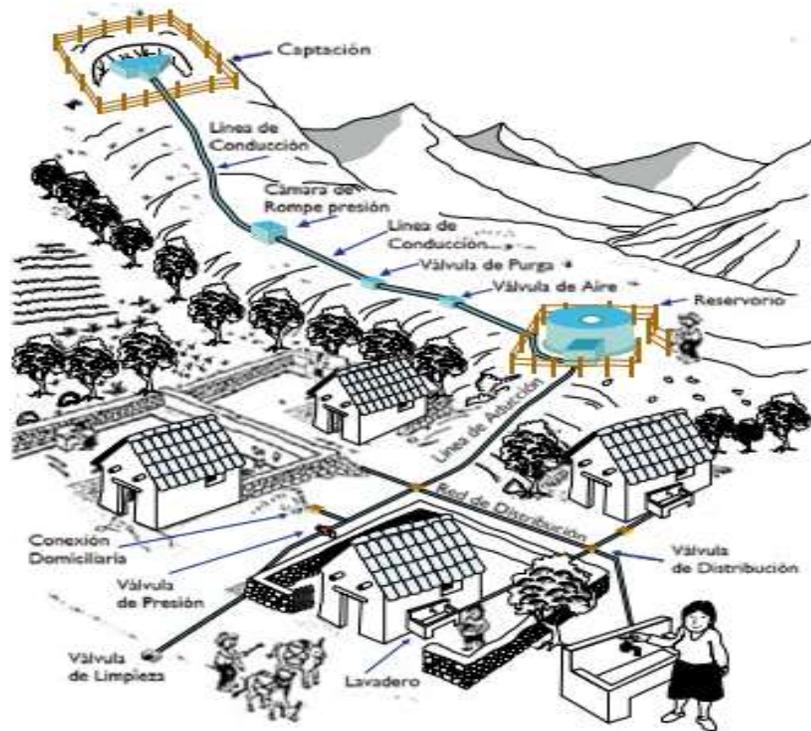
### **2.2.1. Sistema de abastecimiento de agua potable**

Es la ejecución de la unión de obras hidráulicas, que tiene como fin permitir a los habitantes acceder al agua potable sea para algún empleo de consumo domésticos, usos públicos, industriales, etc. Teniendo como parámetros de diseño para suministrar agua con calidad (Minashree y Gupta, (2022).

Carhuapoma y Chahuayo (2019) mencionan que es una obra de ejecución que tiene la finalidad de dotar a la población de agua potable, abasteciendo con una cantidad proporcional a todos los pobladores que estén necesitando dicho elemento y de esa manera satisfacer sus necesidades. Como se observa en la figura 3.

**Figura 3**

*Composición del Sistema de Abastecimiento*



Nota. Dibujo de un sistema de abastecimiento de agua potable.

Fuente: Cooperación Alemana (2017).

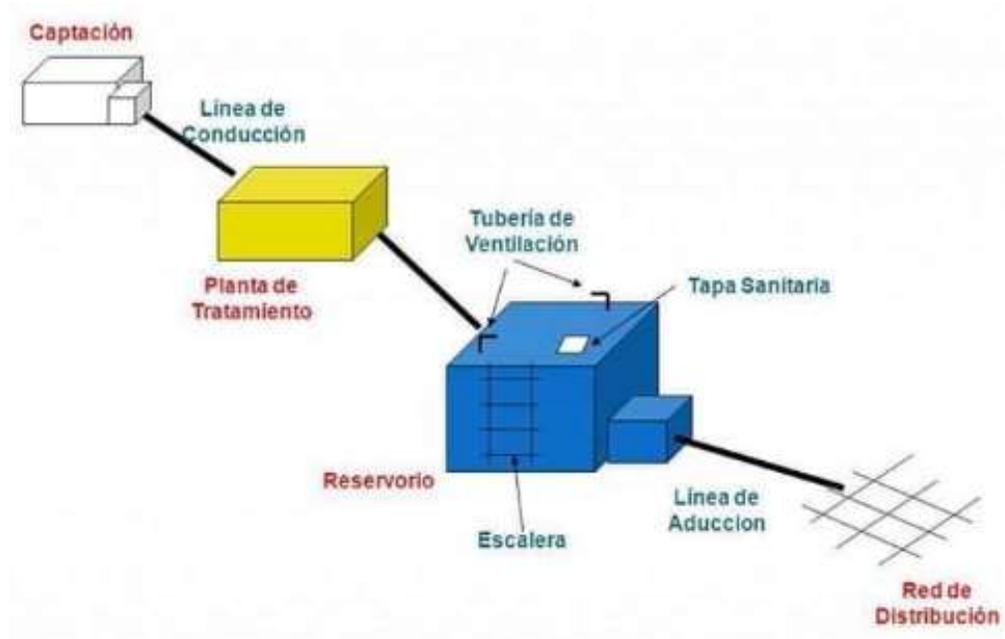
## 2.2.2. Tipos de abastecimiento de agua potable

**2.2.2.1. Sistema por gravedad.** Este sistema puede ser utilizado en vías o líneas complementarias, en el caso de líneas complementarias forman parte del “sistema de distribución por gravedad” (Cooperación Alemana, 2017).

Este sistema de abastecimiento se logra por medio de un depósito situado a un nivel superior a la zona, que puede ser un depósito elevado o un depósito de superficie. Así como se aprecia en la fig. N°4.

**Figura 4**

*Sistema de Abastecimiento por Gravedad*



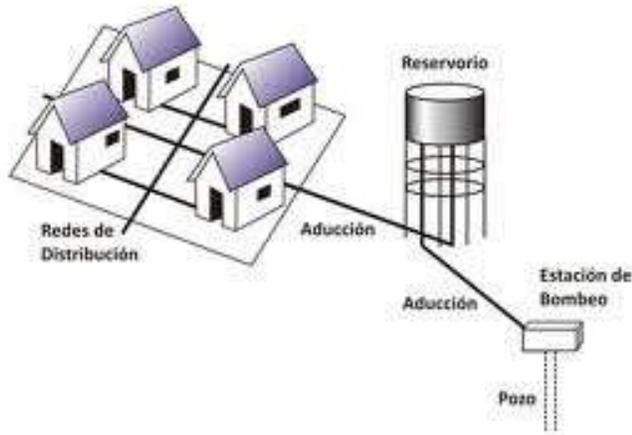
Nota. Ejemplo de sistema de abastecimiento por gravedad.

Fuente: Cooperación Alemana (2017)

**2.2.2.2. Sistema por bombeo.** Este sistema se usa para canalizar aguas subterráneas, especialmente para abastecer los depósitos que posteriormente son los indicados en el abastecimiento a la red de distribución. Para este sistema se necesita de un equipo que “convierte la energía mecánica proporcionada por la bomba en energía potencial” (la columna de agua), de tal manera que el agua se eleva de un nivel inferior a un nivel superior (tanque). Además, el sistema puede incluir un tanque, una cabina de bomba y su equipo; excepto en estaciones de tipo booster o en ascensores presurizados (Cooperación Alemana, 2017). En la figura 5 se visualiza un ejemplo de sistema de abastecimiento por bombeo.

## Figura 5

### Esquema de un Sistema por Bombeo



Nota. La imagen presenta un ejemplo de sistema de abastecimiento por bombeo. Fuente: Cooperación Alemana (2017)

### 2.2.3. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad.

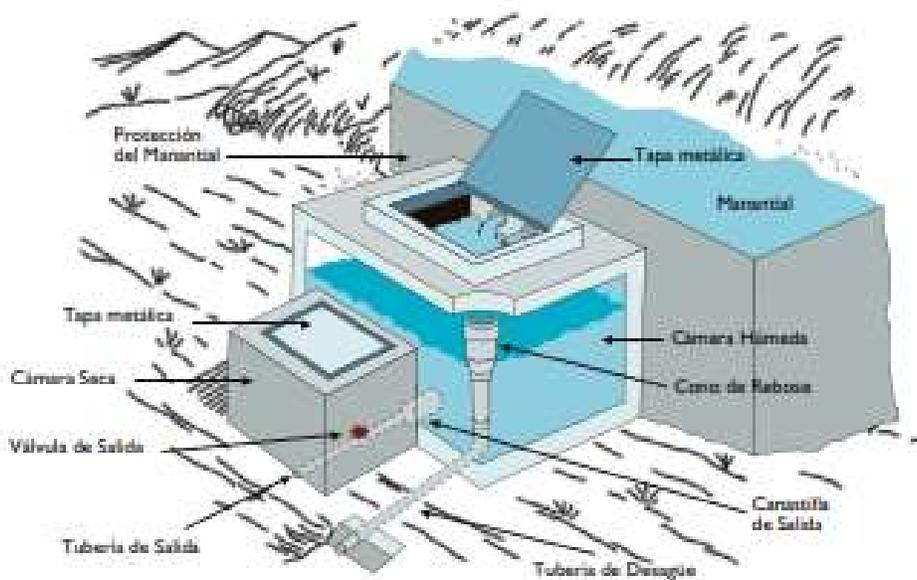
#### 2.2.3.1. Fuente de abastecimiento

Se refiere al recurso natural o infraestructura utilizada para la obtener y propiciar agua, Según la norma OS. 050 del Reglamento Nacional de Edificaciones, lo primero que se toma en cuenta es la obtención de la cantidad y calidad de agua necesaria en el sector donde se realiza la ejecución, es necesario realizar la evaluación de otras fuentes como la geo referencia del estudio con sus respectivos estudios topográficos, se tiene que efectuar el análisis del agua, un análisis de vulnerabilidad y otros necesarios (MVCS, 2009).

Entre las diversas fuentes para abastecimiento de agua, se encuentra las aguas subterráneas. Estas aguas son aquellas que se logran filtrar en el terreno a través de las grietas y poros que se presentan en el suelo, llegando a un punto profundo en donde los vacíos se presentan con agua. Como se visualiza en la figura 6.

## Figura 6

*Fuente de captación de agua subterránea.*



Nota. Se observa los elementos de una fuente de captación de agua. Fuente: Cooperación Alemana (2017)

Según Cong et al. (2022), menciona que las aguas superficiales pueden ser los lagos, embalses, ríos y humedales, asimismo representa solo el 0,3% del total de agua dulce. Las aguas meteóricas se usan principalmente en lugares donde llueve con frecuencia, el agua es tomada de los techos y el agua que se almacena en tanques como cisternas.

### 2.2.3.2. Captación

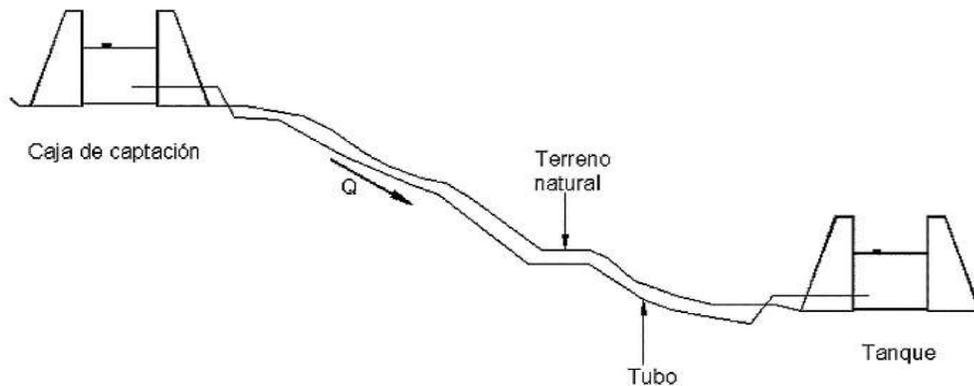
Las obras civiles y electromecánicas que se ejecutan para extraer el agua, siendo el requisito indispensable, la previsión necesaria para evitar la contaminación de las mismas. Pueden ser sumergidas o semi sumergidas en el caso de aguas superficiales, pozos excavados a nivel de acuíferos para la obtención de aguas subterráneas, y estructuras diversas para la captación y conducción de aguas pluviales a puntos de almacenamiento (Cooperación Alemana, 2017).

La captación de masas de aguas, como son los casos de ríos, lagos, riachuelos, ayudan a captar y abastecer agua de forma prolongada a una

población. Se puede realizar el sistema de agua por gravedad, cuando la fuente elegida se localiza por encima del lugar o una altitud mayor al punto de conveniencia del agua. Los diferentes tipos de extracción de agua dependen en gran medida de las características de la fuente, así como del caudal requerido o cantidad similar de agua de las singularidades geológicas, hidrológicas y topográficas de la zona (Torres, 2019). En la figura 7 se observa un ejemplo del sistema de captación por gravedad.

### Figura 7

#### *Ejemplo del Sistema de Captación por Gravedad*



Nota. Se observa los puntos más importantes de un sistema de captación.  
Fuente: Sagarpa (2018).

Para diseñar una obra de captación se debe considerar el caudal máximo diario requerido donde se toma en cuenta las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

**Aguas superficiales:** Las obras que se ejecutan en los cursos superficiales de agua en lo más posible no debe modificar el flujo de la fuente, asimismo debe ubicarse en zonas que no produzcan alguna sedimentación o erosión y deben encontrarse por debajo del nivel mínimo de agua en los tiempos de estiaje (RNE, 2006).

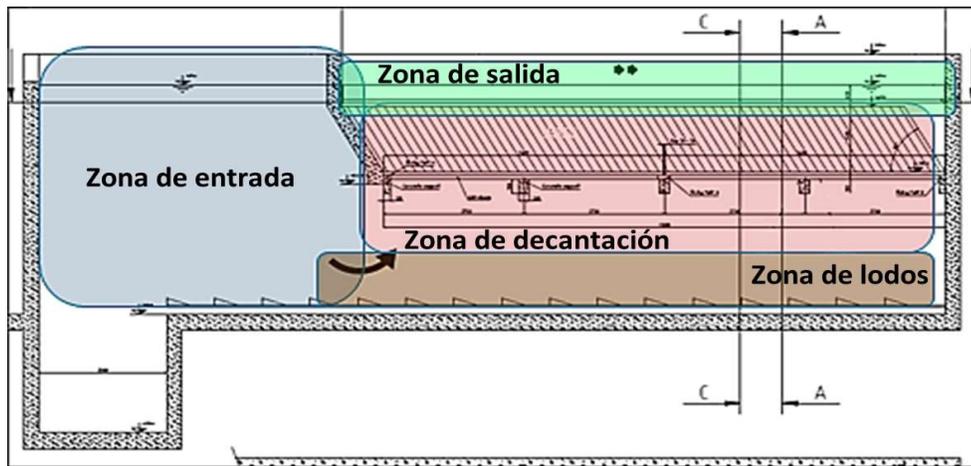
**Aguas subterráneas:** Para el diseño de aguas subterráneas se toma en cuenta si son pozos profundos donde se considera el menor diámetro del forro por lo menos 8 cm mayor que el diámetro exterior, todo pozo una vez que termine

su construcción se prueba el rendimiento de su caudal durante un periodo de 72 horas continuas como mínimo y si fueran pozos excavados debe considerarse que la cubierta debe sobresalir 0,50 m a más y luego de su elaboración debe ser sometido a una prueba de rendimiento del caudal (RNE, 2006).

### 2.2.3.3. Sedimentador

Se considera sedimentador a la estructura que realiza el proceso necesario que forma parte del tratamiento y la potabilización del agua, asimismo este permite tener el líquido en condiciones ideales para el consumo humano, teniendo la prevención de cualquier tipo de riesgo para la población, así como también permite el tratamiento de las aguas residuales cuyas diversas acciones tienden a eliminar o minimizar todo tipo de contaminación que se pueda dar en el agua. En la figura 8 se muestra un ejemplo de sedimentador con los elementos que lo componen Chulluncuy (2011).

**Figura 8**  
*Sedimentador*



Nota. En esta imagen se observan los elementos que compone un sedimentador.

Fuente: Chulluncuy (2011).

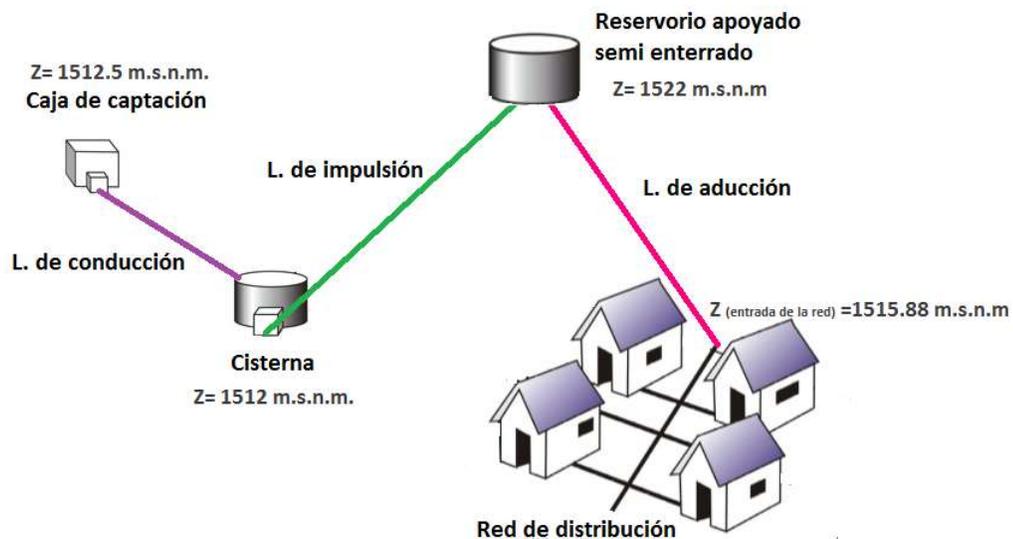
### 2.2.3.4. Línea de conducción

Es una parte del sistema que mueve el agua desde una cuenca por bombeo y/o rebombeo, o por gravedad a un tanque de acondicionamiento, planta de tratamiento o punto de cruce predeterminado de la red. Todos los ductos, estructuras especiales y operativas y cruceros son parte de la línea de conducción (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Entre los accesorios que se deben instalar con la línea de conducción ya sea por medio de gravedad y bomba, son la válvula de cierre, inyector de aire, colector, flotador, subida, control, válvula de alivio de presión (bomba), venteo, orificio de expansión, etc (Patricio, 2018). En la figura 9 podemos visualizar un ejemplo de línea de conducción.

**Figura 9**

*Línea de Conducción*



Nota. Se presenta todo el recorrido que debe realizar una línea de conducción para poder llevar el líquido vital a la población.

Fuente: Cooperación Alemana (2017).

### 2.2.3.5. Reservorio

Según Chao et al. (2022) menciona que la presencia de un reservorio por el sistema de gravedad permite una mejor gestión del agua por parte de la población, superando períodos de crisis hídrica y logrando un valor de eficiencia de uso cercano al 90%, lo que ayuda a mantener una capacidad de reserva óptima para población beneficiada.

Asimismo, un reservorio es una estructura impermeable, el cual captura el agua de la lluvia directamente y fluye en un lugar específico. El propósito de los reservorios es tener un espacio físico para acumular y abastecer de agua al sistema de manera continua (Cooperación Alemana, 2017). En la figura 10 se muestra un reservorio.

#### **Figura 10**

*Ejemplo de Reservorio*



Nota. En la figura se observa un ejemplo de reservorio.

Fuente: Chao et al. (2022)

#### **Calculo para el volumen de un reservorio**

Para calcular el volumen de reservorio se deben incluir tres volúmenes, el volumen de contra incendio, regulación y reserva. El cual debe satisfacer las necesidades de consumo promedio diario de la población, donde los factores a considerar son la demanda de agua, dotación y volúmenes adicionales (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

El volumen de regulación se determina mediante un diagrama de masa de acuerdo a los cambios horarios de la demanda, si en caso no existe un registro de volumen se toma como valor mínimo del 25% del promedio anual de demanda como una regulación (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)..

$$V_{reg} = 0.25 * Q_p * H_{serv}.$$

Dónde: “Qp” es consumo promedio diario anual y “Hserv” son las horas de servicio (24 hrs)

Luego también se tiene el volumen contra incendios donde se considera de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones que es el IS.010. Asimismo, es importante tomarlo en cuenta en caso exista una población futura que sea mayor a 100 000 habitantes, edificaciones industriales y comerciales (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)..

Asimismo, se tiene el volumen de reserva que es el tiempo multiplicado por el caudal, el cual puede ser un volumen continuo o discontinuo de acuerdo a las redes de tuberías y tiempo de reparación (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006)..

$$V_{res} = T * Q_{md}$$

Donde el “T” es el tiempo de reparación de eventos y” Q<sub>md</sub>” es el caudal máximo diario.

#### **2.2.3.6. Línea de aducción**

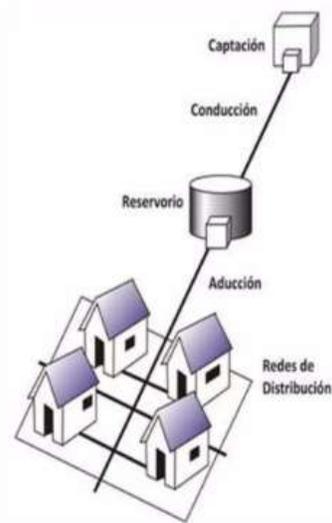
Según el MVCS (2018) lo define como un tramo de tubería que sale de la reserva hacia las zonas residenciales y dirige el agua consumida desde la estructura de la cuenca hasta el tanque regulador o planta de tratamiento. En el diseño de las líneas de aducción se deben planificar controles periódicos para identificar posibles fuentes de contaminación del agua que se transporta.

Si se detecta un cambio en sus propiedades se debe detener

inmediatamente el flujo de agua, para luego determinar la fuente de contaminación, además se debe mantener un control de los depósitos retenidos en los colectores de aducción (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018). A continuación, se muestra en la figura 11 la línea de aducción

### **Figura 11**

*Ejemplo de la Línea de Aducción*



Nota. La imagen presenta un ejemplo de línea de aducción. Fuente: Cooperación Alemana, (2017).

#### **2.2.3.7. Red de distribución de agua potable**

Parte del sistema de abastecimiento de agua potable por la que el agua llega al punto de consumo desde el punto de recogida en óptimas condiciones. Su buen desempeño depende de una cuidadosa selección de los materiales utilizados, mano de obra altamente calificada, apego a las especificaciones de construcción y una buena supervisión de la ejecución de los trabajos (Alayo y Espinosa, (2018).

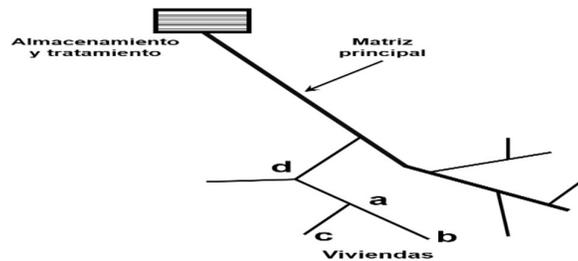
Según la forma de circuitos, encontramos a las redes abiertas, redes cerradas, redes mixtas.

- a) Redes abiertas: Este tipo de instalaciones es usado en localidades pequeñas la cual se extienden por medio de una vía

principal (Carhuapoma y Chahuayo, (2019). Se observa una red abierta en la figura N°12.

### Figura 12

#### Red Abierta



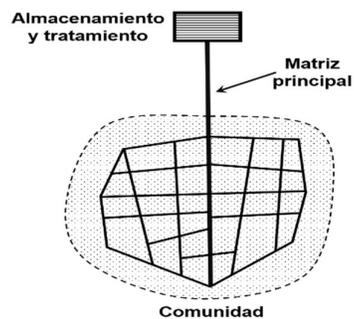
Nota. Se observa un ejemplo de línea de red abierta Fuente: Carhuapoma y Chahuayo, (2019).

#### b) Redes cerradas

Esta presenta un sistema de redes en forma de rejillas o grillas, que permiten dotar la circulación del agua en circuitos cerrados (circulación continua), con la finalidad de brindar un continuo y eficiente servicio (Samaniego, 2020). Esto es para cuando sea necesario el mantenimiento o reparación de tuberías. A continuación, se presenta una red cerrada en la figura N°13.

### Figura 13

#### Red Cerrada



Nota. Se observa un ejemplo de red cerrada.

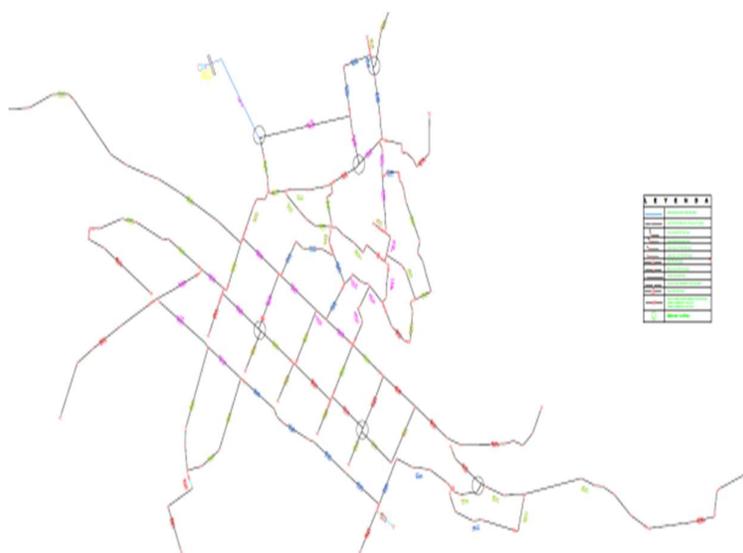
Fuente: Samaniego, (2020)

### c) Redes mixtas

En cuanto a redes mixtas se entiende que viene de la combinación de redes cerradas y abiertas, es una opción que se debe tener en cuenta para una distribución correcta, que pueda brindar abastecimiento a los habitantes Guillen, (2020). En la figura N°14 se presenta un ejemplo de red mixta.

#### **Figura 14**

Red Mixta



Nota. Se observa un ejemplo de red mixta.

Fuente: Mucipalidad de Huambo, (2018)

#### **2.2.4. Calidad del agua**

La calidad del agua es un término que describe las propiedades químicas, físicas y biológicas del agua en función del uso previsto. Para determinar esto, se miden y analizan estos factores, como su temperatura, su contenido de minerales disueltos y la cantidad de bacterias que contiene. Asimismo, los datos obtenidos se comparan con ciertos criterios, para determinar el uso adecuado de la fuente de agua analizada. Es decir, algunos tipos de agua pueden ser aptos para lavar, pero no aptos para beber Memet, (2020).

### **2.2.5. Caudal**

Cantidad de volumen del líquido (agua) que circula a través de una sección transversal, se expresa en volumen por unidad de tiempo. Dicho caudal puede calcularse por distintos métodos y fórmulas, dependiendo de las situaciones en que se encuentre el lugar a estudiar Moncada y Willems (2018). En la figura N°15 se muestra un ejemplo de caudal.

#### **Figura 15**

*Caudal del Río Tumbes*



Nota. Se observa el caudal en un río.

Fuente: Mao, (2021).

### **2.2.6. Criterios básicos de diseño**

#### **2.2.6.1. Periodo de diseño**

Según el MVCS (2018) menciona que el período de diseño es la etapa durante la cual la capacidad de una porción de la red de agua limpia o alcantarillado satisface la necesidad local, reduciendo el valor presente de los costos, inversión, operación y mantenimiento en el horizonte de evaluación. A continuación, se presentan los siguientes periodos de diseño que se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Periodo de Diseño*

<b>SISTEMA/COMPONENTE</b>	<b>Periodo de diseño</b>
Redes del sistema de agua potable y alcantarillado	20
Reservorio, plantas de tratamiento	10 a 20
Sistemas a gravedad	20
Sistemas de bombeo	20

Nota. La tabla presenta los valores del periodo de diseño según el sistema o componente. Fuente: Tomado del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006).

#### **2.2.6.2. Proyección de la población**

Es determinar el número de habitantes de acuerdo a la demanda actual y futura en cuanto a la fuente de abastecimientos, línea de conducción, redes de distribución y planta de tratamiento (Cooperación Alemana, 2017).

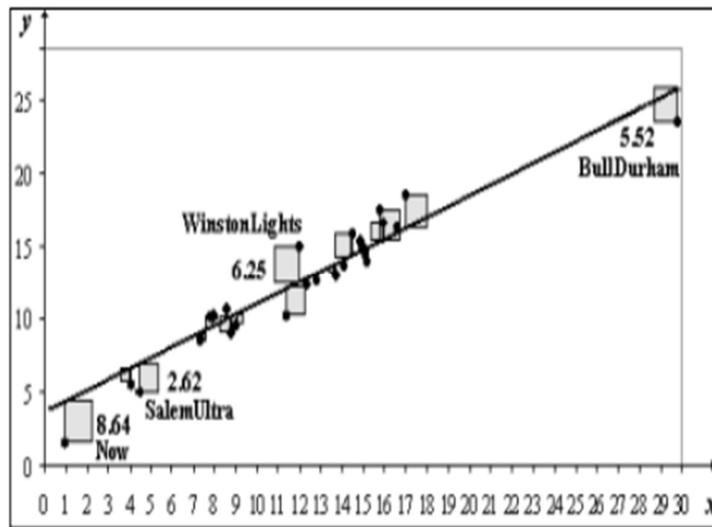
##### a) Regresión lineal

Según Rangel (2019), menciona que encontrar la función lineal, permite modelar la relación que existe entre ellas. A la línea resultante se le conoce como recta de regresión. La recta de regresión tiene como objetivo principal, representar de manera numérica los datos, mediante una ecuación del tipo  $y = ax + b$  y, además, representar los datos de la muestra de la mejor manera posible. Uno de los criterios más usados para la obtención de la Recta de Regresión es la del ajuste por Mínimos Cuadrados, el cual consiste en seleccionar una Recta de Ajuste.

Para obtener la Recta de Ajuste de manera manual se realiza el diagrama de dispersión de los valores en un plano cartesiano X e Y. Asimismo se traza una recta tentativa que representa a los puntos, se traza líneas verticales de cada punto hacia la recta, cada línea vertical representa el lado de un cuadrado, además se traza el cuadrado correspondiente a cada punto, cuya área es lado por lado. En la figura N°16 tenemos un ejemplo de ajuste en la recta.

**Figura 16**

*Construcción de los Cuadrados y Cálculo de sus Áreas.*



Nota. La figura muestra un ejemplo de Construcción de los Cuadrados y Cálculo de sus Áreas. Fuente: Chancasanampa , (2019).

Los parámetros  $b_1$  y  $b_0$  que definen a la Recta de Regresión se obtiene a través de las siguientes ecuaciones:

$$b_0 = \frac{(\sum_{i=1}^n y_i) (\sum_{i=1}^n (x_i)^2) - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n x_i y_i)}{n \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$b_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n y_i) (\sum_{i=1}^n x_i)}{n \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

Entonces, la recta de ajuste por mínimos cuadrados o recta de regresión queda expresada de la siguiente manera:

$$y = \frac{(\sum_{i=1}^n y_i) (\sum_{i=1}^n (x_i)^2) - (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n x_i y_i)}{n \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} + \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n y_i) (\sum_{i=1}^n x_i)}{n \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} x$$

De acuerdo al procedimiento manual que se describe, se indica que para obtener la recta de ajuste se puede realizar de una forma rápida utilizando la de “Ajuste Lineal del comando Gráfico” del programa que se está utilizando llamado “EXCEL”.

#### b) Regresión exponencial

En este tipo de regresión, la relación que existe entre las variables  $x$  e  $y$  es de forma exponencial (Chancasanampa, 2019). A continuación, está expresada de la siguiente manera.

$$y = ae^{bx}$$

### 2.2.6.3. Dotación y consumo

#### a) Dotación

Es la cantidad promedio de agua consumida por cada habitante por día, considerando todos los tipos de consumo promedio diario anual, tales como servicios domésticos, comerciales, industriales o públicos. Además, las pérdidas generadas se incluyen en el sistema. Su unidad se expresa en l/persona/día (MVCS, 2012).

Según el MVCS (2009), menciona que se deben tomar provisiones, en base a estudios de consumo técnicamente sólidos, sustentados en información estadística contrastada. En la tabla 3 se muestran el rango de dotaciones.

**Tabla 3***Rango de Dotaciones*

<b>TIPO</b>	<b>CLIMA</b>	<b>DOTACIÓN(L/hab/día)</b>
Sistemas de conexiones domiciliarias	Frío Templado cálido	180 220 0
Programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m2.	Frío Templado cálido	120 150 0
Sistemas de abastecimiento indirecto por surtidores para camión cisterna o piletas públicas	Frío Templado cálido	30 y 50 30 y 50 0
Habilitaciones tipo industrial	Frío Templado cálido	Debe determinarse de acuerdo con el uso en el proceso industrial
Habilitaciones tipo comercial	Frío Templado cálido	Se aplicará la norma IS 010 Instalaciones sanitarias para edificaciones

Nota. La tabla presenta el rango de dotaciones de diseño según el tipo de sistema y habilitaciones.

Fuente: Ministerio Vivienda Construcción y Saneamiento (2009).

## b) Consumo

El consumo es la cantidad de agua que se necesita para satisfacer las necesidades en cuanto a una determinada población y la determinación de la demanda depende de 2

factores: Consumo por habitante (dotación) y cantidad de población (Pomarino & Villanueva, 2019).

$$\text{Consumo} = \text{Dotación} \times N^{\circ} \text{ población}$$

c) Variación de consumo

En lo que se refiere a la variación del consumo no siempre se consume la misma cantidad de agua durante el día. Para identificar esas cantidades de las cuales varía el consumo de agua. Se realiza un cálculo para obtener una respuesta en cuanto a consumos diarios y horarios, cuyos valores dependen de los coeficientes de variación diaria y horaria respectivamente. En la tabla 4 se muestran valores del coeficiente de variación Pomarino y Villanueva, (2019).

**Variaciones diarias:** El consumo durante los días del año es importante porque las estaciones tienen un impacto importante en el consumo”; porque la distribución de la temperatura y la precipitación cambian y, por lo tanto, el consumo de agua puede aumentar o disminuir durante el año Pomarino y Villanueva, (2019).

**Variaciones horarias:** De acuerdo a los estudios realizados en cuanto a variaciones horarias, llegamos a la conclusión que la variación del consumo de agua que realiza la población durante las 24 horas del día depende de la cantidad de habitantes que tenga una población y el estilo de vida de los pobladores que la conforman.

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006).en caso no se cuenten con información estadística comprobada para determinar los coeficientes de variación diaria y horaria, se podrán considerar los coeficientes que se muestran a continuación en la tabla 4.

**Tabla 4***Coefficientes de Variación*

<b>TIPO DE CONSUMO</b>	<b>C.V.</b>
Máximo anual de la demanda diaria	K1=1,3
Máximo anual de la demanda horaria	K2=1,8 a 2,5

Nota. La tabla presenta los coeficientes de variación según el tipo de consumo. Fuente: Tomado del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006).

d) Consumo promedio diario anual (Caudal promedio -  $Q_p$ )

La cantidad promedio de agua anual se define como el promedio de los consumos diarios durante un año (MVCS, 2009).

Se expresa mediante la siguiente fórmula.

$$Q_p = \frac{P_f \times D}{86\,400 \text{ seg}}$$

$Q_p$ : consumo medio diario (l/s)

$P_f$ : Población futura

$D$ : dotación

e) Consumo máximo diario ( $Q_{máx.d}$ )

El día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año (MVCS, 2009). Como se indica en la siguiente fórmula.

$$Q_{máx.d} = Q_p \times K_1$$

$Q_{máx.d}$ : Consumo máximo diario (l/s)

$Q_p$ : consumo medio diario (l/s)

$K_1$ : coeficiente de variación diaria

f) Consumo máximo horario ( $Q_{m\acute{a}x.h}$ )

Consumo máximo registrado durante una hora a lo largo de una serie de registros percibidos en un periodo de un año (MVCS, 2009). Como se indica en la siguiente fórmula.

$$Q_{m\acute{a}x.h} = Q_p \times K_2$$

$Q_{m\acute{a}x.h}$ : Consumo máximo horario (l/s)

$Q_p$ : consumo medio diario (l/s)

$K_2$ : coeficiente de variación horaria

$$Q_{m\acute{a}x.h} = Q_p \times K_2$$

#### 2.2.6.4. Caudal de diseño

- a) Caudal en línea de conducción: Las estructuras de conducción deberán tener una capacidad mínima del caudal máximo diario (MVCS, 2012).

Para el cálculo de tuberías a presión se recomienda el uso de la fórmula de Hazen - Williams, para lo cual se usan los coeficientes C que se muestran en la tabla 5.

$$Q = 0,000426 \times C \times D^{2,65} \times X^{0,54}$$

Q: caudal (l/s)

C: coeficiente de Hazen ( $\sqrt{pie}/seg$ )

D: Diámetro (pulgadas)

S: Pendiente (m/km)

**Tabla 5**

*Valores del Coeficiente de Hazen-William.*

<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 con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno, asbesto, cemento	140
Poli (cloruro de vinilo) (PVC)	150

Nota. La tabla presenta los coeficientes de Hazen-William de acuerdo con el material de tubería.

Fuente: Villegas (2021).

Se pueden hacer combinaciones de diámetros a lo largo del camino, sin embargo, es recomendable variar el diámetro en cámaras de cierre de presión o en una estructura de este tipo para reducir la energía o la velocidad del fluido. Por otro lado, los principales criterios de selección de la tubería son: calidad del agua, tipo de material de la tubería y resistencia a la presión de la tubería.

- b) Caudal de bombeo: Para el cálculo del caudal de bombeo de la línea de impulsión se deberá considerar el Caudal Máximo Diario, en el periodo de funcionamiento de la bomba (MVCS, 2012).

$$Q_b = Q_{m\acute{a}x.d} \times \frac{24}{N}$$

Donde:

$Q_b$ : Caudal de bombeo (l/s)

$Q_{m\acute{a}x.d}$ : Consumo máximo diario (l/s)

N: número de horas de bombeo

#### **2.2.6.5. Presión**

La presión es la tensión de tracción que presentan las paredes de una tubería en donde ejercen carga las fuerzas actuantes, es decir que por leyes básicas de la física la distribución de tensiones sufrirá los espesores de una tubería como respuesta a una presión interna (RNE, 2009). A continuación, se presenta la fórmula para determinar la presión:

$$p * D = 2 * T = 2 * \sigma * e$$

En donde: "e" es el grosor o espesor de la pared de la tubería, "p" es la presión y " $\sigma$ " es el material de tensión.

#### **2.2.6.6. Velocidad**

La velocidad de circulación de agua dentro de una tubería, deben ser limitadas por criterios técnicas. Cuando existe la aparición de ruidos significa que en su interior hay una gran erosión originado por valores muy altos de velocidad. De acuerdo a normativa se estima siempre parámetros límites de velocidad donde la velocidad mínima debe ser de 0,5 m/s y la máxima de 2 m/s (RNE, 2009).

### **2.2.7. Programas de Diseño**

#### **2.2.7.1. Epanet**

EPANET es una aplicación de software utilizada en todo el mundo para modelar sistemas de distribución de agua. Fue desarrollado como una herramienta para comprender el movimiento y el destino de los componentes

del agua potable dentro de los sistemas de distribución y se puede utilizar para muchos tipos diferentes de aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución. Hoy en día, los ingenieros y consultores utilizan EPANET para diseñar y dimensionar nueva infraestructura de agua, modernizar la infraestructura obsoleta existente, optimizar las operaciones de tanques y bombas, reducir el uso de energía, investigar problemas de calidad del agua y prepararse para emergencias. También se puede utilizar para modelar amenazas de contaminación y evaluar la resiliencia ante amenazas de seguridad o desastres naturales (Memet, 2020).

#### **2.2.7.2. Watergems**

Aplicación de modelado hidráulico y de calidad del agua fácil de usar para sistemas de distribución de agua, desde análisis de flujo de incendios y concentración de constituyentes hasta gestión de costos de energía y modelado de bombas. Puede diseñar nuevos sistemas de agua y administrar las redes de agua existentes de manera efectiva para reducir los riesgos de interrupción y el uso de energía (Minashree & Gupta, 2022).

#### **2.2.7.3. Pipe flow**

El software Pipe Flow Expert es utilizado por diseñadores de sistemas de tuberías e ingenieros hidráulicos en más de 100 países en todo el mundo. El software calcula las tasas de flujo, las caídas de presión de las tuberías y el rendimiento de la bomba. Puede modelar sistemas de tuberías con múltiples puntos de suministro, tanques de descarga, componentes, válvulas y múltiples bombas en serie o en paralelo.

### **2.3. Definición de términos básicos**

A continuación, se presentan las definiciones básicas de algunos términos de estudio.

**Abastecimiento:** Es el acto y resultado de dar a alguien lo que necesita, asimismo son las cantidades adecuadas para poder suplir necesidades (Cooperación Alemana, 2017).

Agua potable: También conocido como agua procesada para el consumo humano, utilizada para beber, cocinar, limpiar y para la vida diaria (Cooperación Alemana, 2017).

Sistema de abastecimiento por gravedad: El sistema de abastecimiento de agua por gravedad, es un conjunto de estructuras en las que el agua cae por su propio peso a través de tomas, sistemas de tratamiento, almacenamiento, hasta su conexión al servicio público y domiciliario (Noreña , 2016).

Demanda de agua: Necesidades o requerimientos para el consumo humano, la producción sectorial y las necesidades básicas de los ecosistemas no antrópicos (Peña, 2018).

Planta de tratamiento de agua potable: Es un conjunto de sistemas y procesos técnicos en los que se trata el agua para que sea apta al consumo humano (Hanner, 2020).

Red de conducción: Infraestructura utilizada para transportar el agua captada en el cauce de un río o acuífero desde una toma (pozo) hasta el punto de aprovechamiento o para posibilitar operaciones de tratamiento y distribución (Peña, 2018).

Red de aducción: Es tubería que transporta agua desde el reservorio hasta la red de distribución (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Red de distribución: Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras a través de las cuales se drena el agua desde los tanques de servicio o distribución hasta las tomas domésticas o cuerpos de agua públicos (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018).

Velocidad: Es la capacidad de recorrer espacios dentro de un cuerpo en el menor tiempo que sea posible (Toapanta y otros, 2018)

Presión: Es una magnitud que deriva de fuerza ejercida en una determinada área es decir la fuerza ejercida se distribuye en toda el area

donde se aplicó (Toapanta y otros, 2018).

Caudal: El caudal es el volumen de agua que se da un tiempo determinado, donde el tiempo se mide en segundos y el volumen en litros (Toapanta y otros, 2018).

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

La propuesta de implementación de softwares computacionales mejorará el diseño de la red de abastecimiento de agua potable en el Centrado Poblado Cedro del Pasto, Distrito de Colasay, Provincia Jaén, Departamento de Cajamarca.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

H1: La demanda poblacional del sistema de agua potable satisface a 284 personas en el Centrado Poblado Cedro del Pasto, Distrito de Colasay, Provincia Jaén, Departamento de Cajamarca.

H2: El diseño geométrico permite un adecuado sistema de agua potable en el Centrado Poblado Cedro del Pasto, Distrito de Colasay, Provincia Jaén, Departamento de Cajamarca.

H3: El diseño hidráulico en el software Epanet es el óptimo en el mejoramiento del sistema de agua potable en el Centrado Poblado Cedro del Pasto, Distrito de Colasay, Provincia Jaén, Departamento de Cajamarca.

## **CAPÍTULO III. METODOLOGIA**

### **3.1. Diseño Metodológico**

#### **3.1.1. Enfoque de la investigación**

Según Ñaupas et al. (2018) la investigación está definida mediante un enfoque cuantitativo que consiste en recolectar todos los datos por medio de

números y cantidades para cuantificar e interpretar los resultados de la investigación.

El estudio es cuantitativo ya que se obtienen datos numéricos como la demanda poblacional, las dimensiones de la red geométrica del sistema de agua potable y también las presiones y velocidades de la red mediante el uso de sistemas computacionales.

### **3.1.2. Tipo de la investigación**

La investigación es de “tipo aplicada”, ya que se puede emplear información, datos y procedimientos estructurados y organizados. Por otro lado, esta información en un futuro se puede usar en el centro poblado Cedro del Pasto (Ñaupas et al., (2018)).

Por lo cual este estudio es aplicado debido a que se hará uso de softwares computacionales para brindar una red de calidad que presente presiones y velocidades adecuadas.

### **3.1.3. Nivel de la investigación**

Según Hernández (2018) la investigación es de nivel descriptivo dado que recolecta data tal cual como se muestra en el lugar de investigación.

Es decir, que los datos obtenidos del lugar de estudio no son manipulados se toman tal cual para realizar un diseño de sistema de abastecimiento de agua correcto.

### **3.1.4. Diseño de la investigación**

Según Hernández (2018) la investigación es de un diseño no experimental dado que se manipula la variable dependiente.

En la investigación se realizó un análisis de ensayos en laboratorio como mecánica de suelos, también ensayos de laboratorio del agua de la fuente de abastecimiento, aforamiento de la fuente de abastecimiento, los cuales influyeron directamente en los cálculos hidráulicos que se hicieron en gabinete para cada componente del sistema de abastecimiento de agua

potable por gravedad en el centro poblado Cedro del Pasto.

### 3.2. Población y muestra

#### 3.2.1. Población

La población son los habitantes distrito de Colasay, provincia Jaén, departamento de Cajamarca

#### 3.2.2. Muestra

La muestra está representada por los 284 habitantes del centro poblado Cedro del Pasto, ubicada en el Distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. En la figura N°17 se visualiza la ubicación de las estructuras de concreto que serán parte del “sistema de agua potable” ubicación de la captación y el reservorio proyectado.

### Figura 17

*Ubicación geográfica del lugar de estudio*



Nota. La figura muestra la ubicación de las estructuras de concreto

Fuente: Google Earth Pro, (2014).

El área de estudio cuenta con una extensión de 735 km<sup>2</sup>, para llegar a la zona de estudio se tiene que ir de Chiclayo hasta playa Azul, tomar la carretera Belaunde Terry, hasta el cruce para Cedro del Pasto, Tal como indica la figura N°18.

### **Figura 18**

*Desvío para Centro Poblado Cedro del Pasto*



Nota. Se observa en la imagen el desvío para llegar al centro poblado Cedro del Pasto.

Fuente: Elaborado por los autores (2023).

### **Figura 19**

*Entrada al Centro Poblado Cedro del Pasto*



Nota. La figura muestra la entrada al centro poblado.

Fuente: Elaborado por los autores (2023).

El Centro poblado Cedro del Pasto cuenta con un puesto de salud, un colegio primario – secundario, 84 viviendas. A continuación, en la figura N°20 se presenta la ubicación del distrito.

### Figura 20

Ubicación de los Beneficiarios del Centro Poblado



Nota. En la imagen se observa a los beneficiarios del sistema de agua potable por gravedad, Centro Poblado Cedro del Pasto. Fuente: Google Earth Pro, (2014).

### Ubicación

Departamento: Cajamarca

Provincia: Jaén

Distrito: Colasay

Centro poblado: Cedro del Pasto

Altitud de 1 568 m s. n. m.

### **3.3. Definición de variables**

#### **3.3.1. Definición conceptual**

##### **3.3.1.1. Variable independiente**

Propuesta implementación de softwares computacionales; programas orientados al análisis del comportamiento de los sistemas de distribución de agua.

##### **3.3.1.2. Variable dependiente**

Sistema de agua potable; se define como un sistema donde el agua cae por su propio peso desde una determinada fuente hasta que llegue a los consumidores que se encuentran más abajo que la fuente. Además, la energía que toma el agua es por la altitud de la fuente (Alfaro & Maldonado, 2019).

#### **3.3.2. Definición operacional**

##### **3.3.2.1. Variable independiente**

La propuesta de implementación de agua potable está en función del modelamiento hidráulico en Epanet, Watergems y Pipeflow.

##### **3.3.2.2. Variable dependiente**

El sistema de agua potable permite abastecer el consumo requerido para cada poblador y así la población de estudio se encuentre satisfecha, dado que obtendrán la cantidad de agua necesaria.

**Tabla 6***Operacionalización de Variables*

<b>Variables</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
Variable Independiente	Modelamiento hidráulico en Epanet	Presión Caudal optimo Velocidad
X: Propuesta implementación de softwares computacionales	Modelamiento hidráulico en Watergems	Presión Caudal optimo Velocidad
	Modelamiento hidráulico en Pipeflow	Presión Caudal optimo Velocidad
<b>Variable Dependiente</b>	Demanda poblacional	Caudal existente
	Diseño Geométrico del sistema de agua potable	Estado de los elementos del SAP Fuente de captación Sedimentador Línea de conducción Reservorio Línea de aducción Línea de distribución
Y: Sistema de agua potable	Diseño hidráulico	Eficiencia Tiempo Costo

**Nota.** Elaborado por los autores (2023).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Para el desarrollo de la presente investigación se emplearon las técnicas de observación y análisis documental. Se empleó la técnica de observación para el registro de información concerniente a los estudios realizados, así mismo se registraron las características de la zona de estudio y los resultados del análisis de calidad de agua. Por otro lado, la técnica de análisis documental permitió la recolección de información ligada con el procedimiento a seguir para la realización de los diversos modelamientos, así como para el cálculo del diseño del sistema de agua potable.

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos empleados para la recolección de información fue la ficha de observación, en la cual se apuntaron los datos tomados en campo y la guía de análisis documental, en la cual se realizó el respectivo análisis y cálculo de los datos tomados en la zona de estudio.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos**

#### **3.5.1. Técnicas de procesamiento de datos**

Para llevar a cabo el procesamiento de información se analizaron los datos obtenidos del levantamiento topográfico, se calculó el caudal y se realizó el procesamiento de la data obtenida, para posteriormente analizar la distribución del agua potable mediante el uso de los softwares Epanet, Watergems y Pipeflow.

#### **3.5.2. Instrumentos de procesamiento de datos**

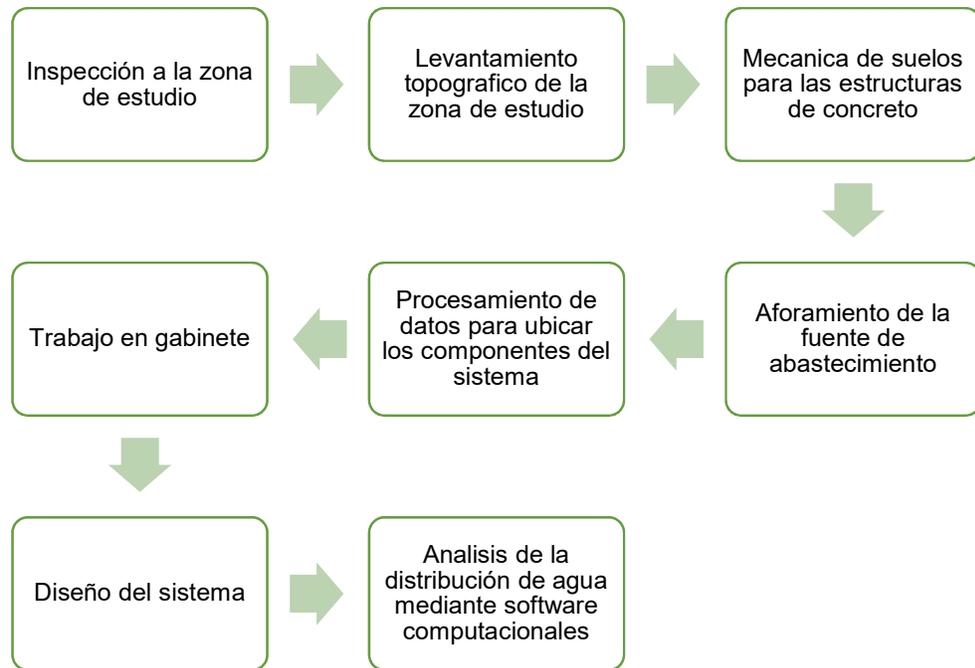
Para el procesamiento de datos se utilizó el software FGO 2014 de Foif, el cual permitió la descarga de los archivos de la estación total Foif rts 352. El procesamiento de los planos se realizó a través de AUTOCAD 2020, así mismo para la realización de los cálculos, tablas y gráficos se usó Microsoft Excel. Por último, para la verificación del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable se emplearon los softwares Epanet, Watergems y Pipeflow.

### 3.6. Procedimiento

La descripción del procedimiento se puede visualizar en la figura 21.

**Figura 21**

*Procedimiento de la Investigación*



Nota. Elaborado por los autores (2023).

## CAPÍTULO IV. DESARROLLO

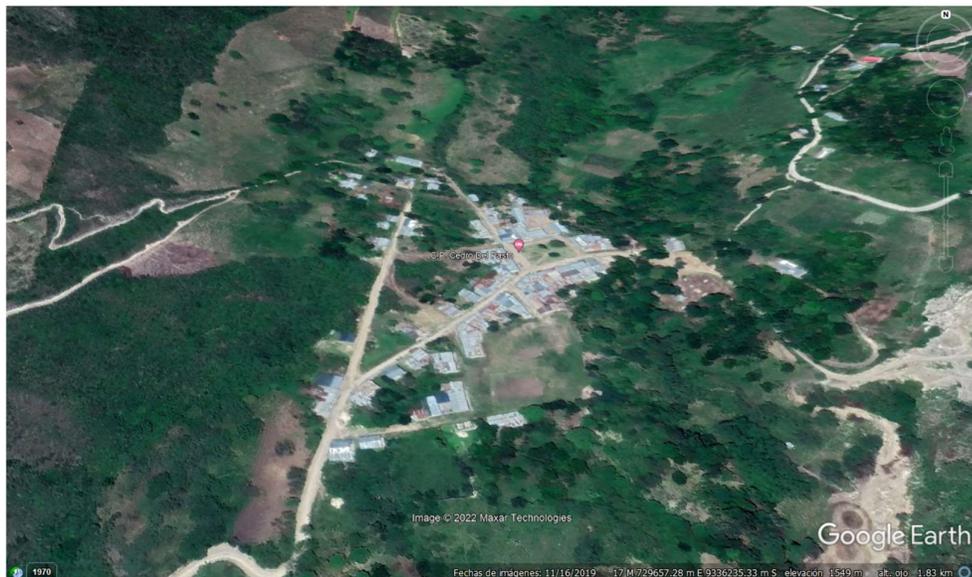
### 4.1 Descripción de la zona de estudio

#### 4.1.1 Área de Estudio

El alcance de este trabajo de investigación es el área geográfica que incluye el área de impacto, el área de extensión donde se encuentran la fuente de agua proyectada, y todas las obras vigentes y planificadas tales como: toma, tuberías de conducción, reservorio apoyado, líneas de aducción y redes de distribución. De igual forma, esta es la zona donde se ubican las estructuras propuestas para la red de abastecimiento de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. En la figura 22 podemos visualizar el área de estudio.

#### Figura 22

##### Área de Estudio



*Nota.* La figura muestra el centro poblado Cedro del Pasto de Fuente: Google Earth Pro (2023). <https://www.google.com/intl/es/earth/>

#### 4.1.2 Área de influencia

El terreno de impacto tendrá en cuenta la ubicación de la intervención y la población beneficiada. El alcance de este estudio se define como el área geográfica donde se concentra la población de la localidad Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Tiene como coordenadas Longitud: -78.926470 y Latitud: -5.999411. La población beneficiada por el presente trabajo de investigación se visualiza en la Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9.

**Tabla 7**

*Empadronamiento Año 2022 Centro Poblado*

Año	Población	Viviendas
2022	284 habitantes	84 viviendas
total	284 habitantes	84 viviendas

*Nota.* Elaborado por los autores (2022).

**Tabla 8**

*Cálculo de Densidad de Población*

Densidad	N° de pobladores / N° de domicilios
Densidad	3,38 hab/viv

*Nota.* Elaborado por los autores (2023).

**Tabla 9**

*Población estudiantil de la I.E.P.S.M.N N°16090 "José Carlos.*

Año	Estudiantes	Puesto de salud	Centro de reuniones
2023	15 alumnos secundaria	01	01
Total	15 alumnos secundaria	01	01

*Nota.* Elaborado por los autores (2023)

### 4.1.3 Características demográficas y físicas del área de influencia

#### 4.1.3.1 Caminos de acceso:

El principal medio de transporte en la zona es la carretera Jaén – Chamaya - Playa Azul – Colasay – Cedro del Pasto, la cual lo comunica con la Región Cajamarca y la Región de Lambayeque a través de la carretera Bolivariana marginal de la Selva. Como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10**  
*Vías de Acceso*

Tramos	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo (hora/minuto)
Jaén – Chamaya	Carretera Asfaltada	17	30 min
Chamaya - Playa Azul	Carretera Asfaltada	57	1 hr.
Playa Azul - Cedro del Pasto	Carretera Afirmada	28	1 hr.

*Nota.* Elaborado por los autores (2023).

#### 4.1.3.2 Clima:

El clima de la zona de estudio puede describirse como diverso (templado), su temperatura varía entre 15°C y 25°C. La temporada de lluvias dura aproximadamente de diciembre a abril y durante los meses de la temporada de lluvias aparecen truenos y relámpagos y la temporada descende gradualmente, sintiéndose un poco de frío. La precipitación media es de unos 180 mm. en la parte baja y de unos 1 300 mm. en la parte alta. También encontramos el clima cálido en la parte conocida como “la playa”, esta diversidad climática es prerrogativa de este núcleo de población y da un sentido de diversidad productiva. En verano, de agosto a octubre hay fuertes vientos que afectan la siembra. La figura 23 muestra un clima templado en abril.

## Figura 23

### *Clima del Centro Poblado*



*Nota.* En la figura se muestra el clima del centro Poblado Cedro del Pasto.

Fuente: Elaborado por los autores (2023)

#### **4.1.3.3. Geología:**

Los principales tipos de suelo en el área de estudio son humus arcillosos de textura ligera y blanda; SC la arena arcillosa tiene una textura semilíquida con ductilidad media a baja; CL arcilla inorgánica de consistencia semisólida con ductilidad media a baja; ML-CL rocas arcillosas tienen dureza moderada con ductilidad media a baja; MH limo inorgánico de consistencia semisólida con alta ductilidad; beige claro, beige y marrón oscuros según se muestra en la Figura 24.

**Figura 24**  
**Características del Suelo Captación Manantial**

**LIMITES DE ATTERBERG**

ASTM D-4318 - MTC - E - 111

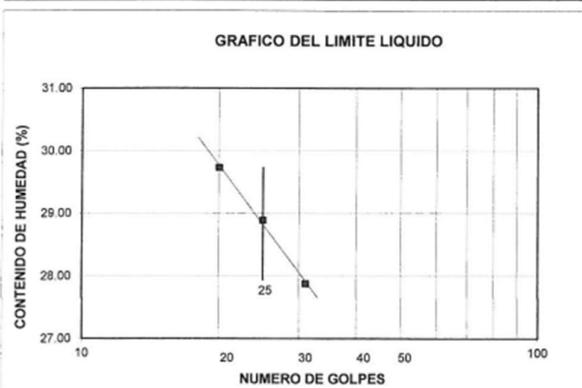
PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO DEL CENTRO  
 POBLADO CEDRO EL PASTO, DISTRITO COLASAY - JAEN - CAJAMARCA  
 UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CEDRO EL PASTO, DISTRITO COLASAY, PROVINCIA JAEN, REGION CAJAMARCA  
 FECHA : NOVIEMBRE - 2016  
 CALICATA : C - 01 - CAPTACION URO

**LIMITE LIQUIDO**

MUESTRA N°	M - 1			---		
	0.15 - 2.00			---		
PROFUNDIDAD (m)						
Número de golpes	20	25	31	---	---	---
1. Recipiente N°	1	10	304	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	40.89	42.94	47.27	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	34.40	36.05	39.89	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	12.66	12.03	13.51	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	6.49	6.89	7.38	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	21.74	24.02	26.38	---	---	---
7. Humedad (%)	29.85	28.68	27.98	---	---	---

**LIMITE PLASTICO**

MUESTRA N°	M - 1			---		
	0.15 - 2.00			---		
PROFUNDIDAD (m)						
1. Recipiente N°	64	---	---	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	19.06	---	---	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	18.24	---	---	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	14.95	---	---	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	0.82	---	---	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	3.29	---	---	---	---	---
7. Humedad (%)	24.92	---	---	---	---	---



MUESTRA		
	M - 1	---
L.L.	28.89	---
L.P.	24.92	---
I.P.	3.97	---

CLASIFICACION		
MUESTRA	SUCS	AASHTO
	SM	

*Nota.* En la figura se muestra el estudio de mecánica de suelos. Fuente Laboratorio Tecnisu F&F SRL.

**4.1.3.4. Estratigrafía:**

Los suelos básicos del área de estudio se refieren a suelos semipermanentes de matriz compuesta por arenas finas con o sin cohesión, así como arcillas de baja plasticidad y suelos diversos siendo estas capas así homogéneas hasta profundidades de 1,50m y 2,00m.

**4.1.3.5. Geomorfología:**

El área de estudio es mayoritariamente inclinada con pendiente media a baja. Los desniveles que aparecen con más frecuencia en estas zonas son los de transición a lomas y zonas bajas. Esta unidad geomorfológica tiene una superficie moderada, poca pendiente y sin accidentes geográficos

significativos, y está cubierta por una frondosa vegetación. En la Figura 25 podemos visualizar la imagen de las pistas del núcleo de población.

### **Figura 25**

#### *Laderas Cubiertas de Vegetación*



*Nota.* En la figura se muestran las laderas cubiertas con vegetación. Fuente: Elaborado por los autores (2023).

#### **4.1.3.6. Topografía:**

La topografía en forma general del caserío de Cedro del Pasto, es una zona accidentada con pendientes pronunciadas, está delimitado entre los puntos de nivel de 2 150,00 msnm y 1 400,00 msnm según se muestra en la figura N°26.

## Figura 26

### *Levantamiento Topográfico en el Centro Poblado Cedro del Pasto*



*Nota.* En la figura se muestra cómo se realizó el levantamiento Topográfico en la zona de estudio. Fuente: Elaborado por los autores (2023).

En la parte alta hay zonas con un relieve muy peculiar, en esa zona se encuentra la bocatoma, las cañerías y el depósito de reserva.

Con el objeto de registrar los datos necesarios para realizar la visualización de las diversas características naturales y artificiales del territorio; se realizó un levantamiento topográfico de toda el área de estudio, así como el direccionamiento de posibles ductos, redes de abastecimiento y distribución, del mismo modo estructuras existentes como captaciones y tanques de reserva. Estos son los resultados de 10 hitos clave establecidos en el levantamiento topográfico, de las cuales se registraron 782 puntos topográficos y se establecieron 10 puntos de control denominados BM, correspondientes a apoyos poligonales y ubicados en el área del proyecto, estos se ubicaron en pavimentos existentes o estructuras de concreto. Sus datos de contacto se dan en la siguiente tabla 11.

**Tabla 11***Puntos de Control de Referencia Cedro del Pasto.*

Punto	Norte	Este	Cota	Descripción
1	9338593,430	729766,620	2194,263	BM1
2	9338491,490	729313,430	2100,078	BM2
3	9337992,980	729378,340	2017,034	BM3
4	9337922,370	729366,450	1988,031	BM4
5	9338084,970	730168,730	1929,574	BM5
6	730111,260	730111,260	1889,054	BM6
7	9337259,690	729634,610	1726,612	BM7
8	9336976,870	729820,470	1641,506	BM8
9	9336672,860	729645,370	1583,921	BM9
10	9336424,950	729603,790	1559,812	BM10

*Nota.* En la tabla se muestran los puntos de referencia utilizados en el levantamiento topográfico del trabajo. Fuente: Elaborado por los autores (2022).

#### **4.1.3.7. Ganadería y Agricultura:**

En el centro poblado de Cedro del Pasto se cría en menor escala vacunos, porcinos y aves de corral; El ganado equino se utiliza como animal de hombro en el comercio e intercambio de productos con otros centros de población; vacas, cerdos y aves utilizadas para la carne y sus derivados; Así como algunos cultivos como papa, arroz y otros tubérculos. La Figura 27 muestra la agricultura en el centro de población y la Figura 28 muestra la ganadería.

### **Figura 27**

#### *Cosecha de Choclo Centro Poblado Cedro del Pasto*



*Nota.* En la figura se muestra la agricultura de Cedro del Pasto. Fuente: Elaborado por los autores (2023).

### **Figura 28**

#### *Ganado Vacuno Centro Poblado Cedro del Pasto*



*Nota.* En la figura se muestra la ganadería de Cedro del Pasto. Fuente: Elaborado por los autores (2023).

#### 4.1.3.8. Salud

Los habitantes del centro de población Cedro del Pasto reciben atención en el puesto de salud local como se muestra en la Figura 29.

Según los últimos informes publicados por la Dirección Regional de Salud de Cajamarca, del 2018 al 2021 encontramos que, entre las principales causas de enfermedades como resultado del consumo de agua sin tratar, destacan las enfermedades parasitarias (lombrices intestinales) que afectan el 9,25%, asimismo las enfermedades infecciosas, infecciones intestinales y otras enfermedades (virus, bacterias y parásitos), que representan el 5,5%.

Las enfermedades parasitarias y enfermedad diarreica aguda, afectan principalmente a niños entre 0 y 16 años. Como se muestra en la figura 29.

#### Figura 29

*Puesto de Salud de Cedro del Pasto*



*Nota.* En la figura se muestra la visita realizada al puesto de salud.

Fuente: Elaborado por los autores (2023).

Según el reporte mencionado anteriormente por la Dirección Regional de Salud, muestra en la tabla N° 12 algunos resultados obtenidos.

**Tabla 12**  
*Causas de Mortalidad según HRDC*

CIE 10	Causas	1-11 meses	1-4 años	15 - 19 años	20 - 64 años	65 años a +	N°	%
J12-J96	Neumonías/Insuficiencia Respiratoria	1	1	1	13	62	78	26,71
A40-A41	Septicemia			1	5	30	36	12,33
R00-R99	Signos y Síntomas Anormales	1	2	1	10	16	30	10,27
K00-K99	Enfermedades del Sistema Digestivo				10	17	27	9,25

Nota. En la tabla se muestran las causas de mortalidad de referencia utilizados en el levantamiento topográfico del trabajo. Fuente: Oficina de Informática y Estadística HRDC (2020).

#### 4.1.3.9. Educación

El centro poblado Cedro del Pasto tiene una Institución Educativa, Secundaria y primaria según se muestra en la tabla N° 18

**Tabla 13**  
*Cuadro Informativo de la I.E. José Carlos Mariátegui.*

Descripción	Primaria	Secundaria
Nombre de I. E	16 090	José Carlos Mariátegui
Código Modular	860 817	585 307
Código Local	123 322	123 322
N° alumnos	29	77
Área Geográfica	Rural	rural

Director	Sánchez Tinedo José Valentín	Sánchez Tinedo José Valentín
----------	---------------------------------	---------------------------------

Nota. En la tabla se muestran la información I.E. José Carlos Mariátegui  
Fuente: Escale – Ministerio de Educación (2022).

En cuanto a los servicios básicos, la institución educativa No. 16090 José Carlos Mariátegui, cuenta con servicio de agua domiciliaria y alcantarillado principal con tanque en mal estado.

## 4.2. Demanda poblacional

### 4.2.1. Población General

Esta población está compuesta principalmente por todos los habitantes del centro de población Cedro del Pasto. Los cuadros a continuación detallan el crecimiento de la población para cada censo realizado en el país. Sabemos que los últimos censos que se realizaron en el país fueron los de los años 2007 y 2017, por lo que conocemos las estadísticas correspondientes, que corresponden a 157 y 166 respectivamente y la cantidad de años transcurridos entre un censo y otro de 10 años como se muestra en las Tablas 14 y 15.

#### Tabla 14

*Datos de la Población 2007*

Año	Población	Vivienda
2007	157 habitantes	70 viviendas
TOTAL	157 habitantes	70 viviendas

Nota. La tabla muestra el total de habitantes y viviendas. Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda 2007-INEI.

#### Tabla 15

*Datos de la Población 2017*

Año	Población	Vivienda
2017	166 habitantes	75 viviendas
TOTAL	166 habitantes	75 viviendas

Nota. La tabla muestra el total de habitantes y viviendas. Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda 2017-INEI.

La tasa de crecimiento se calcula una vez conocido los datos del censo nacional de población y vivienda, considerando los dos últimos censos y el tiempo de intervalo, se logró determinar la tasa de crecimiento de 0,56% según como se muestra en la tabla 16.

**Tabla 16**

*Tasa de Crecimiento*

$$TC = (P.Presente/P.Pasado)^{1/t} - 1$$

Tc=	0,56%
-----	-------

Nota. Elaborado por los autores (2023).

De acuerdo con el empadronamiento realizado en la localidad se calcula la densidad de población de 3,38 hab./viv. según se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17**

Cálculo de Densidad Poblacional

Densidad	n° de habitantes / n° de viviendas
Densidad	3,38 hab/viv

Nota. Elaborado por los autores (2023).

De acuerdo con los resultados obtenidos y las consideraciones anteriores, se estima que la población de la localidad Cedro del Pasto en el año 2042 será de 316 habitantes, con un total de 93 viviendas con una tasa de crecimiento positiva del 0,56% como se aprecia en la tabla 18.

**Tabla 18**  
*Cuadro de Población Futura de Cedro del Pasto*

Años	Proyección Poblacional	Proyección de Viviendas
1	284	84
2	286	84
3	287	85
4	289	85
5	290	86
6	292	86
7	294	87
8	295	87
9	297	88
10	299	88
11	300	89
12	302	89
13	304	90
14	305	90
15	307	91
16	309	91
17	311	92
18	312	92
19	314	93
20	316	93

Nota. Cuadro de la población futura. Fuente: Elaborado por los autores (2023).

**4.2.2. Aforo:**

Es el proceso de calcular el caudal, es decir, el volumen de agua por unidad de tiempo y se mide en litros por segundo. Se recolectaron datos en la época de sequía y se empleó el método volumétrico con la finalidad de asegurar un caudal mínimo de la fuente y satisfacer las necesidades hídricas de la población. La fuente de agua propuesta muestra caudales de 0,35 L/seg, 0,33 L/seg y 0,30 L/seg para los meses de marzo, abril y mayo respectivamente, e incluye el tiempo 62,5 segundos, 60,75 segundos y 66 segundos como se muestra en la Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21.

**Tabla 19***Medición de Caudal Mes de Marzo 2022.*

Volumen (lt)	Tiempo (s)	Caudal (Q)
20,00 lt	62,00 seg	0,32 l/s
20,00 lt	61,00 seg	0,33 l/s
20,00 lt	63,00 seg	0,32 l/s
20,00 lt	64,00 seg	0,31 l/s

Nota. Elaborado por los autores (2022).

**Tabla 20***Medición de Caudal Mes de Abril 2022.*

Volumen (lt)	Tiempo (s)	Caudal (Q)
20,00 lt	60,00 seg	0,33 l/s
20,00 lt	61,00 seg	0,33 l/s
20,00 lt	62,00 seg	0,32 l/s
20,00 lt	60,00 seg	0,33 l/s

Nota. Elaborado por los autores (2022).

**Tabla 21***Medición de Caudal Mes de Mayo 2022.*

Volumen (lt)	Tiempo (s)	Caudal (Q)
20,00 lt	66,00 seg	0,30 l/s
20,00 lt	67,00 seg	0,30 l/s
20,00 lt	65,00 seg	0,31 l/s

Nota. Elaborado por los autores (2022).

**4.2.3. Análisis del agua:**

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis correspondientes a la fuente de abastecimiento propuesta, se mostraron valores por encima de los permisibles en algunos componentes del fluido, considerando posteriormente algunos métodos de tratamiento específicos con el fin de obtener agua potable segura para el consumo humano como un sedimentador. Esta estructura de concreto armado tendrá el objetivo de lograr

facilitar la sedimentación al reducir la turbulencia y velocidad de la corriente. Los valores que determinan la implementación de la estructura anteriormente mencionada se muestran en la siguiente tabla 22.

**Tabla 22**

*Valores Permisibles de Fuente de Abastecimiento*

Parámetros	Ensayos		Manantial	Quebrada
	Unidad	LCM	La Pampa	El Suro
Antimonio (Sb)	mg/L	0,005	<LCM	<LCM
Aluminio (Al)	mg/L	0,022	<LCM	<LCM
Arsénico (As)	mg/L	0,003	<LCM	<LCM
Boro (B)	mg/L	0,021	0,241	0,108
Bario (Ba)	mg/L	0,002	0,120	0,031
Cadmio (Cd)	mg/L	0,002	<LCM	<LCM
Cromo (Cr)	mg/L	0,002	<LCM	<LCM
Cobre (Cu)	mg/L	0,014	<LCM	<LCM
Hierro (Fe)	mg/L	0,019	<LCM	<LCM
Manganeso (Mn)	mg/L	0,002	0,236	<LCM
Plomo (Pb)	mg/L	0,003	0,005	0,006
Molibdeno (Mo)	mg/L	0,002	<LCM	<LCM
Selenio (Se)	mg/L	0,017	<LCM	<LCM
Zinc (Zn)	mg/L	0,019	<LCM	<LCM
Uranio (U)	mg/L	0,004	<LCM	<LCM
Mercurio (Hg)	mg/L	0,0002	<LCM	<LCM
Niquel (N)	mg/L	0,002	0,015	<LCM
Nitrato (NO3)	mg/L	0,064	6,997	5,525
Nitrito (NO2)	mg/L	0,05	<LCM	<LCM
Cloruro (CL-)	mg/L	0,065	0,748	0,702
Sulfato (SO4)	mg/L	0,07	2,632	5,984
Turbidez	NTU	0,09	3,54	0,3
pH a 25°C	pH	NA	7,35	6,95
Conductividad a 25°C	us/cm	NA	231,5	152,4

(*) Sólidos Disueltos Total	mg/L	2,5	139,0	98,0
(*) Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH3/L	0,017	<LCM	<LCM
(*) Dureza Total	mg CaCO3/L	0,5	290,1	48,6
(*) Cianuro Total	mg/L	0,002	<LCM	<LCM
(*) Coliformes Totales	NMP/100ml	1,8	16 x 10 <sup>2</sup>	<1,8
(*) Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1,8	350	<1,8
(*) Organismos de Vida Libre	N° Org/L	1,0	<1,0	<1,0

Nota. Informe de ensayo del laboratorio regional del Agua – Gobierno Regional de Cajamarca (2022).

### 4.3. Diseño del sistema de abastecimiento por gravedad

#### 4.3.1 Normas de diseño

Se tomó en cuenta las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones y las del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

#### 4.3.2 Dotación de diseño

De acuerdo con los criterios especificados en la norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural fundamentado en la Resolución Ministerial N°192-2018-vivienda, la dotación de diseño con la que se debe trabajar es de 100 litros por habitante por día, considerándose el lugar de estudio, según se detalla en la tabla 23.

**Tabla 23***Valores de Dotación*

Ítem	Criterio	Costa	Sierra	Selva
1	Letrinas sin Arrastre Hidráulico	50lt-	40lt-	60lt-
		60lt	50lt	70lt
2	Letrinas con Arrastre Hidráulico	90lt	80lt	100lt

Nota. Valores de dotación. Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, (2018).

En este caso elegiremos una dotación de 100 lt/día. Cabe señalar que, si tenemos estudiantes de primaria y secundaria, la población será diferente por lo que obtendremos 20 lts/día por cada alumno de primaria y 25lts/día por cada alumno de secundaria según se muestra en la tabla N°24.

**Tabla 24***Dotación por Grado Académico*

Ítem	Estudiantes	Dotación
1	Primaria	20 lts/día
2	Secundaria	25lts/día

Nota. Valores de dotación según grado académico. Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, (2018).

El consumo de agua de cualquier centro poblado o localidad presenta alteraciones mensuales, diarias y horarias. A lo largo de un periodo de tiempo (semanas, meses, etc.), se pueden observar los días máximos y mínimos de consumo. Para nuestro diseño utilizaremos un valor de 1,30 para coeficiente de variable diaria y 2,00 para coeficiente de variable horaria recomendado por norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural fundamentado en la Resolución Ministerial N°192-2018-vivienda, según se muestra en la tabla 25.

**Tabla 25***Variación de Coeficiente de Demanda Diaria y Horaria*

Ítem	Coeficiente	Valor
1	Coeficiente de la Demanda Diaria (K1)	1,3
2	Coeficiente de la Demanda Horaria (K2)	2,0

Nota. Valores de coeficiente de demanda diaria y horaria. Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, (2018).

### 4.3.3. Caudales de Diseño

#### 4.3.3.1 Consumo doméstico:

Tomando en cuenta la dotación por la zona de estudio, la población futura y el número de alumnos tanto de primaria como secundaria se determinó el consumo doméstico de la siguiente manera.

$$Q_{cd} = Dot * Pf + Dot * N^{\circ}E.P + Dot * N^{\circ}E.S$$

Donde:

- Qcd: Caudal de consumo doméstico (lt/día).
- Dot: Dotación (lt/día).
- Pf: Población Futura.
- N°E.P: Número de estudiantes de primaria.
- N°E.S: Número de estudiantes de secundaria.

$$Q_{cd} = 100 * 316 + 20 * 29 + 25 * 77$$

$$Q_{cd} = 34\ 105\ \text{lt/día}$$

Obtenemos que el caudal de consumo doméstico del Centro Poblado Cedro del Pasto es 34 105 lt/día.

#### 4.3.3.2 Caudal promedio diario:

Tomando en cuenta el consumo doméstico del Centro Poblado se determinó en caudal promedio diario de la siguiente manera.

$$Q_{pd} = \frac{Q_{cd}}{86\ 400}$$

Donde:

- Qpd: Caudal promedio diario (l/s).
- Qcd: Caudal de consumo doméstico (lt/día).

$$Q_{pd} = 0,395 \text{ lt/s}$$

Obtenemos que el caudal promedio diario del Centro Poblado Cedro del Pasto es 0,395 l/s.

#### 4.3.3.3 Caudal máximo diario:

Tomando en cuenta el consumo promedio diario del Centro Poblado y el coeficiente de demanda diaria se obtuvo el caudal máximo diario de la siguiente manera.

$$Q_{md} = k_1 * Q_{pd}$$

Donde:

- Qmd= Caudal máximo diario (l/s)
- K1= Coeficiente de demanda diaria
- Qpd= Caudal promedio diario (l/s)

$$Q_{md} = 1,3 * 0,395$$

$$Q_{md} = 0,514 \text{ lt/s}$$

Obtenemos que el caudal máximo diario del Centro Poblado Cedro del Pasto es 0,514 l/s.

#### 4.3.3.4 Caudal máximo horario:

Tomando en cuenta el consumo promedio diario del Centro Poblado y el coeficiente de demanda horaria se obtuvo el caudal máximo horario de la siguiente manera.

$$Q_{mh} = k_2 * Q_{pd}$$

Donde:

- Qmh= Caudal máximo horario (L/s).
- K2= Coeficiente de la demanda horaria.

- $Q_{pd}$  = Caudal promedio diario (l/s).

$$Q_{mh} = 2 * 0,395 \text{ lt/s}$$

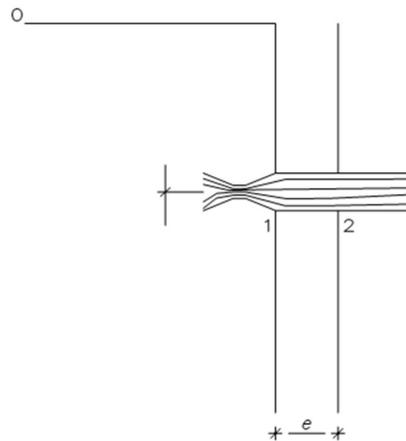
$$Q_{mh} = 0,789 \text{ lt/s}$$

#### 4.3.4 Diseño de captación

Para determinar el tamaño de la captación, es necesario conocer el caudal máximo diario de la fuente de abastecimiento, en este caso entre los meses de enero a marzo se obtuvo un caudal de flujo máximo de  $0,32 \text{ lt/s}$ , de esta manera garantizamos que el diámetro de los orificios de entrada en el cuarto húmedo sea suficiente para captar este caudal. Conociendo el caudal, el tamaño del área del orificio de drenaje se puede determinar en función de las velocidades de entrada más bajas, como se muestra en la Figura 30.

**Figura 30**

*Flujo de Entrada en un Orificio de Pared Gruesa*



Nota. Elaborado por los autores.

##### 4.3.4.1. Cálculo de la distancia entre el afloramiento y la cámara húmeda

Es de vital importancia saber la velocidad de pase y la pérdida de carga sobre el orificio de salida (Figura 20). Según la ecuación de Bernoulli entre los puntos 0 y 1, resulta:

$$\frac{P_0}{\delta} + h_0 + \frac{(V_0)^2}{2g} = \frac{P_1}{\delta} + h_1 + \frac{(V_1)^2}{2g}$$

Considerando los valores de  $P_0$ ,  $V_0$ ,  $P_1$  y  $h_1$  igual a cero, se tiene:

$$h_0 = \frac{(V_1)^2}{2g} \quad (1)$$

Donde:

- $h_0$ = Altura entre el orificio de entrada y el Afloramiento (recomendables valores de 0,40m a 0,50m).
- $V_1$ = Velocidad en teoría (m/s).
- $g$ = Gravedad (9,81m/s<sup>2</sup>).

Mediante la ecuación de continuidad considerando los puntos 1 y 2, se tiene:

$$Q_1 = Q_2$$
$$Cd * A_1 * V_1 = A_2 * V_2$$

\* Siendo  $A_1 = A_2$

$$V_1 = \frac{V_2}{Cd} \quad (2)$$

Donde:

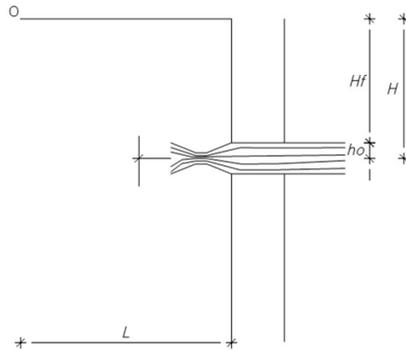
- $V_2$ = Velocidad de ingreso (recomendable valores menores o iguales a 0,6m/s)
- $C_d$ = Coeficiente descarga en el punto 1 (se asume 0.8).

Reemplazando el valor de  $V_1$  de la ecuación (2) en la ecuación (1), se tiene:

$$h_0 = 1,56 * \frac{(V_2)^2}{2g}$$

$h_0$  es definida como la carga necesaria sobre el orificio de entrada que permite producir la velocidad de ingreso. En la figura 31 podemos observar la carga disponible y la pérdida de carga.

**Figura 31**  
Carga Disponible y Pérdida de Carga



Nota. Elaborado por los autores.

$$h_0 = 1,56 * \frac{(0,6)^2}{2 * 9,81}$$

$$h_0 = 1,56 * \frac{0,36}{19,62}$$

$$h_0 = 1,56 * 0,018$$

$$h_0 = 0,03 \text{ m}$$

Una vez calculado  $h_0$ , que es la pérdida de carga del orificio, se calcula la pérdida de carga total con la finalidad de determinar la distancia entre el afloramiento y la captación según la figura N°22.

$$H = h_f + h_0$$

$$40 = h_f + 0,03$$

$$h_f = 0,37 \text{ m}$$

Con esto obtenemos el valor de L:

$$L = h_f / 0,3$$

$$L = \frac{0,37}{0,3}$$

$$L = 1,23 \text{ m}$$

$L = 1,25 \text{ m}$  para fines de diseño.

#### 4.3.4.2. Ancho de la pantalla

Para determinar el ancho de la pantalla es importante conocer el diámetro y el número de orificios que harán fluir el agua desde la zona de afloramiento hacia la cámara húmeda. Para el cálculo del diámetro de la tubería de entrada (D), se utilizan las siguientes ecuaciones.

$$Q_{m\acute{a}x} = V * A * Cd$$

$$Q_{m\acute{a}x} = A * Cd (2gh)^{1/2}$$

Donde:

- $Q_{m\acute{a}x}$  = Caudal máximo diario de la fuente (l/s)
- V= Velocidad de ingreso (se asume valores entre valores de 0,50 m/s y 0,60 m/s)
- A= Área de la sección de tubería en m<sup>2</sup>
- Cd= Coeficiente de descarga (0,60 a 0,80)
- g= Gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)
- h= Carga sobre el centro del orificio (m)

##### 4.3.4.2.1. Cálculo diámetro de la tubería de entrada

El valor de A resulta de

$$A = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{Cd(2gh)^{1/2}} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{Cd * V} = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{0,32/1000}{0,8 * 0,6}$$

$$A = \frac{0,00032}{0,48}$$

$$A = 0,0007 \text{ m}^2$$

El valor de D será definido mediante:

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,0007}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{0,0028}{\pi}}$$

$$D = 2,99 \text{ cm}$$

$$D = 1,17''$$

$D = 1 \frac{1}{2}''$  para fines del proyecto

#### 4.3.4.2.2. Cálculo del número de orificios:

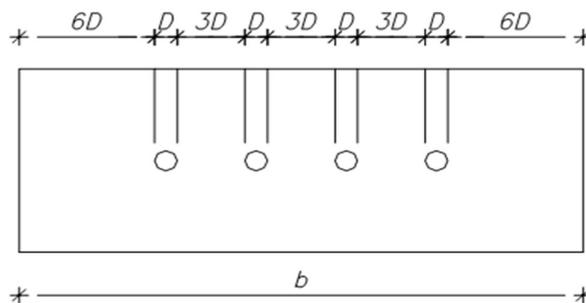
Se recomienda usar diámetros (D) menores o iguales de 2". Si se obtuvieran diámetros mayores, será necesario aumentar el número de orificios (NA), siendo:

Diámetro que se asume para el cálculo:

$$D_2 = 1 \frac{1}{2}''$$

**Figura 32**

*Distribución de los Orificios de Pantalla Frontal.*



**Nota.** Elaborado por los autores (2023).

Mediante la siguiente formula se calcula el número de orificios:

$$N^{\circ}O = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 + 1$$

Donde:

- N°O= Numero de orificios
- D<sub>1</sub>= Diámetro calculado
- D<sub>2</sub>= Diámetro asumido

$$N^{\circ}O = \left(\frac{1,5}{1,5}\right)^2 + 1$$

$$N^{\circ}O = 1^2 + 1$$

$$N^{\circ}O = 1 + 1$$

$$N^{\circ}O = 2$$

*N°O = 2 para fines del proyecto*

#### **4.3.5.2.3. Cálculo del ancho de la pantalla:**

Para el cálculo del ancho de la pantalla, se asume que para una buena distribución del agua los orificios se deben ubicar como se muestra en la figura 33.

Siendo:

D el diámetro de la tubería de entrada

B el ancho de la pantalla

Conocido el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada, se calcula el ancho de la pantalla (b) mediante la siguiente ecuación:

$$b = 2(6D) + N^{\circ}O * D + 3D(N^{\circ}O - 1)$$

$$b = 12D + N^{\circ}O * D + 3 * N^{\circ}O * D - 3D$$

$$b = 9D + 4N^{\circ}O * D$$

$$b = 9 * 3,81 + 4 * 2 * 3,81$$

$$b = 65,00 \text{ cm}$$

*b = 0,70 m para fines del proyecto*

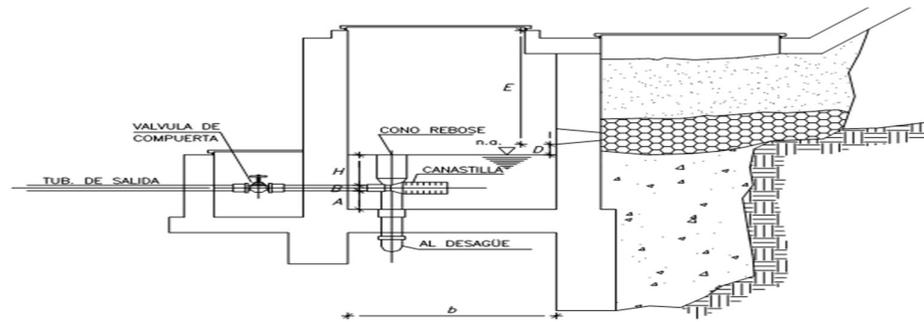
### Altura de la Cámara Húmeda:

Respecto a los elementos identificados de la Figura 33, la altura total de la cámara húmeda se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H_t = A + B + H + D + E$$

### Figura 33

*Sección de la Captación Manantial.*



Nota. Elaborado por los autores (2023).

Donde:

- A= Se considera una altura mínima de 10cm. Que permite la sedimentación de la arena.
- B= Se considera el diámetro de salida
- H= Altura de agua sobre la canastilla
- D= Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua del afloramiento el nivel de agua de la cámara húmeda (mínimo 5cm)
- E= Borde libre (mínimo 30cm)

Para determinar la altura de la captación, es necesario conocer la carga requerida para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción. La carga requerida es determinada mediante la siguiente ecuación:

$$H = 1,56 * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

- H= Carga requerida en metros.
- V= Velocidad promedio en la salida de la tubería de la línea de conducción en m/s.
- g= Gravedad igual a 9,81m/s<sup>2</sup>
- Se recomienda una altura mínima de H=30cm

Primero calculamos la velocidad en m/s=

$$V = \frac{4 * Q_{salida}}{\pi * D^2}$$

Donde:

- $Q_{salida}$  = Caudal máximo de la salida de la línea de conducción (m<sup>3</sup>/s)
- D= Diámetro de la tubería de conducción (m)

$$V = \frac{4 * \frac{0,65}{1000}}{\pi * 0,0381^2}$$

$$V = \frac{4 * 0,00065}{\pi * 0,00145}$$

$$V = 0,57m/s$$

Luego calculamos la pérdida de carga:

$$H = 1,56 * \frac{V^2}{2g}$$

$$H = 1,56 * \frac{0,57^2}{2 * 9,81}$$

$$H = 1,56 * \frac{0,325}{19,62}$$

$$H = 0,0258 m$$

Si "H" es menor al mínimo valor estipulado entonces "H" será 0,40m para fines del proyecto. Después de calcular la pérdida de carga tenemos los siguientes resultados:

- H= 0,40m (Altura mínima H=0,30m)

- A= 0,15 (Altura mínima 0,10m)
- B= 0,0508m
- E= 0,35 (Altura mínima 30cm)
- D= 0,10m (Desnivel mínimo 5cm)

La altura total de la captación es la suma de todos los valores indicados.

$$H_t = A + B + H + D + E$$

$$H_t = 0,15 + 0,00381 + 0,40 + 0,10 + 0,35$$

$$H_t = 1,04$$

### **Tubería de rebose y limpia:**

En la tubería de rebose y de limpia se recomienda pendientes de 1 a 1,5% y considerando el caudal máximo de aforo, se determina el diámetro mediante la ecuación de Hazen y Williams (para C=140).

$$D = \frac{0,71 * Q^{0,38}}{S^{0,21}}$$

Donde:

- D= Diámetro en pulgadas
- Q= Gasto máximo de la fuente en lps
- S= Pérdida de carga unitaria en m/m

$$D_{rebose} = \frac{0,71 * 0,32^{0,38}}{0,015^{0,21}}$$

$$D_{rebose} = \frac{0,71 * 0,64857}{0,41398}$$

$$D_{rebose} = 1,11"$$

*D<sub>rebose</sub> = 2" para fines del proyecto*

#### 4.3.5. Diseño de la red de conducción

Para los cálculos hidráulicos se utilizaron los coeficientes de capacidad para la ecuación de Hazen-Williams, seleccionados en función al material de la tubería, el envejecimiento de éste y las condiciones fisicoquímicas del agua. Además, se utilizaron las fórmulas universalmente calificadas, como hidráulicamente correctas, considerando sus limitaciones de uso y aplicándoles el diámetro interno de los conductos.

Para el diseño de la línea de conducción se tomará en cuenta el caudal de diseño consumo máximo diario:

$$Q_{\max \text{ diario}} = 0,513 \text{ lt/s}$$

Se utilizará la fórmula de Hazen – Williams:

$$D = \left( \frac{Q_{\max \text{ diario}}}{0,000426 * C * S^{0,54}} \right)^{0,38}$$

La fórmula se desglosa para fines del cálculo obteniendo la siguiente fórmula:

$$S_f = \frac{10,7 * (Q_{\max \text{ diario}})^{1,85}}{C^{1,85} * \emptyset^{4,57}}$$

Donde:

- Sf= Pendiente de la línea de gradiente (m/km)
- C= Coeficiente de Hazem-Williams
- $\emptyset$ = Diámetro de las tuberías comerciales (m)

Así mismo se calcularán los diámetros mínimos y máximos para todo el tramo de la siguiente manera:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{\max \text{ diario}}}{\pi * V_{\max}}}$$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{\max \text{ diario}}}{\pi * V_{\min}}}$$

Donde:

- $V_{min} = 0,6$  m/s (recomendado)
- $V_{max} = 3$  m/s (recomendado)

Y obtuvimos los siguientes resultados:

Diámetro máximo:

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max\ diario}}{\pi * V_{min}}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 * 0,513/1\ 000}{\pi * 0,6}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{0,002052}{0,884955}}$$

$$D_{max} = 0,032999m$$

$$D_{max} = 1,30''$$

Diámetro mínimo:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max\ diario}}{\pi * V_{max}}}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * 0,513/1\ 000}{\pi * 3}}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{0,002052}{9,424777}}$$

$$D_{min} = 0,014758m$$

$$D_{min} = 0,58''$$

Estos resultados son los rangos de los diámetros de tubería que se pueden utilizar. Para fines del proyecto tomaremos D=1,5”.

Reemplazando en la fórmula de Hazem – Williams resulta la pendiente de la línea gradiente (Sf) de las tuberías comerciales según se detalla en la siguiente tabla 26.

**Tabla 26**  
*Diámetros Red de Conducción*

<b>Pulg.</b>	<b>Diámetro</b>		<b>Velocidad m/s</b>	<b>Sf. (m/km)</b>
	<b>Metros</b>			
<b>1</b>	0,0254		1,0127	0,04853
<b>1,5</b>	0,0381		0,4501	0,00674
<b>2</b>	0,0508		0,2532	0,00166
<b>2,5</b>	0,0635		0,1620	0,00056
<b>3</b>	0,0762		0,1125	0,00023
<b>4</b>	0,1016		0,0633	0,00006

Nota. Diámetros utilizables, que son comerciales y cumplen con las velocidades máximas y mínimas. Fuente: Elaborado por los autores (2023).

Luego con el valor conocido del diámetro de la tubería a emplearse multiplicamos la pendiente de la línea gradiente con la longitud del tramo para obtener la pérdida de carga a lo largo del tramo de estudio de la siguiente manera:

$$h_f = S_f * Longitud\ de\ tramo$$

$$h_f = 0,00674 * 45$$

$$h_f = 0,30m$$

Luego calculamos la pérdida de carga acumulada (hf acum); en este caso será el mismo ya que es el primer tramo en estudio.

$$h_{f.acum} = 0,30m$$

Siendo el valor conocido de hf acum. podemos hallar la cota piezométrica de la siguiente manera:

$$Cota\ piezometrica = Cota\ anterior - h_{f.acum}$$

$$Cota\ piezometrica = 2\ 100,00 - 0,30 = 2\ 099,70m$$

Siendo conocida la cota piezométrica hallamos la presión en cada tramo para verificar si es correcto el diámetro elegido de la siguiente manera:

$$\textit{Presión} = \textit{cota piezometrica} - \textit{cota tramo final}$$

$$\textit{Presión} = 2\ 099,70 - 2\ 089,83 = 9,87\textit{mca}$$

Realizando el mismo procedimiento con todos los tramos obtenemos los siguientes resultados como se muestra en la tabla 27 y 28.

**Tabla 27***Captación 1*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Piez. (m)	Presión (mca)
Captación	0,00	2 100,00			0	0	0,00	0
Sedimentador	45,00	2 089,83	1,5"	0,00674	0,30	0,32	2 099,70	9,87
Cámara de Reunión 1	54,31	2 087,00	1,5"	0,00674	0,37	0,67	2 089,16	2,16

Nota. Elaborado por los autores (2023).

**Tabla 28***Captación 2*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Piez. (m)	Presión (mca)
Captación	0,00	2 107,99			0	0	0,00	0
Sedimentador	50,00	2 102,99	1,5	0,00674	0,34	0,34	2 107,65	4,66
Cámara de Reunión 1	43,11	2 087,00	1,5	0,00674	0,29	0,63	2 102,36	15,36
CRP 6	1 040,00	2 047,91	1,5	0,00674	7,01	7,63	2 079,37	31,46
Reservorio	777,00	1 980,00	1,5	0,00674	5,23	12,87	2 035,04	26,34

Nota. Elaborado por los autores (2023).

Finalmente sumamos todas las longitudes de los tramos para poder obtener la longitud total de la línea de conducción.

$$\text{Longitud total de tubería en línea de conducción} = 2\,009,42\text{m}$$

#### 4.3.6. Diseño de reservorio circular apoyado

Para hallar el caudal de diseño con el que se realizara el cálculo de las dimensiones del reservorio, se empleara el caudal de consumo doméstico hallado anteriormente en las dotaciones.

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{cd}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 34,11 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para el volumen de almacenamiento se considerará el 25% de la demanda del consumo doméstico ( $Q_{cd}$ ), siempre que el suministro de agua de la fuente sea continuo. Si el suministro es discontinuo, la capacidad será como mínimo del 30% de  $Q_{cd}$ .

Por lo tanto, tomamos el 25% del caudal de consumo doméstico.

Volumen de regulación será:

$$V_{\text{regulación}} = Q_{\text{diseño}} * 0,25$$

$$V_{\text{regulación}} = 34,11 * 0,25$$

$$V_{\text{regulación}} = 8,53\text{m}^3$$

El volumen del Reservorio será considerado de  $10,00 \text{ m}^3$  para fines del proyecto.

Luego procedemos a hallar las dimensiones del reservorio, para poder diseñar un reservorio de forma circular se tienen que considerar las siguientes formulas:

$$V_R = \frac{\pi * D^2}{4} * h$$

Donde:

- H: Altura (m)
- V: Volumen del reservorio (m3)
- D: Diámetro del reservorio (m)

Asumimos una altura efectiva de agua de 0.90 m para el cálculo del diámetro.

$$D = \sqrt{\frac{V_R * 4}{\pi * h}}$$

$$D = \sqrt{\frac{10 * 4}{\pi * 0,90}}$$

$$D = \sqrt{\frac{40}{2,8274}}$$

$$D = \sqrt{14,1472}$$

$$D = 3,76m$$

$$D = 3,80 m \text{ para fines del proyecto}$$

Para el borde libre se considerará 0,30 m.

#### 4.3.7. Diseño de la línea de aducción

Para los cálculos hidráulicos se utilizaron los coeficientes de capacidad para la ecuación de Hazen-Williams, seleccionados en función al material de la tubería, el envejecimiento de éste y las condiciones fisicoquímicas del agua. Además, se utilizaron las fórmulas universalmente calificadas, como hidráulicamente correctas, considerando sus limitaciones de uso y aplicándoles el diámetro interno de los conductos.

Para el diseño de la línea de aducción se tomará en cuenta el caudal de diseño de máximo consumo horario:

$$Q_{\max \text{ horari}} = 0,79 \text{ lt/s}$$

Se utilizará la fórmula de Hazen – Williams:

$$S_f = \frac{10,7 * (Q_{\max \text{ diario}})^{1,85}}{C^{1,85} * \phi^{4,57}}$$

Donde:

- Sf= Pendiente de la línea de gradiente (km/km)
- C= Coeficiente de Hazem-Williams
- $\phi$ = Diámetro de las tuberías comerciales (m)

Así mismo se calcularán los diámetros mínimos y máximos para todo el tramo de la siguiente manera:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{\max \text{ diario}}}{\pi * V_{\max}}}$$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{\max \text{ diario}}}{\pi * V_{\min}}}$$

Donde:

- $V_{\min}$ = 0,6 m/s (recomendado)
- $V_{\max}$ = 3 m/s (recomendado)

Y obtuvimos los siguientes resultados:

Diámetro máximo:

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{\max \text{ horari}}}{\pi * V_{\min}}}$$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 * 0,79/1\ 000}{\pi * 0,6}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{0,00316}{1,884955}}$$

$$D_{max} = 0,0409m$$

$$D_{max} = 1,6''$$

Diámetro mínimo:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max\ diario}}{\pi * V_{max}}}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * 0,79/1\ 000}{\pi * 3}}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{0,00316}{9,424777}}$$

$$D_{min} = 0,01831m$$

$$D_{min} = 0,72''$$

Estos resultados son los rangos de los diámetros de tubería que se pueden utilizar. Para fines del proyecto tomaremos D=1,5”.

Reemplazando en la fórmula de Hazem – Williams obtenemos la pendiente de la línea gradiente (Sf) de las tuberías comerciales según se muestra en la siguiente tabla 29.

**Tabla 29**

*Diámetro de línea de Aducción*

Pulg.	Diámetro		Velocidad	Sf. (m/km)
	Metros		m/s	
1	0,0254		1,5580	0,10768
1,5	0,0381		0,6925	0,01495
2	0,0508		0,3895	0,00368

<b>2.5</b>	0,0635	0,2493	0,00124
<b>3</b>	0,0762	0,1731	0,00051

Nota. Diámetros utilizables, que son comerciales y cumplen con las velocidades máximas y mínimas. Fuente: los autores (2023).

Luego con el valor conocido del diámetro de la tubería a utilizar multiplicamos la pendiente de la línea gradiente con la longitud del tramo para obtener la pérdida de carga a lo largo del tramo de estudio de la siguiente manera:

$$h_f = S_f * Longitud\ de\ tramo$$

$$h_f = 0,01495 * 126,50$$

$$h_f = 1,89m$$

Luego calculamos la pérdida de carga acumulada ( $h_f$  acum); en este caso será el mismo ya que es el primer tramo en estudio.

$$h_{f.acum} = 1,89m$$

Siendo el valor conocido de  $h_f$  acum. podemos hallar la cota piezométrica de la siguiente manera:

$$Cota\ piezometrica = Cota - h_{f.acum}$$

$$Cta\ piezometrica = 1\ 980 - 1,89 = 1\ 978,11m$$

Siendo conocida la cota piezométrica se halló la presión en cada tramo para verificar si es correcto el diámetro elegido de la siguiente manera:

$$Presión = cota\ piezometrica - cota\ tramo\ final$$

$$Presión = 1\ 978,11 - 1\ 960 = 18,11mca$$

Realizando el mismo procedimiento con todos los tramos obtenemos los siguientes resultados como se muestra en la tabla 30.

**Tabla 30***Línea de aducción*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Piez. (m)	Presión (mca)
<b>RESERVORIO</b>	0,00	1 980,00			<b>0</b>	0	0,00	<b>0</b>
PC1	126,50	1 960,00	<b>1,5</b>	0,01495	1,89	1,89	1 978,11	18,11
CRP7 1	318,19	1 905,55	<b>1,5</b>	0,01495	4,76	4,76	1 955,24	49,69
PC 2	116,02	1 903,44	<b>1,5</b>	0,01495	1,73	1,73	1 903,82	0,38
CRP7 2	310,32	1 825,55	<b>1,5</b>	0,01495	4,64	4,64	1 898,80	73,25
PC 3	28,25	1 824,69	<b>1,5</b>	0,01495	0,42	0,42	1 825,13	0,44
CRP7 3	108,60	1 740,55	<b>1,5</b>	0,01495	1,62	1,62	1 823,07	82,52
CRP7 4	284,99	1 655,55	<b>1,5</b>	0,01495	4,26	4,26	1 736,29	80,74
CRP7 5	220,65	1 590,55	<b>1,5</b>	0,01495	3,30	3,30	1 652,25	61,70
<b>PC4- FIN DE TRAMO</b>	40,25	1 570,34	<b>1,5</b>	0,01495	0,60	0,60	1 589,95	19,61

Nota. Valores de la línea de aducción. Fuente: los autores (2023).

Finalmente sumamos todas las longitudes de los tramos para poder obtener la longitud total de la línea de aducción.

$$\text{Longitud total de tubería en línea de aducción} = 1\ 553,77\text{m}$$

#### 4.3.8. Diseño de red de distribución

Para el diseño de la red de distribución se considera el caudal máximo horario.

Caudal total (84 viviendas-284 personas)

$$Q_{\text{consumo diario}} = 34\ 105\ \text{lt/día}\ \text{incluidos alumnos}$$

$$Q_{\text{consumo diario}} = 28\ 400\ \text{lt/día}\ \text{sin alumnos}$$

Calculamos el caudal para la red de distribución del caserío agua blanca que está ubicado por encima de la localidad en estudio y por debajo del reservorio, por consiguiente, se considera este caserío ya que la red de aducción se ubicará muy cerca y podrán desprenderse los ramales para sus conexiones domiciliarias.

Tenemos:

Caudal 1: Caserío Agua blanca (10 viviendas – 42 personas)

$$Q_{consumo\ diario} = \frac{34\ 105 * 42}{284} + 28\ 400 - 34\ 105$$

$$Q_{consumo\ diario} = 9\ 905\ lt/dia$$

Siendo el valor de consumo diario conocido, calculamos el caudal máximo horario:

$$Q_{maximo\ horar} = \frac{9\ 905 * 2}{86\ 400}$$

$$Q_{maximo\ horario} = 0,23\ lt/s$$

Obtenido el caudal máximo horario se procede a diseñar la red de distribución para el caserío agua blanca:

$$Q_{max\ horario} = 0,23\ lt/s$$

Se utilizará la fórmula de Hazen – Williams:

$$S_f = \frac{10,7 * (Q_{max\ horario})^{1,85}}{C^{1,85} * \emptyset^{4,57}}$$

Donde:

S<sub>f</sub>= Pendiente de la línea de gradiente (m/km)

C= Coeficiente de Hazem-Williams

∅= Diámetro de las tuberías comerciales (m)

Así mismo se calcularán los diámetros mínimos y máximos para todo el tramo de la siguiente manera:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max\ horario}}{\pi * V_{max}}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max\ horari}}{\pi * V_{min}}}$$

Donde:

$V_{min} = 0,6 \text{ m/s}$  (recomendado)

$V_{max} = 3 \text{ m/s}$  (recomendado)

Y obtuvimos los siguientes resultados:

Diámetro máximo:

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max \text{ horario}}}{\pi * V_{min}}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 * 0,23/1000}{\pi * 0,6}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{0,00092}{1,884955}}$$

$$D_{max} = 0,02209m$$

$$D_{max} = 0,87''$$

Diámetro mínimo:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max \text{ horari}}}{\pi * V_{max}}}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * 0,23/1 \ 000}{\pi * 3}}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{0,00092}{9,424777}}$$

$$D_{min} = 0,00988m$$

$$D_{min} = 0,39''$$

Estos resultados son los rangos de los diámetros de tubería que se pueden utilizar. Para fines del proyecto tomaremos  $D=1''$ .

Reemplazando en la fórmula de Hazem – Williams obtenemos la pendiente de la línea gradiente (Sf) de las tuberías comerciales según se muestra en la siguiente tabla 31.

**Tabla 31**

*Diámetros de la Red de Distribución Caserío Agua Blanca*

Pulg.	Diámetro		Velocidad	Sf.
	metros		m/s	(m/km)
<b>0,75</b>	0,01905		0,8044	0,04438
<b>1</b>	0,0254		0,4525	0,01093
<b>1,5</b>	0,0381		0,2011	0,00152
<b>2</b>	0,0508		0,1131	0,00037
<b>2,5</b>	0,0635		0,0724	0,00013
<b>3</b>	0,0762		0,0503	0,00005

Nota. Diámetros utilizables, que son comerciales y cumplen con las velocidades máximas y mínimas en Agua Blanca. Fuente: Elaborado por los autores (2023).

Luego con el valor conocido del diámetro de la tubería a utilizar multiplicamos la pendiente de la línea gradiente con la longitud del tramo para obtener la pérdida de carga a lo largo del tramo de estudio de la siguiente manera:

$$h_f = S_f * Longitud\ de\ tramo$$

$$h_f = 0,01093 * 134,37$$

$$h_f = 1,47m$$

Luego se calcula la pérdida de carga acumulada (hf acum); en este caso será el mismo ya que es el primer tramo en estudio.

$$h_{f.acum} = 1,47m$$

Siendo el valor conocido de hf acum. podemos hallar la cota piezométrica de la siguiente manera:

$$Cota\ piezometrica = Cota - h_{f.acum}$$

$$Cota\ piezometrica = 1\ 979,08 - 1,47 = 1\ 977,61m$$

Siendo conocida la cota piezométrica hallamos la presión en cada tramo para verificar si es correcto el diámetro elegido de la siguiente manera:

$$Presión = cota\ piezometrica - cota\ tramo\ final$$

$$Presión = 1\ 961,88 - 1\ 977,61 = 15,73mca$$

Realizando el mismo procedimiento con todos los tramos obtenemos los siguientes resultados como se muestra en la tabla 32, 33 y 34.

**Tabla 32***Red de Distribución Tramo 1 Caserío Agua Blanca*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Piez. (m)	Presión (mca)
PC1	0,00	1 979,08			0	0	0,00	18,11
FIN DE TRAMO 1	134,37	1 961,88	1	0,01093	1,47	1,47	1 977,61	15,73

Nota. La tabla indica los valores de la red de distribución en el primer tramo en Agua Blanca. Fuente: los autores (2023).

**Tabla 33***Red de Distribución Tramo 2 Caserío Agua Blanca*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Piez. (m)	Presión (mca)
PC 2	0,00	1 903,44			0	0	0,00	0,38
FIN DE TRAMO 2	106,73	1 840,00	1	0,01093	1,17	1,17	1 902,27	62,27

Nota. La tabla indica los valores de la red de distribución en el segundo tramo en Agua Blanca. Fuente: los autores (2023).

**Tabla 34***Red de Distribución Tramo 3 Caserío Agua Blanca*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Piez. (m)	Presión (mca)
PC 3	0,00	1 824,69			0	0	0,00	0,44
FIN DE TRAMO 3	52,01	1 778,00	1	0,01093	0,57	0,57	1 824,12	46,12

Nota. La tabla indica los valores de la red de distribución en el tercer tramo en Agua Blanca. Fuente: los autores (2023).

Finalmente sumamos todas las longitudes de los tramos para poder obtener la longitud total de la red de distribución.

*Longitud total de tubería de la red de distribución = 293,11m*

Calculamos el caudal para la red de distribución de la localidad Cedro del pasto.

Tenemos

Caudal 2: Localidad Cedro del pasto (74 viviendas – 200 personas)

$$Q_{consumo\ diario} = \frac{34\ 105 * 200}{284} + 28\ 400 - 34\ 105$$

$$Q_{consumo\ diario} = 25\ 705\ lt/dia$$

Siendo el valor de consumo diario conocido, calculamos el caudal máximo horario:

$$Q_{maximo\ horario} = \frac{25\ 705 * 2}{86\ 400}$$

$$Q_{maximo\ horario} = 0,60\ lt/s$$

Obtenido el caudal máximo horario se procede a diseñar la red de distribución para la localidad Cedro del Pasto:

$$Q_{max\ horario} = 0,60\ lt/s$$

Se utilizará la fórmula de Hazen – Williams:

$$S_f = \frac{10,7 * (Q_{max\ horario})^{1,85}}{C^{1,85} * \emptyset^{4,57}}$$

Donde:

Sf= Pendiente de la línea de gradiente (m/km)

C= Coeficiente de Hazem-Williams

$\emptyset$ = Diámetro de las tuberías comerciales (m)

Así mismo se calcularán los diámetros mínimos y máximos para todo el tramo de la siguiente manera:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max\ horario}}{\pi * V_{max}}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max\ horario}}{\pi * V_{min}}}$$

Donde:

$V_{min} = 0,6$  m/s (recomendado)

$V_{max} = 3$  m/s (recomendado)

Se obtuvo los siguientes resultados:

Diámetro máximo:

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max\ horari}}{\pi * V_{min}}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{4 * 0,60 / 1\ 000}{\pi * 0,6}}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{0,0024}{1,884955}}$$

$$D_{max} = 0,0356m$$

$$D_{max} = 1,40''$$

Diámetro mínimo:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{max\ horario}}{\pi * V_{max}}}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * 0,60 / 1\ 000}{\pi * 3}}$$

$$D_{min} = \sqrt{\frac{0,0024}{9,424777}}$$

$$D_{min} = 0,01595m$$

$$D_{min} = 0,63''$$

Estos resultados son los rangos de los diámetros de tubería que se pueden utilizar. Para fines del proyecto tomaremos D=1”.

Reemplazando en la fórmula de Hazem – Williams obtenemos la pendiente de la línea gradiente (Sf) de las tuberías comerciales según se indica en la siguiente tabla 35.

**Tabla 35**

*Diámetros de la Red de Distribución Cedro del Pasto*

	Diámetro		Velocidad	Sf.
	Pulg.	metros	m/s	(m/km)
	0,75	0,01905	2,0876	0,25907
	1	0,0254	1,1743	0,06382
	1,5	0,0381	0,5219	0,00886
	2	0,0508	0,2936	0,00218
	2,5	0,0635	0,1879	0,00074
	3	0,0762	0,1305	0,00030

Nota. Diámetros utilizables, que son comerciales y cumplen con las velocidades máximas y mínimas en Cedro del Pasto. Fuente: Elaboración Propia (2023).

Luego con el valor conocido del diámetro de la tubería a utilizar multiplicamos la pendiente de la línea gradiente con la longitud del tramo para obtener la pérdida de carga a lo largo del tramo de estudio de la siguiente manera:

$$h_f = S_f * Longitud\ de\ tramo$$

$$h_f = 0,06382 * 118,96$$

$$h_f = 7,59m$$

Luego calculamos la pérdida de carga acumulada (hf acum); en este caso será el mismo ya que es el primer tramo en estudio.

$$h_{f.acum} = 7,59m$$

Siendo el valor conocido de hf acum. podemos hallar la cota piezométrica de la siguiente manera:

$$Cota\ piezometrica = Cota - h_{f.acum}$$

$$Cota\ piezometrica = 1\ 870,34 - 7,59 = 1\ 562,75m$$

Siendo conocida la cota piezométrica hallamos la presión en cada tramo para verificar si es correcto el diámetro elegido de la siguiente manera:

$$Presión = cota\ piezometrica - cota\ tramo\ final + presion\ acumulada$$

$$Presión = 1\ 562,75 - 1\ 568,22 + 1\ 562,75 = 14,14mca$$

Realizando el mismo procedimiento con todos los tramos obtenemos los siguientes resultados como se indica en la tabla 36.

**Tabla 36***Red de distribución Cedro del Pasto*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Piez. (m)	Presión (mca)
PC4- FIN DE TRAMO ADUCCIÓN	0,00	1 570,34			0	0	0,00	19,61
PA	118,96	1 568,22	1	0,06382	7,59	7,59	1 562,75	14,14
PC	282,79	1 549,88	1	0,06382	18,05	18,05	1 550,17	19,90
PD	123,63	1 552,54	1	0,06382	7,89	7,89	1 541,99	9,06
PE	77,49	1 552,11	1	0,06382	4,95	4,95	1 547,59	4,54
PF	47,17	1 552,68	1	0,06382	3,01	3,01	1 549,10	5,48
PH	36,34	1 551,52	1	0,06382	2,32	2,32	1 550,36	7,90
PG	36,34	1 551,71	1	0,06382	2,32	2,32	1 549,20	2,97
PI	36,00	1 551,48	1	0,06382	2,30	2,30	1 549,41	5,83
PJ	33,55	1 551,29	1	0,06382	2,14	2,14	1 549,34	3,88
PK	47,68	1 551,23	1	0,06382	3,04	3,04	1 548,25	2,85
PM (FIN DE TRAMO DE DISTRIBUCIÓN)	35,00	1 549,99	1	0,06382	2,23	2,23	1 549,00	1,86

Nota. Valores de la red de distribución en Cedro del Pasto. Fuente: los autores (2023).

Finalmente sumamos todas las longitudes de los tramos para poder obtener la longitud total de la red de distribución.

$$\textit{Longitud total de tubería de la red de distribución} = 874,95\text{m}$$

De tal modo que el total de Tubería de red de distribución es la suma de ambos tramos, equivalente a 1 168,06 m.

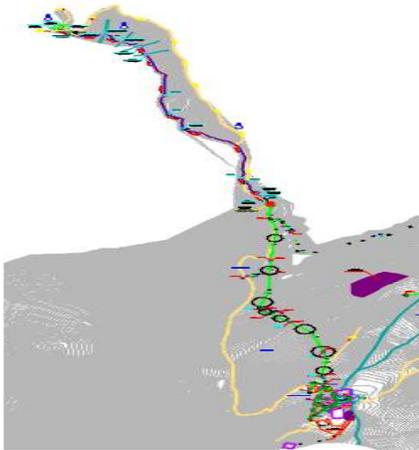
#### 4.4. Modelamiento del sistema de abastecimiento en softwares computacionales

##### 4.4.1. Modelado en el programa Watergems

En el programa Watergems se exportan los elementos del diseño relacionados a las redes de abastecimiento de agua potable, asimismo las curvas de nivel y su trazo como se muestra en la figura 34 y 35.

##### Figura 34.

*Diseño de la red de abastecimiento*



Nota. Elaboración propia (2023).

##### Figura 35.

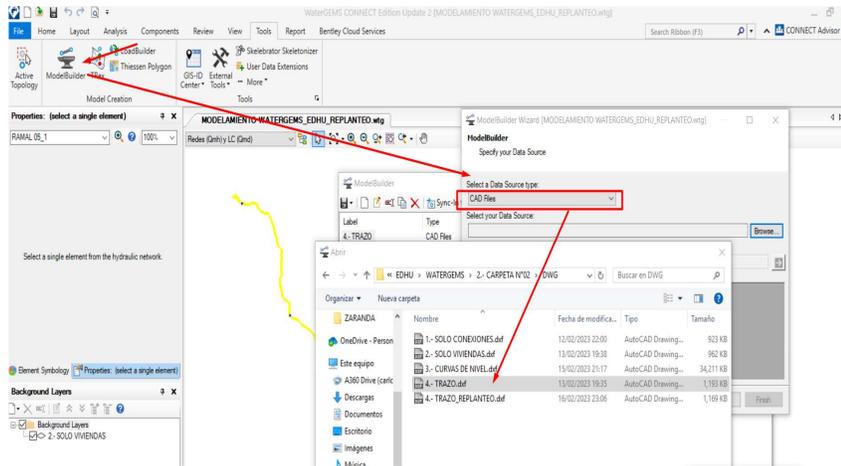
*Exportación de los elementos de diseño*

-  1.- SOLO CONEXIONES.dwg
-  1.- SOLO CONEXIONES.dxf
-  2.- SOLO VIVIENDAS.dwg
-  2.- SOLO VIVIENDAS.dxf
-  3.- CURVAS DE NIVEL.dwg
-  3.- CURVAS DE NIVEL.dxf
-  4.- TRAZO - copia.dwg
-  4.- TRAZO.dwg
-  4.- TRAZO.dxf
-  4.- TRAZO\_REPLANTEO.dwg
-  4.- TRAZO\_REPLANTEO.dxf

Nota. Elaboración propia (2023).

Para importar el trazo al programa, primero se debe ingresar al comando “components”, luego al comando “ModelBuilder”, seguido al comando de “CADFliers” y se elige la opción “Trazo”; logrando abrir el trazado de la red de agua como se muestra en la figura 36.

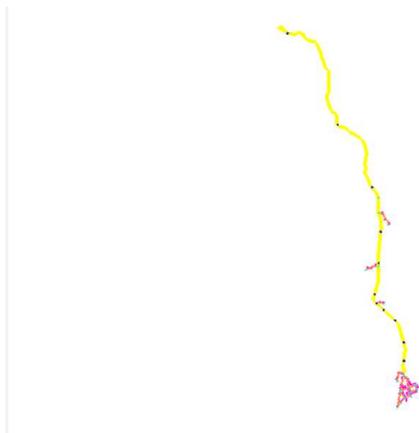
**Figura 36.**  
*Importación del trazo al Watergems*



Nota. Elaboración propia (2023).

Luego de importar el trazo, se agrega las estructuras proyectadas como las captaciones, reservorio, el TRC, el CRP, entre otros como se aprecia en la figura 37.

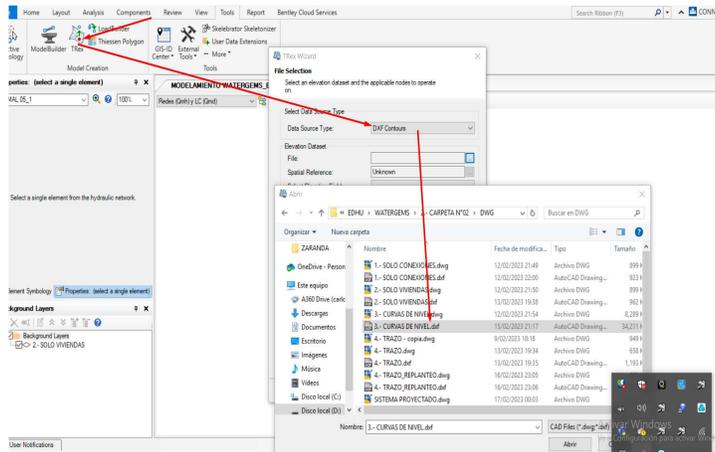
**Figura 37.**  
*Importación de las estructuras proyectadas*



Nota. Elaboración propia (2023).

Seguido de ello se importan las elevaciones de las curvas de nivel que se encuentra en extensión DXF como se muestra en la figura 38.

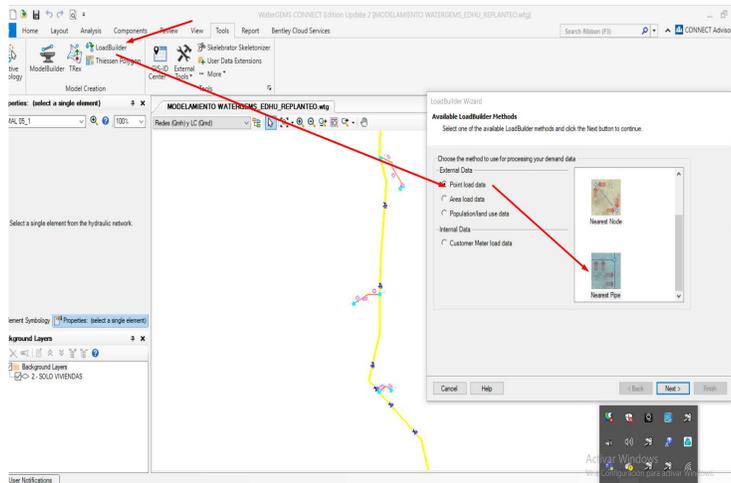
**Figura 38.**  
*Importación de las curvas de nivel*



Nota. Elaboración propia (2023).

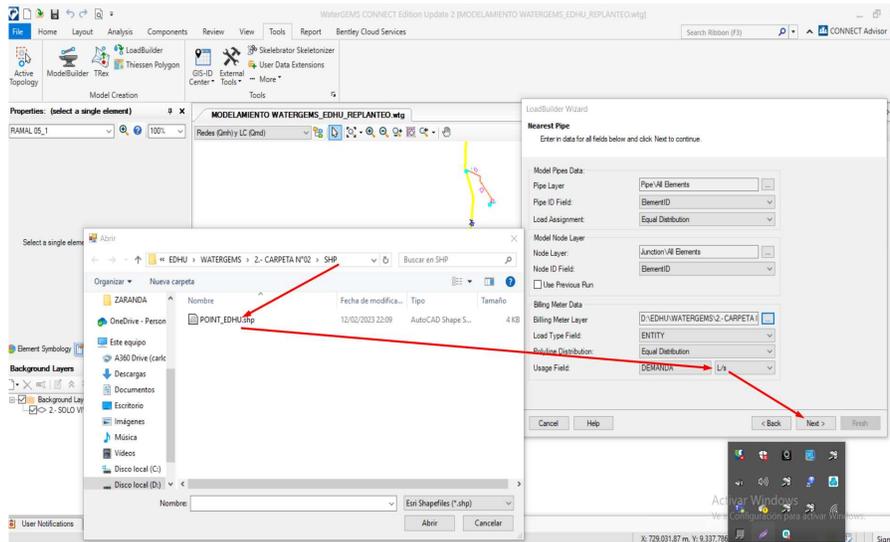
Luego de haber importado todos los elementos, se prosigue a ingresar los datos obtenidos con la demanda poblacional, en donde se ingresa al comando “Load Builder” y finalmente se agrega la data como se muestra en la figura 39 y 40.

**Figura 39.**  
*Comando para agregar la data de la demanda*



Nota. Elaboración propia (2023).

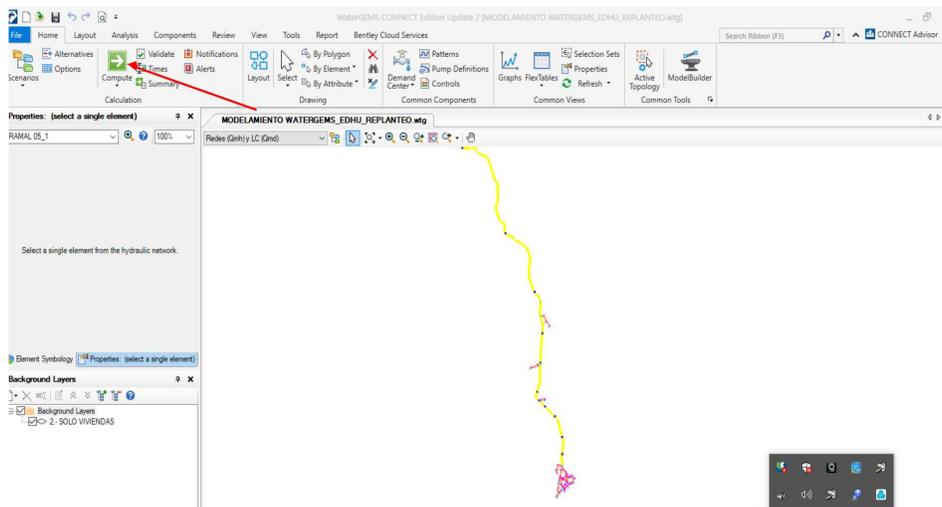
**Figura 40.**  
*Data de la demanda poblacional agregada en el programa*



Nota. Elaboración propia (2023).

Por otro lado, se corre el modelado dado clic al comando “compute” como se muestra en la figura 41.

**Figura 41.**  
*Correr el modelado en Watergems*



Nota. Elaboración propia (2023).

Después de correr el modelado, se genera un reporte de la cantidad de nudos, de la distancia de las tuberías como se muestra en la figura 42 y 43.

**Figura 42.**

*Reporte de nudos*

WaterGEMS CONNECT Edition Update 2 (MODELAMIENTO WATERGEMS\_EDH4U\_REPLANTEO.vwg)

FeaTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (MODELAMIENTO WATERGEMS\_EDH4U\_REPLANTEO.vwg)

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (mH2O)
3744: CRC	3744: CRC	2,088.37	0.513	2,099.88	11.49
3756: J-1	3756: J-1	1,960.71	0.014	1,979.60	18.86
3758: J-2	3758: J-2	1,961.15	0.014	1,979.60	18.41
3759: J-3	3759: J-3	1,986.76	0.014	1,995.09	8.31
3740: J-4	3740: J-4	1,840.00	0.014	1,865.08	54.97
3721: J-5	3721: J-5	1,798.06	0.019	1,815.07	16.98
3729: J-6	3729: J-6	1,778.06	0.019	1,815.07	36.99
3716: J-7	3716: J-7	1,614.22	0.023	1,622.39	8.15
3741: J-8	3741: J-8	1,612.22	0.023	1,622.39	10.14
3735: J-9	3735: J-9	1,613.57	0.070	1,621.62	9.04
3707: J-10	3707: J-10	1,607.39	0.066	1,620.66	12.24
3712: J-11	3712: J-11	1,605.64	0.070	1,620.61	14.95
3760: J-12	3760: J-12	1,587.38	0.042	1,620.58	33.13
3703: J-13	3703: J-13	1,586.15	0.094	1,620.65	34.43
3718: J-14	3718: J-14	1,583.12	0.061	1,620.58	37.38
3717: J-15	3717: J-15	1,583.34	0.061	1,620.56	37.14
3710: J-16	3710: J-16	1,586.88	0.096	1,620.55	33.61
3705: J-17	3705: J-17	1,587.70	0.023	1,620.55	32.78
3716: J-18	3716: J-18	1,588.19	0.023	1,620.55	32.30
3723: J-19	3723: J-19	1,580.07	0.005	1,620.56	40.41
3725: J-20	3725: J-20	1,584.84	0.028	1,620.61	35.69
3726: J-21	3726: J-21	1,600.77	0.038	1,620.59	39.74
3768: LC	3768: LC	1,980.00	0.513	1,990.25	10.23

Nota. Elaboración propia (2023).

**Figura 43.**

*Reporte de tuberías*

Hexabio: Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) (MODELAMIENTO WATERGEMS\_EDH4U\_REPLANTEO.vwg)

ID	Label	Start Node	Stop Node	Flow (L/s)	Length (User Defined) (m)	Diameter (mm)	Velocity (m/s)	Material	Hazen-Williams C	Pressure (Start) (mH2O)	Pressure (Stop) (mH2O)	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)
754: LA	3754: LA	R-1	J-1	0.789	127.00	43.4	0.53	PVC	150.0	0.60	18.86	☐	0.000
742: LC01	3742: LC01	C-1	CRC	0.513	100.00	43.4	0.35	PVC	150.0	0.00	11.49	☐	0.000
780: LC02_1	3780: LC02_1	CRC	C-2	-0.513	91.00	43.4	0.35	PVC	150.0	29.51	0.00	☐	0.000
779: LC02_2	3779: LC02_2	TRC N°01	CRC	-0.513	1,044.00	43.4	0.35	PVC	150.0	36.43	0.00	☐	0.000
780: LC02_3	3780: LC02_3	TRC N°01	FILTRO LENTO	0.513	668.00	43.4	0.35	PVC	150.0	0.00	54.98	☐	0.000
790: LC02_4	3790: LC02_4	FILTRO LENTO	LC	0.513	130.00	43.4	0.35	PVC	150.0	0.00	10.23	☐	0.000
824: RAMAL_0	3824: RAMAL_01_1	J-1	CRP-T7 N°01	0.761	156.00	43.4	0.51	PVC	150.0	18.86	53.51	☐	0.000
826: RAMAL_0	3826: RAMAL_01_10	CRP-T7 N°07	CRP-T7 N°08	0.695	158.00	43.4	0.47	PVC	150.0	0.00	30.90	☐	0.000
820: RAMAL_0	3820: RAMAL_01_11	CRP-T7 N°08	J-7	0.695	130.00	43.4	0.47	PVC	150.0	0.00	8.15	☐	0.000
825: RAMAL_0	3825: RAMAL_01_2	J-3	CRP-T7 N°03	0.733	233.00	43.4	0.50	PVC	150.0	8.31	36.52	☐	0.000
816: RAMAL_0	3816: RAMAL_01_3	J-5	CRP-T7 N°05	0.695	61.00	43.4	0.47	PVC	150.0	16.98	53.48	☐	0.000
830: RAMAL_0	3830: RAMAL_01_4	CRP-T7 N°01	CRP-T7 N°02	0.761	294.00	43.4	0.51	PVC	150.0	0.00	27.99	☐	0.000
818: RAMAL_0	3818: RAMAL_01_5	CRP-T7 N°03	J-3	0.761	32.00	43.4	0.51	PVC	150.0	0.00	8.31	☐	0.000
818: RAMAL_0	3818: RAMAL_01_6	CRP-T7 N°03	CRP-T7 N°04	0.733	94.00	43.4	0.50	PVC	150.0	0.00	41.02	☐	0.000
812: RAMAL_0	3812: RAMAL_01_7	CRP-T7 N°04	J-5	0.733	39.00	43.4	0.50	PVC	150.0	0.00	16.98	☐	0.000
822: RAMAL_0	3822: RAMAL_01_8	CRP-T7 N°06	CRP-T7 N°06	0.695	132.00	43.4	0.47	PVC	150.0	0.00	53.38	☐	0.000
828: RAMAL_0	3828: RAMAL_01_9	CRP-T7 N°06	CRP-T7 N°07	0.695	200.00	43.4	0.47	PVC	150.0	0.00	50.51	☐	0.000
740: RAMAL_0	3740: RAMAL_02_1	J-8	J-7	-0.023	124.00	29.4	0.03	PVC	150.0	10.14	8.15	☐	0.000
713: RAMAL_0	3713: RAMAL_03_1	J-7	J-9	0.648	22.00	29.4	0.95	PVC	150.0	8.15	9.04	☐	0.000
753: RAMAL_0	3753: RAMAL_03_2	J-9	J-9	-0.283	182.00	29.4	0.42	PVC	150.0	12.24	9.04	☐	0.000
772: RAMAL_0	3772: RAMAL_03_3	J-11	J-10	-0.199	12.00	29.4	0.29	PVC	150.0	14.95	12.24	☐	0.000
755: RAMAL_0	3755: RAMAL_03_4	J-12	J-11	-0.042	138.00	29.4	0.06	PVC	150.0	33.13	14.95	☐	0.000
747: RAMAL_0	3747: RAMAL_04_1	J-9	J-13	0.294	138.00	29.4	0.43	PVC	150.0	9.04	34.43	☐	0.000
732: RAMAL_0	3732: RAMAL_05_1	J-13	J-20	0.091	51.00	29.4	0.13	PVC	150.0	34.43	35.69	☐	0.000
735: RAMAL_0	3735: RAMAL_06_1	J-18	J-17	-0.023	59.00	29.4	0.03	PVC	150.0	22.30	32.78	☐	0.000
708: RAMAL_0	3708: RAMAL_07_1	J-17	J-16	-0.047	9.00	29.4	0.07	PVC	150.0	22.78	33.61	☐	0.000
724: RAMAL_0	3724: RAMAL_08_1	J-20	J-21	0.063	40.00	29.4	0.09	PVC	150.0	35.69	39.74	☐	0.000
737: RAMAL_0	3737: RAMAL_09_1	J-2	J-1	-0.014	153.00	29.4	0.02	PVC	150.0	18.86	18.41	☐	0.000
740: RAMAL_0	3740: RAMAL_10_1	J-4	J-3	-0.014	113.00	29.4	0.02	PVC	150.0	54.97	8.31	☐	0.000
728: RAMAL_0	3728: RAMAL_11_1	J-6	J-5	-0.019	60.00	29.4	0.03	PVC	150.0	36.99	16.98	☐	0.000
733: RAMAL_1	3733: RAMAL_12_1	J-21	J-14	0.025	51.00	29.4	0.04	PVC	150.0	39.74	37.38	☐	0.000
716: RAMAL_1	3716: RAMAL_13_1	J-15	J-14	-0.092	25.00	29.4	0.14	PVC	150.0	37.14	37.38	☐	0.000
722: RAMAL_1	3722: RAMAL_14_1	J-19	J-15	-0.005	37.00	29.4	0.01	PVC	150.0	40.41	37.14	☐	0.000
737: RAMAL_1	3737: RAMAL_15_1	J-11	J-16	0.086	68.00	29.4	0.13	PVC	150.0	14.95	33.61	☐	0.000
727: RAMAL_1	3727: RAMAL_16_1	J-14	J-13	-0.128	40.00	29.4	0.19	PVC	150.0	37.38	34.43	☐	0.000
739: RAMAL_1	3739: RAMAL_17_1	J-10	J-13	0.019	81.00	29.4	0.03	PVC	150.0	12.24	34.43	☐	0.000
734: RAMAL_1	3734: RAMAL_18_1	J-16	J-15	-0.027	51.00	29.4	0.04	PVC	150.0	33.61	37.14	☐	0.000

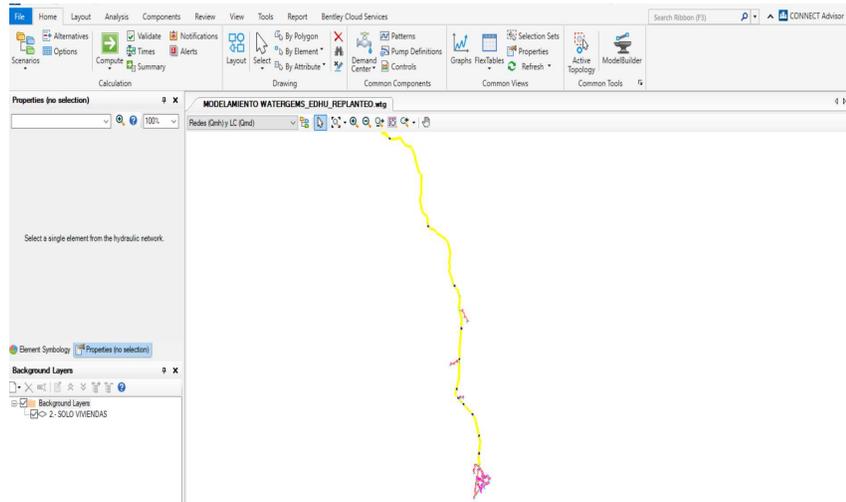
Nota. Elaboración propia (2023).

#### 4.4.2. Modelado en Epanet

Se exporta el modelado en Watergems al programa Epanet. Figura 44.

**Figura 44.**

*Exportación del modelado en Watergems a Epanet*

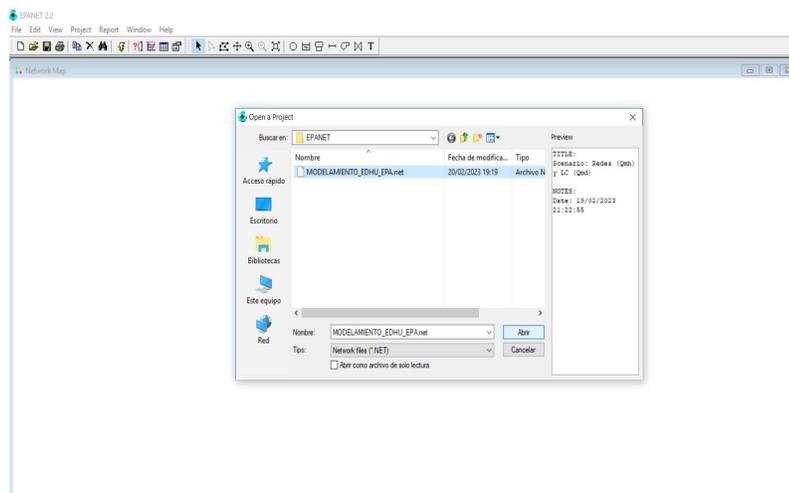


Nota. Elaboración propia (2023).

Luego se da clic a la opción "Open a Project" y luego se da clic en el archivo de "modelamiento". Figura 45.

**Figura 45.**

*Abrir documento en Epanet*

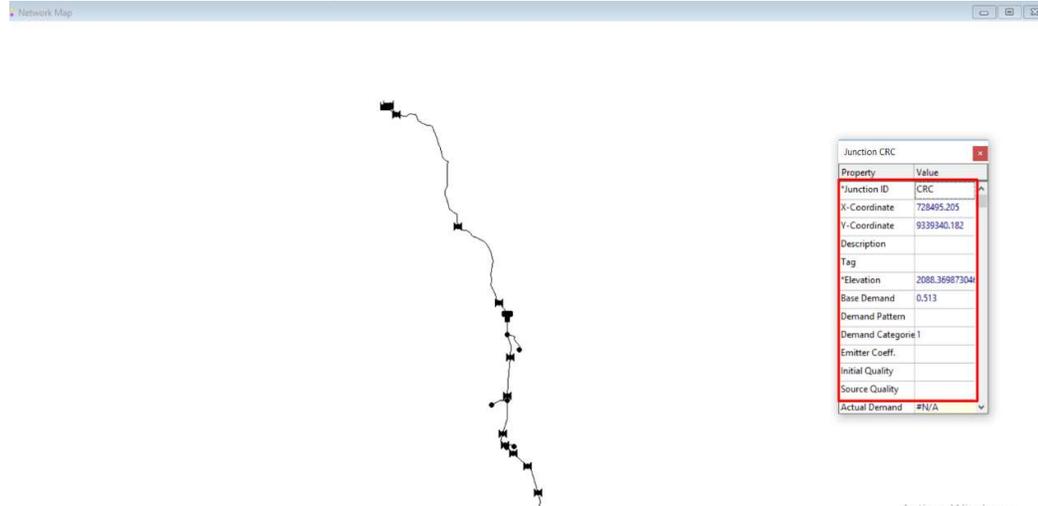


Nota. Elaboración propia (2023).

Seguido se ingresan los datos de cota, diámetro de tubería y propiedades de materiales de tubería y nodos. Como se aprecia en la figura 46.

**Figura 46.**

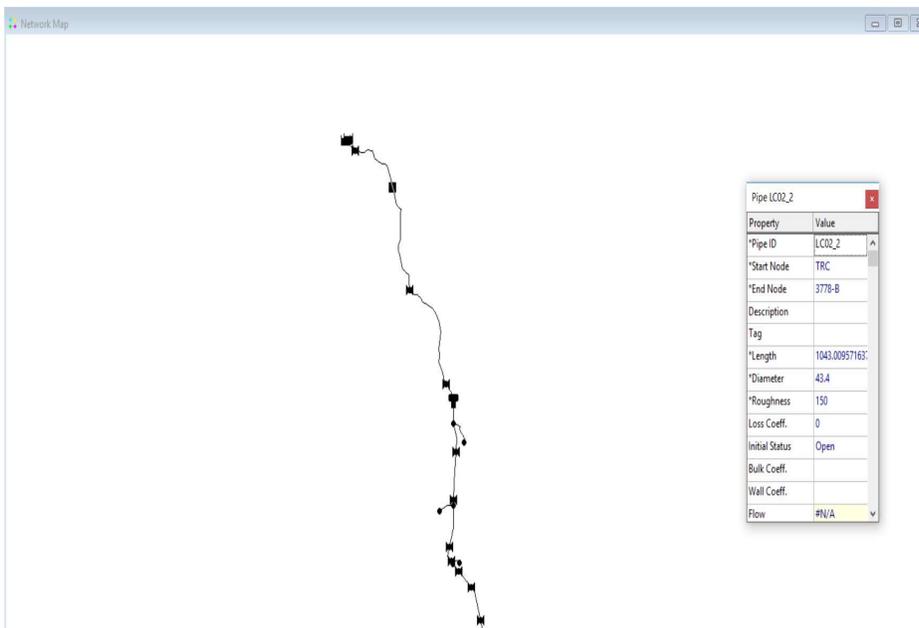
*Insertar coordenadas - Epanet*



Nota. Elaboración propia (2023).

**Figura 47.**

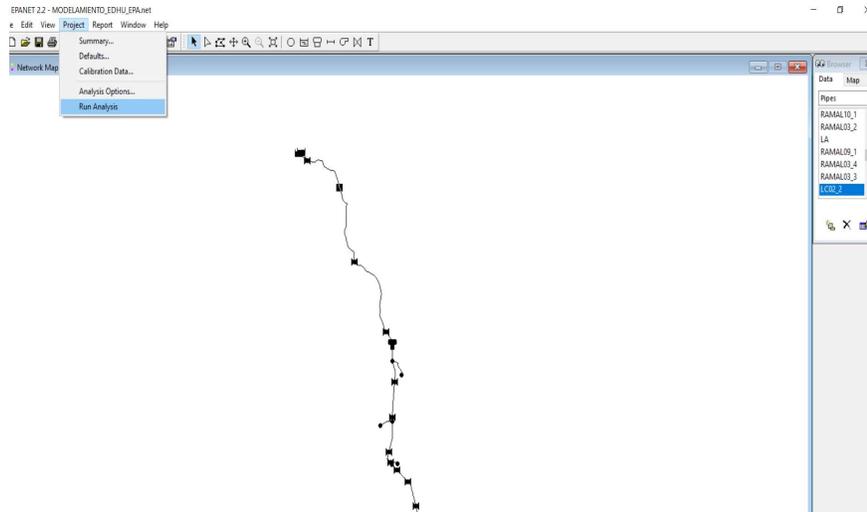
*Datos de tuberías y propiedades del material*



Nota. Elaboración propia (2023).

Luego se corren los datos del modelamiento. Como se aprecia en la figura 48.

**Figura 48.**  
*Simulación del modelado*

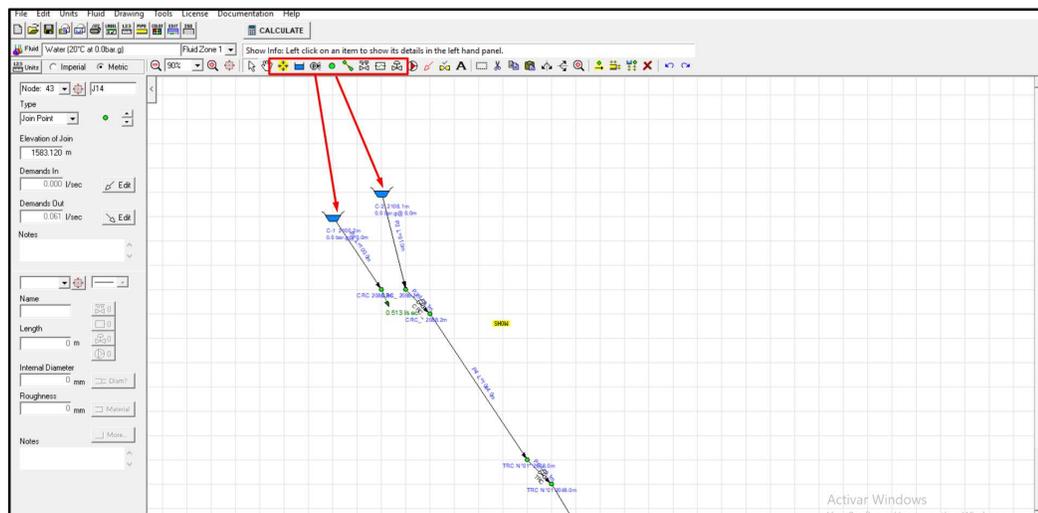


Nota. Elaboración propia (2023).

#### 4.4.3. Modelado en Pipeflow

1. Ingresar los símbolos que indican las estructuras del sistema de abastecimiento y las tuberías de este. Como se muestra en la figura 49.

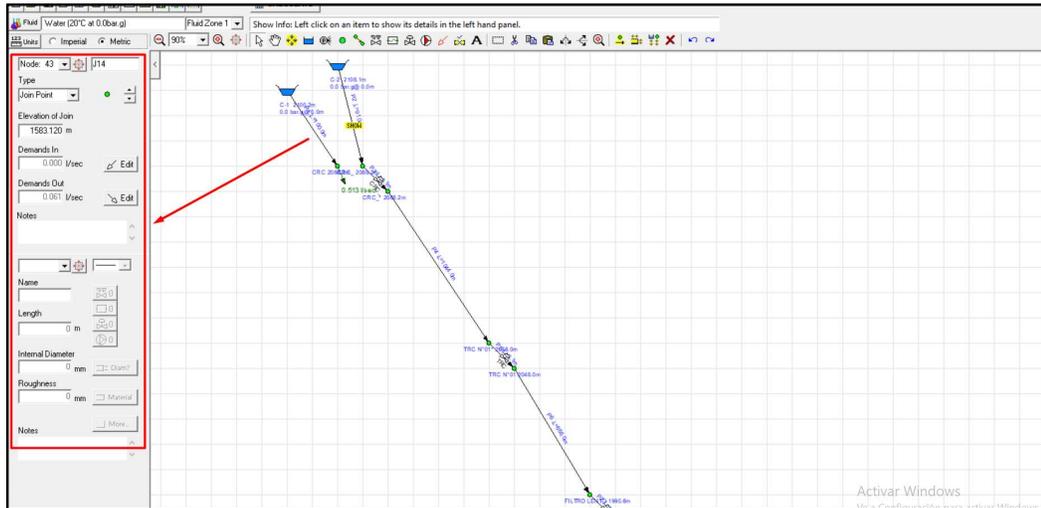
**Figura 49.**  
*Ingreso de símbolos*



Nota. Elaboración propia (2023).

- Manualmente se designan las propiedades de las estructuras y tuberías a considerar en el sistema de abastecimiento de agua potable. Como se muestra en la figura 50.

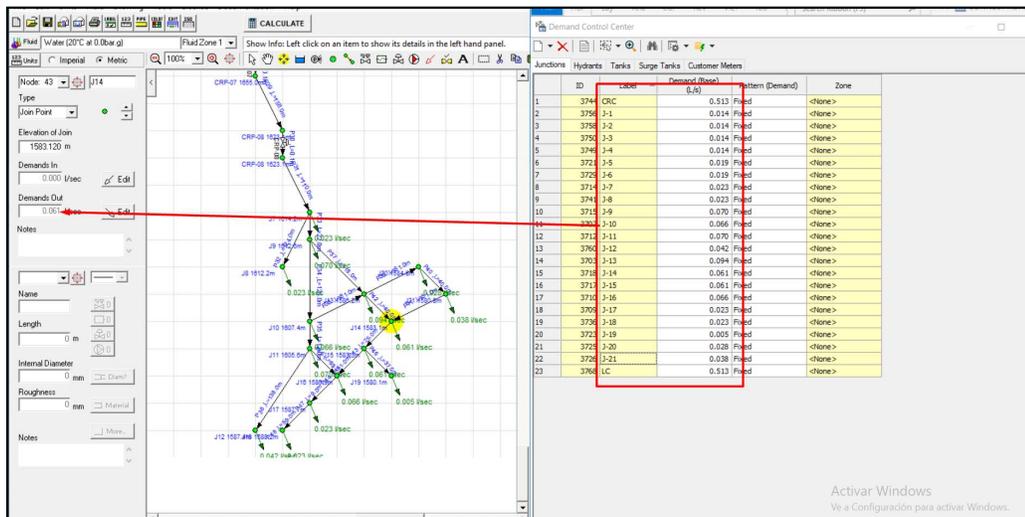
**Figura 50.**  
*Designación de propiedades*



Nota. Elaboración propia (2023).

- Se designa la demanda poblacional de agua potable en la figura 51.

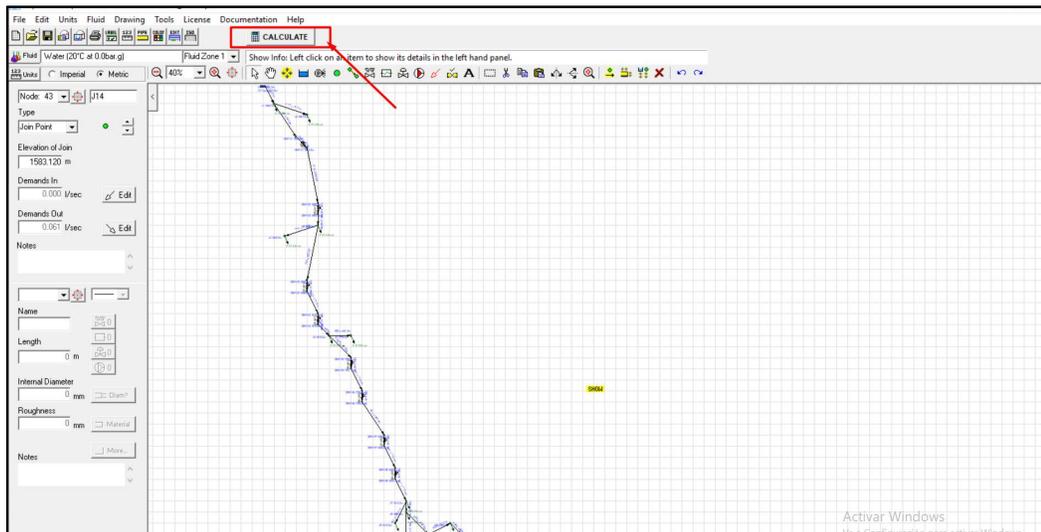
**Figura 51.**  
*Designación de demanda poblacional*



Nota. Elaboración propia (2023).

4. Presionar el botón Calculate y automáticamente se corre el modelamiento como se muestra en la figura 52.

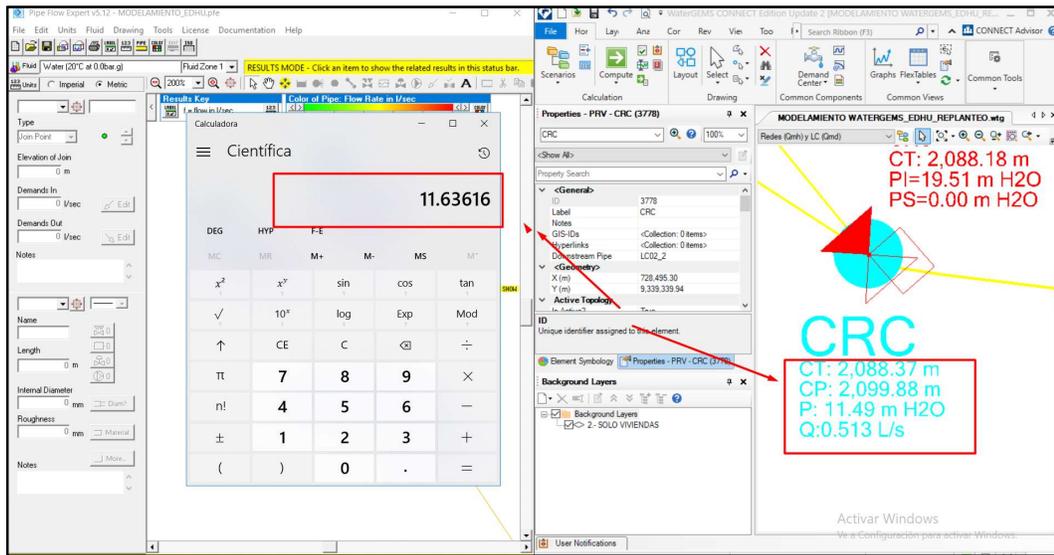
**Figura 52.**  
*Simulación del modelamiento*



Nota. Elaboración propia (2023).

Después de culminar el modelamiento, se realizó una comparación de resultados de los resultados obtenidos en los softwares Watergams- Pipeflow (Línea de Conducción C-1\_CRC). Como se muestra en la figura 53.

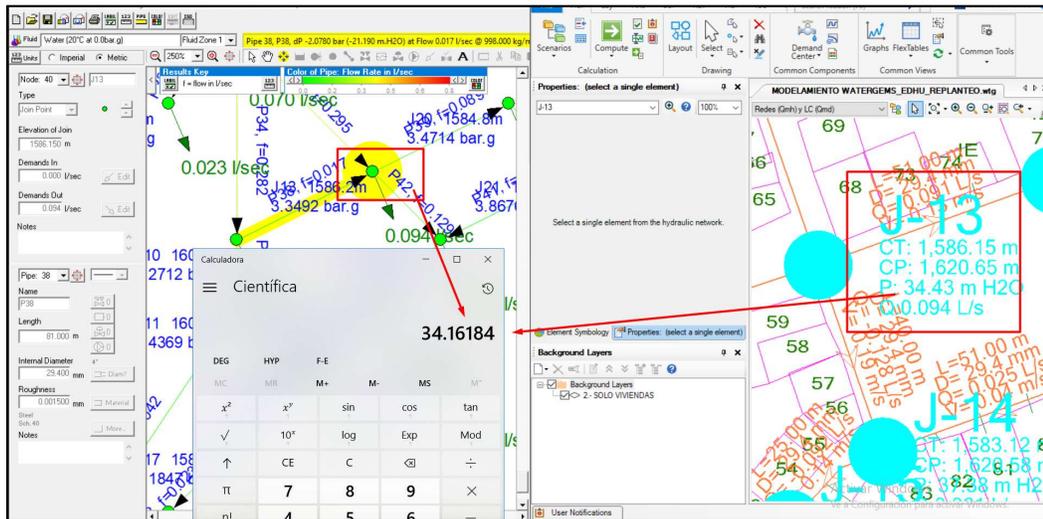
**Figura 53.**  
*Simulación del modelamiento*



Nota. Elaboración propia (2023).

Se realizó lo mismo con los resultados obtenidos en el modelamiento, pero con el Nudo J\_13 de la red de distribución. Como se muestra en la figura 54.

**Figura 54.**  
*Simulación del modelamiento*



Nota. Elaboración propia (2023).

5. Por último, se generan los resultados. Obteniendo los resultados que se muestran en las siguientes figuras.

**Figura 55.**  
*Resultados de nudos*

Pipe Flow Software - Project 1 - PF Expert Solution											27 Febrero, 2023
Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. bar.g	Press. at Node bar.g	HGL at Node m.H2O	Demand In l/sec	Demand Out l/sec	Total Flow In l/sec	Total Flow Out l/sec
37	Join Point	J10	1607.390	N/A	N/A	1.2712	1617.138	0.000	0.066	0.282	0.282
38	Join Point	J11	1605.640	N/A	N/A	1.4369	1617.081	0.000	0.070	0.199	0.199
39	Join Point	J12	1587.380	N/A	N/A	3.2208	1617.048	0.000	0.042	0.042	0.042
40	Join Point	J13	1586.150	N/A	N/A	3.3492	1617.130	0.000	0.094	0.312	0.312
41	Join Point	J20	1584.840	N/A	N/A	3.4714	1617.069	0.000	0.028	0.089	0.089
42	Join Point	J21	1580.770	N/A	N/A	3.8676	1617.047	0.000	0.038	0.061	0.061
43	Join Point	J14	1583.120	N/A	N/A	3.6369	1617.040	0.000	0.061	0.152	0.152
44	Join Point	J15	1583.340	N/A	N/A	3.6123	1617.009	0.000	0.061	0.091	0.091
45	Join Point	J16	1586.880	N/A	N/A	3.2652	1617.002	0.000	0.066	0.112	0.112
46	Join Point	J19	1580.070	N/A	N/A	3.9323	1617.008	0.000	0.005	0.005	0.005
47	Join Point	J17	1587.700	N/A	N/A	3.1847	1617.000	0.000	0.023	0.046	0.046
48	Join Point	J18	1588.180	N/A	N/A	3.1370	1616.992	0.000	0.023	0.023	0.023

Nota. Elaboración propia (2023).

**Figura 56.**  
*Resultados de secciones de tuberías*

Pipe Data											
Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter m	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow l/sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	P1	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	100.000	0.0000	0.5120	0.513	0.347	0.0000	1.1408
2	P2	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	91.000	0.0000	0.5120	0.513	0.347	0.0000	1.9096
3	P3	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	0.100	0.0000	0.5120	0.513	0.347	1.9096	0.0000
4	P4	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	1044.000	0.0000	0.5120	0.513	0.347	0.0000	3.5259
5	P5	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	0.100	0.0000	0.5120	0.513	0.347	3.5259	0.0000
6	P6	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	698.000	0.0000	0.5120	0.513	0.347	0.0000	5.3611
7	P7	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	0.100	0.0000	0.5120	0.513	0.347	5.3611	0.0000
8	P8	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	127.000	0.0000	0.7854	0.787	0.532	0.1184	1.9026
9	P9	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	156.000	0.0000	0.7575	0.759	0.513	1.9026	5.2916
10	P10	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	0.100	0.0000	0.7575	0.759	0.513	5.2916	0.0000
11	P11	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	151.000	0.0000	0.0140	0.014	0.009	1.9026	1.8592
12	P12	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	110.000	0.0000	0.5120	0.513	0.347	0.0000	0.9979
13	P13	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	264.000	0.0000	0.7575	0.759	0.513	0.0000	2.6896
14	P14	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	0.100	0.0000	0.7575	0.759	0.513	2.6896	0.0000
15	P15	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	32.000	0.0000	0.7575	0.759	0.513	0.0000	0.8123
16	P16	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	113.000	0.0000	0.0140	0.014	0.009	0.8123	5.3865
17	P17	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	233.000	0.0000	0.7295	0.731	0.494	0.8123	3.5645
18	P18	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	100.000	0.0000	0.7295	0.731	0.494	3.5645	0.0000
19	P19	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	94.000	0.0000	0.7295	0.731	0.494	0.0000	4.0176
20	P20	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	100.000	0.0000	0.7295	0.731	0.494	4.0176	0.0000
21	P21	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	19.000	0.0000	0.7295	0.731	0.494	0.0000	-0.0136
22	P22	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	60.000	0.0000	0.0190	0.019	0.013	-0.0136	3.6260
23	P23	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	61.000	0.0000	0.6916	0.693	0.468	-0.0136	1.6230
24	P24	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	0.100	0.0000	0.6916	0.693	0.468	1.6230	0.0000
25	P25	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	132.000	0.0000	0.6916	0.693	0.468	0.0000	5.2271
26	P26	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	0.100	0.0000	0.6916	0.693	0.468	5.2271	0.0000
27	P27	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	200.000	0.0000	0.6916	0.693	0.468	0.0000	4.9429
28	P28	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	0.100	0.0000	0.6916	0.693	0.468	4.9429	0.0000
29	P29	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	158.000	0.0000	0.6916	0.693	0.468	0.0000	3.0208
30	P30	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	0.100	0.0000	0.6916	0.693	0.468	3.0208	0.0000
31	P31	4" Steel Sch. 40	43.400	0.002	110.000	0.0000	0.6916	0.693	0.468	0.0000	0.8733
32	P32	4" Steel Sch. 40	29.400	0.002	124.000	0.0000	0.0230	0.023	0.034	0.7933	0.9875
33	P33	4" Steel Sch. 40	29.400	0.002	22.000	0.0000	0.6457	0.647	0.353	0.7933	0.8733
34	P34	4" Steel Sch. 40	29.400	0.002	126.000	0.0000	0.2819	0.282	0.416	0.8733	1.2712
35	P35	4" Steel Sch. 40	29.400	0.002	12.000	0.0000	0.1986	0.199	0.293	1.2712	1.4369

Nota. Elaboración propia (2023).

## CAPÍTULO V. RESULTADOS

### 5.1. Demanda Poblacional

La tasa de crecimiento se calcula una vez conocido los datos del censo nacional de población y vivienda, considerando los dos últimos censos y el tiempo de intervalo, se logró determinar la tasa de crecimiento de 0,56% según como se muestra en la tabla 37.

**Tabla 37**

*Tasa de Crecimiento*

---

Tc=	0,56%
-----	-------

---

Nota. Elaborado por los autores (2023).

De acuerdo con el empadronamiento realizado en la localidad se calcula la densidad de población de 3,38 hab./viv. según se muestra en la tabla 38.

**Tabla 38**

Cálculo de Densidad Poblacional

---

Densidad	n° de habitantes / n° de viviendas
Densidad	3,38 hab/viv

---

Nota. Elaborado por los autores (2023).

De acuerdo con los resultados obtenidos y las consideraciones anteriores, se estima que la población de la localidad Cedro del Pasto en el año 2042 será de 316 habitantes, con un total de 93 viviendas con una tasa de crecimiento positiva del 0,56%. Como se muestra en la tabla 39.

**Tabla 39**

Cuadro de Población Futura de Cedro del Pasto

Años	Proyección Poblacional	Proyección de Viviendas
1	284	84
2	286	84
3	287	85
4	289	85
5	290	86
6	292	86
7	294	87
8	295	87
9	297	88
10	299	88
11	300	89
12	302	89
13	304	90
14	305	90
15	307	91
16	309	91
17	311	92
18	312	92
19	314	93
20	316	93

Nota. Cuadro de la población futura. Fuente: Elaborado por los autores (2023).

## 5.2. Diseño Geométrico del sistema de agua potable

### 5.2.1. Captación:

La captación para el diseño de abastecimiento tuvo como dimensiones 0,70m de ancho, 0,70m de largo y 1,00m de profundidad. Así mismo la distancia entre el punto de aforamiento y la cámara húmeda es de 1,25m. La cámara de captación tendrá dos orificios de entrada para la circulación del caudal de la fuente de abastecimiento teniendo un espesor de 1 ½" pulgadas. Según los cálculos la tubería de rebose y de ventilación tendrán de diámetro de 2" pulgadas, según se muestra en la tabla 40.

**Tabla 40***Dimensiones de la Captación*

	Largo	Ancho	Alto	Distancia	N° Orificios	Diámetro Tub. Rebose	Diámetro Tub. Ventilación
Captación	0,70 m	0,70 m	1,00 m	1,25 m	2,00	2 pulg.	2 pulg.

Nota. En la tabla podemos visualizar las características de la captación.

Fuente: los autores (2023).

**5.2.2. Sedimentador**

Las dimensiones halladas en gabinete para el sedimentador proyectado corresponden a una altura de 0,55m, un largo de 0,50m, un ancho de transición de 0,60 m (cabe resaltar que la longitud de transición fue de 0,70 m) y un volumen de 25 lts/día. Según se muestra la tabla 41.

**Tabla 41***Descripciones del Sedimentador*

<b>Sedimentador</b>	
Q. Diseño:	0,32 lts/seg
Altura:	0,80 m
Largo:	6,20 m
Ancho transición:	0,60 m
Transición:	0,70 m

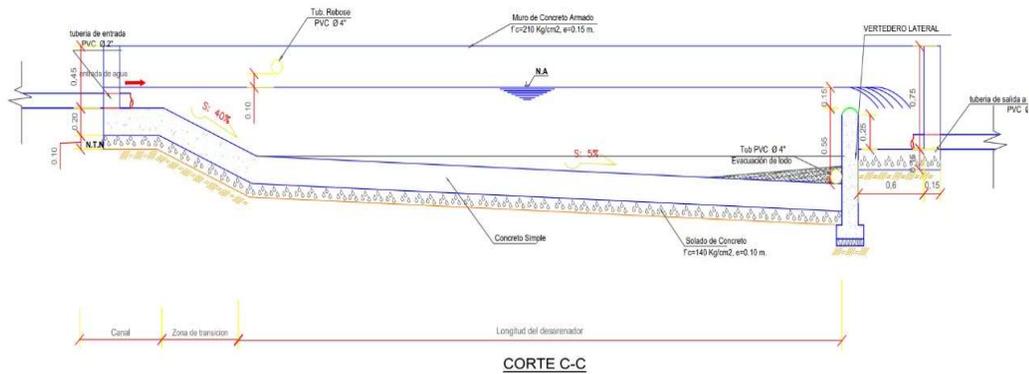
Nota. En la tabla podemos visualizar las características del sedimentador.

Fuente: los autores (2023).

Una vez dimensionado el sedimentador se conocen las dos pendientes existentes entre el canal de entrada y cámara de limpia, la primera pendiente ( $s_1$ ) es de 40,00% que viene desde el canal de entrada hasta el fin de la longitud de transición (0,70 m), generando un desnivel  $h_1$  de 0,25m, al finalizar la longitud de transición se produce un cambio de pendiente ( $s_2$ ) equivalente

de 5% que llega hasta la cámara de limpia con un desnivel de 0,30 m desde el h1. En la figura 57.

**Figura 57**  
**Sedimentador**



Nota. En la figura podemos visualizar el diseño del sedimentador. Fuente: los autores (2023).

A continuación, se presenta como se ha diseñado el sedimentador.

En donde primero se selecciona el diámetro de la partícula en donde  $D=0,22\text{cm}$  (porque partículas menores a 2 mm pasan el tamiz n°200 y generalmente son arcillas).

Luego se determina la velocidad de flujo crítico mediante la siguiente ecuación.

$$V = 44\sqrt{d} \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

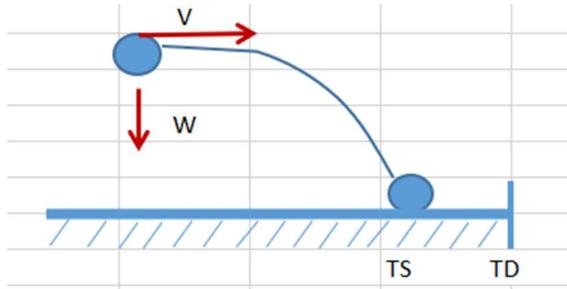
$$V = 44\sqrt{0,22} \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

$$V = 20,64 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

$$V = 0,21 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

Donde  $V$  es la velocidad y  $d$  es el diámetro, por lo que es recomendable que la velocidad se encuentre entre 0,2 y 0,6 m/s. Como se muestra en la figura 58.

**Figura 58.**  
*Velocidad*



Nota. Elaboración propia (2023).

Luego de ello se determina la velocidad de caída de la partícula, en donde se halla el "W" según la tabla para:  $d=0,22\text{cm}$ . Estos valores fueron calculados por ARKHANGELSKI.

**Tabla 42.**  
*Velocidad de Caída*

$d(\text{cm})$	$W(\text{cm/seg})$
0,40	4,32
0,35	3,78
0,30	3,24
0,25	2,70
0,20	2,16
0,15	1,56
0,10	0,96
0,05	0,18

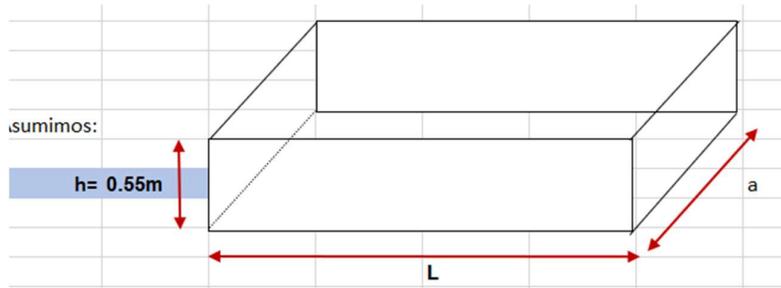
Nota: En elaboración propia (2023)

$$W=2,70 \text{ cm/seg}$$

$$W= 0,027 \text{ m/seg}$$

Seguido se determina la longitud del tanque en donde se considera la profundidad de =0,55m, teniendo en cuenta un caudal pequeño de la captación. Como se muestra en la figura 59 y 60.

**Figura 59.**  
*Longitud de tanque*



Nota. Elaboración propia (2023).

Encontramos la longitud "L":

$$L = K \frac{V \cdot h}{W} \quad ; \quad K = \langle 1,2 - 1,5 \rangle$$

**Tabla 43.**  
*Velocidad de escurrimiento*

Velocidad de escurrimiento	K
0,2	1,25
0,3	1,5
0,5	2

Nota. Elaboración propia (2023).

$$V=0,21 \text{ m/seg}$$

$$K=1,28 \text{ (Interpolando de la tabla)}$$

$$L = 1,28 \frac{0,21 \cdot 0,55}{0,027}$$

$$L = 1,28 \frac{0,12}{0,027}$$

$$L = 1,28 \cdot 4,44$$

$$L = 5,47m$$

L= 5,50m para fines del proyecto.

También se determina el ancho del tanque en donde para hallar B se hace uso de la siguiente formula.

$$B = \frac{Q}{h \cdot V}$$

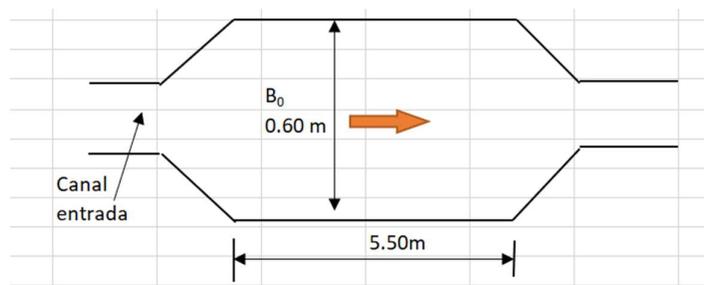
Dónde: Q=0,00032 m<sup>3</sup>/seg, h=0,55m y V=0,21 m/seg

$$B = \frac{0,00032}{0,55 \cdot 0,21}$$

$$B = 0,0027m$$

Entonces adoptamos B=0,60 m

**Figura 60.**  
Ancho del tanque



Nota. Elaboración propia (2023).

Asimismo, se determina el diseño de transición en donde el ángulo HIND es recomendable que sea 12,05°. Como se muestra en la figura 61.

B=0,60m

$$b=0,30\text{m}$$

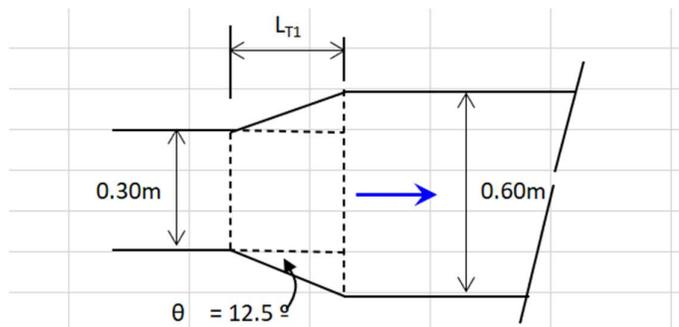
$$L_{T1} = \frac{B - b}{2 \cdot \text{Tan}\phi}$$

Longitud de transición:

$$L_{T1} = \frac{0,60 - 0,30}{2 \cdot \text{Tan}(12,5)}$$

$$L_{T1} = 0,70\text{m}$$

**Figura 61.**  
*Diseño de transición*



Nota. Elaboración propia (2023).

Después se determinan las alturas y pendientes. En donde se halla el volumen del sedimentador. Como se muestra en la figura 62.

$$\text{Vol} = Q \cdot C$$

$$\text{Vol} = 0,00032 \cdot 1,60$$

$$\text{Vol} = 0,000512 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

$$\text{Vol} = 44,2368 \frac{\text{kg}}{\text{dia}}$$

El peso específico de la arena es: 1 800 kg/m<sup>3</sup>

Vol= 0,024576 m<sup>3</sup> (en 1 día)

Luego se determina la altura del sedimentador.

$$\frac{(h_1 + h_2)}{2} \cdot L_T \cdot Vol$$

Donde:

$$h_1 = 0,25m$$

$$L_t = 5,50m$$

$$h_{2t} = 0,55m$$

Entonces:  $h' = h_2 - h_1$

$$h' = 0,55 - 0,25$$

$$h' = 0,30m$$

Y también la pendiente del sedimentador.

T=15 días

Pendiente S1%:

$$S_1\% = \frac{100 \cdot h_1}{L_{T1}}$$

$$S_1\% = \frac{100 \cdot 0,25}{0,70}$$

$$S_1\% = 40\%$$

Pendiente S2%:

$$S_2\% = \frac{100 \cdot h'}{L_T}$$

$$S_2\% = \frac{100 \cdot 0,30}{5,50}$$

$S_2\% = 5\% \geq 5\%$  (Cumple)

**Figura 62.**  
 Alturas y pendientes



Nota. Elaboración propia (2023).

Se determina la compuerta limpia en donde el caudal máximo de salida se calculará como un orificio. Como se muestra en la figura 63.

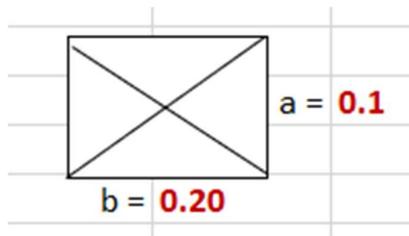
Donde:

$$Cd = 0,6$$

$$a = 0,1$$

$$b = 0,20$$

**Figura 63.**  
 Dimensiones de la compuerta



Nota. Elaboración propia (2023).

$$Q_s = a * b * Cd * (2gH_{total})^{1/2}$$

$$Q_s = 0,1 * 0,2 * 0,6 * (2 * 9,81 * (0,55 + 0,15))^{1/2}$$

$$Q_s = 0,012 * (13,73^2)$$

$$Q_s = 0,04m^3/seg$$

Y finalmente se calcula la tubería limpia

Donde:  $Q = V * A$

Calculando la velocidad de descarga para los siguientes datos:

$$Q_s = 0,04m^3/seg$$

$$D = 4 \text{ pulg.}$$

$$V = 4,5 \text{ m/seg}$$

### 5.2.3. Línea de conducción:

Una vez trabajados en gabinete los datos obtenidos en la visita a campo y realizado el diseño para la línea de conducción se determinó que el diámetro óptimo a usar debe de ser de 1 ½". La línea de conducción se dirige desde la captación hasta el reservorio, considerándose una longitud total del tramo de 2 009,42 m de tubería PVC -C10. En la tabla 44 podemos observar la descripción de la línea de conducción.

**Tabla 44**

*Descripciones de la Línea de Conducción*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Piez. (m)	Presión (mca)
Captación	0,00	2107,99			0	0	0,00	0
Sedimentador	50,00	2102,99	1,5	0,00674	0,34	0,34	2107,65	4,66
Cámara de reunión 1	43,11	2087,00	1,5	0,00674	0,29	0,63	2102,36	15,36
CRP 6	1040,00	2047,91	1,5	0,00674	7,01	7,63	2079,37	31,46
Reservorio	777,00	1980,00	1,5	0,00674	5,23	12,87	2035,04	55,04

Nota. En la tabla podemos visualizar las características de la línea de conducción. Fuente: los autores (2023).

### 5.2.4. Reservorio:

De acuerdo con el caudal obtenido y el diseño de reservorio trabajado, se considera un volumen óptimo de 10 m<sup>3</sup> para este centro poblado, así mismo se consideró un volumen de 2 m<sup>3</sup> adicional debido a que en tiempo de estiaje disminuye un 20%. Lo podemos visualizar en la tabla 45.

**Tabla 45***Dimensiones del Reservorio*

	Diámetro	Altura Total	Altura Efectiva	Diámetro	
				Tub. Ingreso	Tub. Salida
Reservorio	3,80 m.	2,20 m	0,90 m	1,50 pulg	1,50 pulg

Nota. En la tabla podemos visualizar las características del reservorio. Fuente: los autores (2023).

### **5.2.5. Línea de Aducción:**

Según el diseño de la línea de aducción se debe considerar un diámetro de 1 ½" en todos sus tramos existentes entre estructuras, las cuales son consideradas para llevar un flujo continuo y no afectar las características de la tubería debido a la diferencia de cotas que presentan. La línea de aducción tiene como longitud total 1 553,77 m. En la tabla 46 podemos observar las dimensiones de la línea de aducción.

**Tabla 46***Dimensiones de la Línea de Aducción*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Pies. (m)	Presión (mca)
RESERVORIO	0,00	1 980,00			0	0	0.00	0
PC1	126,50	1 960,00	1,5	0,01495	1,89	1,89	1 978,11	18,11
CRP7 1	318,19	1 905,55	1,5	0,01495	4,76	4,76	1 955,24	49,69
PC 2	116,02	1 903,44	1,5	0,01495	1,73	1,73	1 903,82	0,38
CRP7 2	310,32	1 825,55	1,5	0,01495	4,64	4,64	1 898,80	73,25
PC 3	28,25	1 824,69	1,5	0,01495	0,42	0,42	1 825,13	0,44
CRP7 3	108,60	1 740,55	1,5	0,01495	1,62	1,62	1 823,07	82,52
CRP7 4	284,99	1 655,55	1,5	0,01495	4,26	4,26	1 736,29	80,74
CRP7 5	220,65	1 590,55	1,5	0,01495	3,30	3,30	1 652,25	61,70
PC4- FIN DE TRAMO	40,25	1 570,34	1,5	0,01495	0,60	0,60	1 589,95	19,61

Nota. En la tabla podemos visualizar las características de la línea de aducción. Fuente: los autores (2023).

**5.2.6. Redes de distribución:**

El diámetro correspondiente a la red de distribución de longitud 1 168.06m según el diseño realizado será de 1" para que pueda existir un flujo constante de agua y con una presión adecuada, cada beneficiario del proyecto de investigación tendrá acceso

a esta red con una conexión domiciliaria el cual tendrá un diámetro de ¾" pulgada. En las tablas 47,48, 49 y 50 podemos observar las dimensiones de la red de distribución.

**Tabla 47**

*Red de Distribución Tramo 1 Caserío Agua Blanca*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Pies. (m)	Presión (mca)
PC1	0,00	1 979,08			0	0	0,00	18,11
FIN DE TRAMO 1	134,37	1 961,88	1	0,01093	1,47	1,47	1 977,61	15,73

Nota. La tabla indica los valores de la red de distribución en el primer tramo en Agua Blanca. Fuente: los autores (2023).

**Tabla 48**

*Red de Distribución Tramo 2 Caserío Agua Blanca*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Pies. (m)	Presión (mca)
PC 2	0,00	1 903,44			0	0	0,00	0,38
FIN DE TRAMO 2	106,73	1 840,00	1	0,01093	1,17	1,17	1 902,27	62,27

Nota. La tabla indica los valores de la red de distribución en el segundo tramo en Agua Blanca. Fuente: los autores (2023).

**Tabla 49***Red de Distribución Tramo 3 Caserío Agua Blanca*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Piez. (m)	Presión (mca)
PC 3	0,00	1 824,69			0	0	0.00	0,44
FIN DE TRAMO 3	52,01	1 778,00	1	0,01093	0,57	0,57	1 824,12	46,12

Nota. La tabla indica los valores de la red de distribución en el tercer tramo en Agua Blanca. Fuente: los autores (2023).

**Tabla 50***Dimensiones de la Red de Distribución Localidad Cedro del pasto*

Tramo	Longitud (m)	Cota (msnm)	Diámetro (Pulg)	Sf	hf (m)	hf acum. (m)	Cota Piez. (m)	Presión (mca)
PC4- Fin tramo de aducción	0,00	1 570,34			0	0	0,00	19,61
PA	118,96	1 568,22	1	0,06382	7,59	7,59	1 562,75	14,14

PC	282,79	1 549,88	1	0,06382	18,05	18,05	1 550,17	19,90
PD	123,63	1 552,54	1	0,06382	7,89	7,89	1 541,99	9,06
PE	77,49	1 552,11	1	0,06382	4,95	4,95	1 547,59	4,54
PF	47,17	1 552,68	1	0,06382	3,01	3,01	1 549,10	5,48
PH	36,34	1 551,52	1	0,06382	2,32	2,32	1 550,36	7,90
PG	36,34	1 551,71	1	0,06382	2,32	2,32	1 549,20	2,97
PI	36,00	1 551,48	1	0,06382	2,30	2,30	1 549,41	5,83
PJ	33,55	1 551,29	1	0,06382	2,14	2,14	1 549,34	3,88

Nota. En la tabla podemos visualizar las características de la red de distribución. Fuente: los autores (2023).

### 5.3. Diseño Hidráulico óptimo

#### 5.3.1. Modelamiento el Pipeflow

Para el modelado en el programa Pipeflow se obtuvieron resultados de grado hidráulico, presión y caudal para cada uno de los nodos siendo un total de 21 nodos los cuales se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 51.**

*Resultados del modelado en Pipeflow*

Etiqueta	Pipeflow			
	Caudal	Grad. Hidr	Pres (Mh2o)	Pres (Bar.G)
J-1	0,014	1 976,189	19,40652	1,9026
J-2	0,014	1 976,187	18,96384	1,8592
J-3	0,014	1 891,269	8,28546	0,8123
J-4	0,014	1 891,267	54,9627	5,3885
J-5	0,019	1 811,421	16,32	1,6
J-6	0,019	1 811,419	36,9852	3,626
J-7	0,023	1 619,081	8,09166	0,7933
J-8	0,023	1 619,065	10,0725	0,9875
J-9	0,07	1 618,25	8,90766	0,8733
J-10	0,066	1 617,138	12,96624	1,2712
J-11	0,07	1 617,081	14,65638	1,4369
J-12	0,042	1 617,048	32,85216	3,2208
J-13	0,094	1 617,13	34,16184	3,3492
J-14	0,061	1 617,04	37,09638	3,6369
J-15	0,061	1 617,009	36,84546	3,6123
J-16	0,066	1 617,002	33,30504	3,2652
J-17	0,023	1 617	32,48394	3,1847
J-18	0,023	1 616,992	31,9974	3,137
J-19	0,005	1 617,008	40,10946	3,9323
J-20	0,028	1 617,069	35,40828	3,4714
J-21	0,038	1 617,047	39,44952	3,8676

Nota. Elaboración propia (2023).

En donde el caudal más alto se puede encontrar en el nodo J-16 con un 0.066 l /s, un grado hidráulico mayor en el nodo J-1 y J-2, también una presión mayor en el punto J-14 con 3,93 bar.g.

### 5.3.2. Modelamiento el Epanet

Para el modelado en el programa Epanet se obtuvieron resultados de grado hidráulico, presión y caudal para cada uno de los nodos siendo un total de 21 nodos. Como se puede observar en la tabla 52.

**Tabla 52.**

*Resultados del modelado en el Epanet*

Etiqueta	Caudal	Grado Hidráulico	Presión
J-1	0,014	1 979,6	18,86
J-2	0,014	1 979,6	18,41
J-3	0,014	1 895,09	8,31
J-4	0,014	1 895,08	54,97
J-5	0,019	1 815,07	16,98
J-6	0,019	1 815,07	36,99
J-7	0,023	1 622,39	8,15
J-8	0,023	1 622,38	10,14
J-9	0,07	1 621,62	9,04
J-10	0,066	1 620,66	13,24
J-11	0,07	1 620,61	14,95
J-12	0,042	1 620,58	33,13
J-13	0,094	1 620,65	34,43
J-14	0,061	1 620,58	37,38
J-15	0,061	1 620,56	37,14
J-16	0,066	1 620,55	33,61
J-17	0,023	1 620,55	32,78
J-18	0,023	1 620,55	32,3
J-19	0,005	1 620,56	40,41
J-20	0,028	1 620,61	35,69
J-21	0,038	1 620,59	39,74

Nota. Elaboración propia (2023).

En donde el caudal más alto se puede encontrar en el nodo J-16 con un 0.066 l/s, un grado hidráulico mayor en el nodo J-1 y J-2.

### 5.3.3. Modelamiento el Watergems

Para el modelado en el programa Epanet se obtuvieron resultados de grado hidráulico, presión y caudal para cada uno de los nodos siendo un total de 21 nodos. Como se puede observar en la tabla 53.

**Tabla 53.**

*Resultados del modelado Watergems*

Etiqueta	Caudal	Grad. Hidr	Presión
J-1	0,014	1 979,6	18,86
J-2	0,014	1 979,6	18,41
J-3	0,014	1 895,09	8,31
J-4	0,014	1 895,08	54,97
J-5	0,019	1 815,07	16,98
J-6	0,019	1 815,07	36,99
J-7	0,023	1 622,39	8,15
J-8	0,023	1 622,38	10,14
J-9	0,07	1 621,62	9,04
J-10	0,066	1 620,66	13,24
J-11	0,07	1 620,61	14,95
J-12	0,042	1 620,58	33,13
J-13	0,094	1 620,65	34,43
J-14	0,061	1 620,58	37,38
J-15	0,061	1 620,56	37,14
J-16	0,066	1 620,55	33,61
J-17	0,023	1 620,55	32,78
J-18	0,023	1 620,55	32,3
J-19	0,005	1 620,56	40,41
J-20	0,028	1 620,61	35,69
J-21	0,038	1 620,59	39,74

Nota. Elaboración propia (2023).

En donde el caudal más alto se puede encontrar en el nodo J-16 con un 0,066 l/s, un grado hidráulico mayor en el nodo J-1 y J-2.

### 5.3.4. Comparación de los tres modelados Watergems, Epanet y Pipeflow.

Los caudales, la cantidad de nodos, la gradiente hidráulica, velocidad y los metros lineales de tubería presentan los mismos resultados en los softwares Watergems, Pipeflow y Epanet. Como se muestra en la siguiente tabla y figura.

**Tabla 54.**

*Comparación de los resultados obtenidos de los programas computacionales*

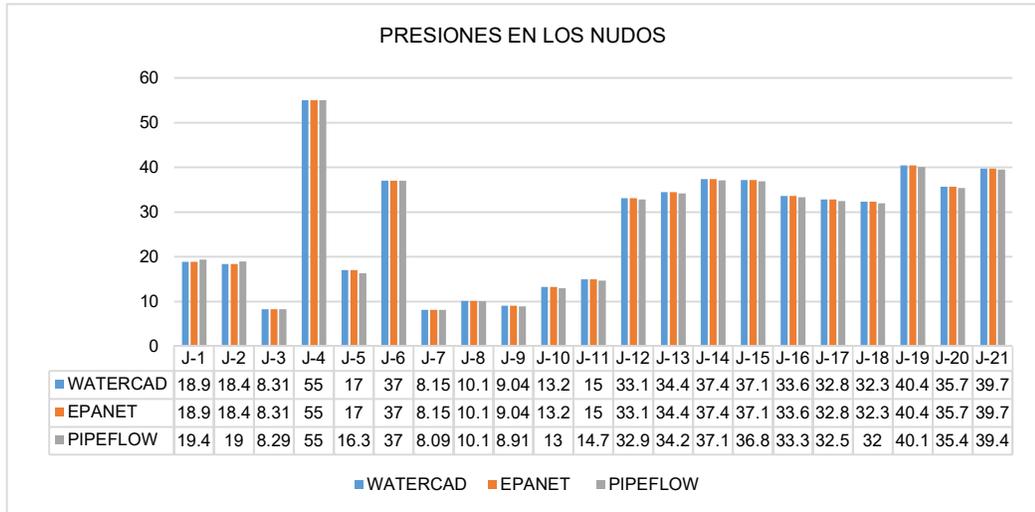
ETIQUETA	WATERGEMS			EPANET			PIPEFLOW			
	Caudal	Grad. Hidr	Presión	Caudal	Grad. Hidr	Presión	Caudal	Grad. Hidr	Pres (Mh2o)	Pres (Bar.G)
J-1	0,014	1 979,6	18,86	0,014	1 979,6	18,86	0,014	1 976,189	19,40652	1,9026
J-2	0,014	1 979,6	18,41	0,014	1 979,6	18,41	0,014	1 976,187	18,96384	1,8592
J-3	0,014	1 895,09	8,31	0,014	1 895,09	8,31	0,014	1 891,269	8,28546	0,8123
J-4	0,014	1 895,08	54,97	0,014	1 895,08	54,97	0,014	1 891,267	54,9627	5,3885
J-5	0,019	1 815,07	16,98	0,019	1 815,07	16,98	0,019	1 811,421	16,32	1,6
J-6	0,019	1 815,07	36,99	0,019	1 815,07	36,99	0,019	1 811,419	36,9852	3,626
J-7	0,023	1 622,39	8,15	0,023	1 622,39	8,15	0,023	1 619,081	8,09166	0,7933
J-8	0,023	1 622,38	10,14	0,023	1 622,38	10,14	0,023	1 619,065	10,0725	0,9875
J-9	0,07	1 621,62	9,04	0,07	1 621,62	9,04	0,07	1 618,25	8,90766	0,8733
J-10	0,066	1 620,66	13,24	0,066	1 620,66	13,24	0,066	1 617,138	12,96624	1,2712
J-11	0,07	1 620,61	14,95	0,07	1 620,61	14,95	0,07	1 617,081	14,65638	1,4369
J-12	0,042	1 620,58	33,13	0,042	1 620,58	33,13	0,042	1 617,048	32,85216	3,2208
J-13	0,094	1 620,65	34,43	0,094	1 620,65	34,43	0,094	1 617,13	34,16184	3,3492
J-14	0,061	1 620,58	37,38	0,061	1 620,58	37,38	0,061	1 617,04	37,09638	3,6369
J-15	0,061	1 620,56	37,14	0,061	1 620,56	37,14	0,061	1 617,009	36,84546	3,6123
J-16	0,066	1 620,55	33,61	0,066	1 620,55	33,61	0,066	1 617,002	33,30504	3,2652
J-17	0,023	1 620,55	32,78	0,023	1 620,55	32,78	0,023	1 617	32,48394	3,1847
J-18	0,023	1 620,55	32,3	0,023	1 620,55	32,3	0,023	1 616,992	31,9974	3,137
J-19	0,005	1 620,56	40,41	0,005	1 620,56	40,41	0,005	1 617,008	40,10946	3,9323
J-20	0,028	1 620,61	35,69	0,028	1 620,61	35,69	0,028	1 617,069	35,40828	3,4714
J-21	0,038	1 620,59	39,74	0,038	1 620,59	39,74	0,038	1 617,047	39,44952	3,8676

Nota. Elaboración propia (2023).

Por otro lado, en las tuberías se tuvieron un total de 4 975 ml de tuberías, un caudal máximo de 0,789 l/m y una velocidad máxima de 0,95 m/s, siendo los mismos resultados obtenidos de los tres softwares computacionales como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 64**

*Comparación de los resultados obtenidos en las presiones – programas computacionales*



Nota. Elaboración propia (2023).

**Tabla 55.***Comparación de los resultados obtenidos de los programas computacionales*

<b>Inicio</b>	<b>Fin</b>	<b>Caudal</b>	<b>Longitud</b>	<b>Velocidad</b>
R-1	J-1	0,789	127	0,53
C-1	CRC	0,513	100	0,35
CRC	C-2	0,513	91	0,35
TRC N°01	CRC	0,513	1 044,00	0,35
TRC N°01	FILTRO LENTO	0,51	668	0,35
FILTRO LENTO	LC	0,513	110	0,35
J-1	CRP-T7 N°01	0,761	156	0,51
CRP-T7 N°07	CRP-T7 N°08	0,695	158	0,47
CRP-T7 N°08	J-7	0,695	110	0,47
J-3	CRP-T7 N°03	0,733	233	0,5
J-5	CRP-T7 N°05	0,695	61	0,47
CRP-T7 N°01	CRP-T7 N°02	0,761	264	0,51
CRP-T7 N°02	J-3	0,761	32	0,51
CRP-T7 N°03	CRP-T7 N°04	0,733	94	0,5
CRP-T7 N°04	J-5	0,733	19	0,5
CRP-T7 N°05	CRP-T7 N°06	0,695	132	0,47
CRP-T7 N°06	CRP-T7 N°07	0,695	200	0,47
J-8	J-7	0,023	124	0,03
J-7	J-9	0,648	22	0,95
J-10	J-9	0,283	126	0,42
J-11	J-10	0,199	12	0,29
J-12	J-11	0,042	138	0,06
J-9	J-13	0,294	118	0,43

J-13	J-20	0,091	51	0,13
J-18	J-17	0,023	59	0,03
J-17	J-16	0,047	9	0,07
J-20	J-21	0,063	40	0,09
J-2	J-1	0,014	151	0,02
J-4	J-3	0,014	113	0,02
J-6	J-5	0,019	60	0,03
J-21	J-14	0,025	51	0,04
J-15	J-14	0,092	25	0,14
J-19	J-15	0,005	37	0,01
J-11	J-16	0,086	68	0,13
J-14	J-13	0,128	40	0,19
J-10	J-13	0,019	81	0,03
J-16	J-15	0,027	51	0,04

---

Nota. Elaboración propia (2023).

## CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contratación de hipótesis

Se contrastaron las hipótesis obtenidas en gabinete para el diseño del sistema de abastecimiento por gravedad planteado en nuestro trabajo de investigación los cuales se verán detallados a continuación.

#### 6.1.1. Contratación de hipótesis general

**HG:** La propuesta de implementación de softwares computacionales mejora el diseño del sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

La hipótesis general planteada es válida porque al implementar softwares computacionales se logra un adecuado diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, permitiendo cubrir la demanda de agua del Centro Poblado Cedro de Pasto. Como se muestra en la tabla 56.

**Tabla 56**

*Contratación de Hipótesis General*

<b>Hipótesis General</b>	<b>Resultados Obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
La propuesta de implementación de softwares computacionales mejora el diseño del sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, Cajamarca.	Se logro obtener la mejor presión del agua para poder alcanzar una mejor distribución de ésta.	La hipótesis general planteada es verdadera porque al implementar softwares computacionales se logra un adecuado diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, permitiendo cubrir la demanda de agua del

Nota. Elaborado por los autores (2023).

### 6.1.2. Contrastación de hipótesis específicas

**H1:** La demanda poblacional del sistema de agua potable satisface a 284 personas en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, Cajamarca.

La hipótesis específica 1 es válida ya que con el diseño del sistema de agua potable se satisface la demanda de agua en su periodo de vida útil durante 20 años en el centro poblado Cedro del Pasto. Como se muestra en la tabla 57.

**Tabla 57**

*Contrastación de Hipótesis Específica 1*

<b>Hipótesis Específica</b>	<b>Resultados</b>	<b>Observaciones</b>
<b>1</b>	<b>Obtenidos</b>	
La demanda poblacional del sistema de agua potable satisface a 284 personas en centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, Cajamarca.	En la localidad se calcula la densidad de población de 3,38 hab./viv.	La hipótesis específica 1 es verdadera ya que con el diseño del sistema de agua potable si se satisface la demanda de agua en el centro poblado Cedro del Pasto.

---

**Nota.** Elaborado por los autores (2023).

**H2:** El diseño geométrico permite un adecuado sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, Cajamarca.

La hipótesis específica 2 es válida. El diseño del sedimentador tiene por medidas: 6,20m de largo, 0,60 de ancho y 0,80 de alto, 2 pendientes de  $s_1=0,40\%$  y  $s_2= 5\%$  haciendo posible el correcto paso del agua de la captación hacia el reservorio contribuyendo a satisfacer la demanda de agua del centro poblado y llevando un elemento de óptimo consumo para la población. El tramo de la línea de conducción presenta un diámetro de 1 ½”, contribuyendo a la demanda de agua debido a que permite que el flujo de agua circule de manera constante. Como se muestra en la tabla 58.

**Tabla 58**

*Contrastación de Hipótesis Específica 2*

<b>Hipótesis Específica 2</b>	<b>Resultados Obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
El diseño geométrico permite un adecuado sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, Cajamarca.	El diseño del sedimentador tiene por medidas: 6,20m de largo, 0,60 de ancho y 0,80 de alto, 2 pendientes de $s_1=40\%$ y $s_2= 5\%$ . El tramo de la línea de conducción presenta un diámetro de 1 ½”. El reservorio tiene un volumen de 10m <sup>3</sup> .	La hipótesis específica 2 es verdadera ya que este sistema permite un adecuado abastecimiento de agua potable en la zona de estudio.

Nota. Elaborado por los autores (2023).

**H3:** El diseño hidráulico en el software Epanet es el óptimo en el mejoramiento del sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, Cajamarca.

La hipótesis específica 3 es inválida debido a que los tres softwares son óptimos para el diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable. Como se puede observar en la tabla 59.

**Tabla 59***Contrastación de Hipótesis Específica 3*

<b>Hipótesis Específica 3</b>	<b>Resultados Obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
El diseño hidráulico en el software Epanet es el óptimo en el mejoramiento del sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, Cajamarca.	Se obtuvieron un total de 4 975 ml de tuberías, un caudal máximo de 0,789 l/m y una velocidad máxima de 0,95 m/s, siendo los mismos resultados obtenidos de los tres softwares computacionales como se muestra en la siguiente figura.	La hipótesis 3 se considera falsa, ya que con los tres softwares se obtuvieron datos similares, por lo que todos se consideran óptimos para el diseño hidráulico del sistema de agua.

Nota. Elaborado por los autores (2023).

## **6.2. Contrastación de los antecedentes**

### **6.2.1. Contrastación de antecedentes internacionales**

Ramírez (2019) en su investigación titulada “Lenguaje de programación (Python) y software de diseño (Epanet) para la modelación y simulación de redes de distribución de agua potable” tuvo como resultado un diseño de abastecimiento para 12 500 habitantes, con una presión de 14,06, en donde el modelado en el programa Epanet se redujo en un 87% de número de iteraciones y se disminuyó en un 92% el tiempo de simulación, lo cual no coincide con la demanda ya que el lugar de estudio presenta 316 habitantes en 93 viviendas distribuidas. Pero concuerda en que el programa Epanet permite mejorar la presión, la velocidad y reducir el metrado de la tubería en la cual obtuvo una presión máxima de 54,97 Mh<sub>2</sub>o, velocidad máxima de 0,95 m/s y una tubería de 4 975 ml respectivamente.

Coronado (2019) en su investigación titulada “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío el terrero y diseño del sistema de agua

potable para la aldea Hierba Buena, Jalapa, Jalapa” obtuvo como resultado que el diseño de sistema de agua será de mucho beneficio para 2076 habitantes, 346 viviendas para un periodo futuro de 20 años, lo cual concuerda con el estudio dado que presenta un total de 316 habitantes en 93 viviendas distribuidas pero el sistema está proyectado para hasta unos 20 años futuro. Como se aprecia en la tabla 60.

**Tabla 60**

*Contrastación de Antecedentes Internacionales*

<b>Antecedente Internacional</b>	<b>Resultado Obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
Ramírez (2019)	El resultado fue un diseño de abastecimiento para 12 500 habitantes, con una presión de 14,06; en donde el modelado en el programa Epanet se redujo en un 87% de número de iteraciones y se disminuyó en un 92% el tiempo de simulación, lo cual no coincide con la demanda ya que el lugar de estudio presenta 316 habitantes en 93 viviendas distribuidas.	Los resultados no coinciden con la demanda, ya que el lugar de estudio presenta 316 habitantes en 93 viviendas distribuidas. Pero concuerda en que el programa Epanet permite mejorar la presión, la velocidad y reducir el metrado de la tubería en la cual obtuvo una presión máxima de 54,97 Mh2o, velocidad máxima de 0,95 m/s y una tubería de 4 975 ml respectivamente.
Coronado (2019)	El resultado fue que el diseño de un sistema de abastecimiento será de mucho beneficio	Los resultados concuerdan con el estudio dado que presenta un total de 316 habitantes en 93 viviendas

para 2076 habitantes, distribuidas pero el sistema  
346 viviendas para un está proyectado para hasta  
periodo futuro de 20 unos 20 años futuro.  
años.

---

Nota. Elaborado por los autores (2023).

### 6.2.2. Contratación de antecedentes Nacionales

Lezcano (2022) en su investigación titulada Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el centro poblado el Cucho, Distrito y Provincia de Sullana, Departamento de Piura, indica que su diseño sistema de abastecimiento por gravedad tiene una línea de conducción de 6,70 metros lineales de diámetro de 2 ½" PVC, con una fuente de captación de manantial de aforo de 2,75 l/s, con una línea de impulsión de 2 501,21ml de diámetro de 4", con un reservorio de volumen de 40 m<sup>3</sup>, una línea de aducción de 20,73 ml, una red de agua de tipo por gravedad de 5 889.56 ml y 556 conexiones a viviendas. Lo cual coincide en cuanto a los elementos que tiene la propuesta, donde a medida aumente la demanda y el área de estudio mayor será el diámetro y la longitud de las líneas de aducción, distribución y conducción, así como también el caudal, el aforo de la fuente de captación y el volumen del reservorio.

Usaqui (2021) en su investigación titulada "Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío Pisca, distrito de Mancos, provincia de Yungay, región Ancash, para su incidencia en la condición sanitaria de la población – 2021" indica que su diseño sistema de abastecimiento por gravedad tiene una línea de conducción de 547,81 metros de tubería de diámetro de 1" PVC, un reservorio de volumen de 10 metros cúbicos, una línea de aducción de 90,291 metros de diámetro de 1" PVC. Lo cual coincide en cuanto a los elementos que tiene la propuesta, donde a medida aumente la demanda y el área de estudio mayor será el diámetro y la longitud de las líneas de aducción, distribución y conducción, así como también el caudal, el aforo de la fuente de captación y el volumen del reservorio.

Celi (2021) en su estudio titulado "Diseño hidráulico de red de agua potable en la localidad de ceibal, Distrito de Frías, Provincia de Ayabaca, Departamento de Piura" realizó su propuesta en el programa Watergems donde obtuvo una longitud de tubería de 1 497 m, una velocidad máxima de 0,70 m/s, una presión mínima de 5,09 m.c.a. y máxima de 38,28 m.c.a. La cual concuerda con el estudio dado que también se realizó el diseño en el

programa Watergems donde se obtuvo una longitud de tubería de 4 975 ml, una presión máxima de igual a 40,41 mh2o, velocidad máxima de 0,95 m/s y un caudal máximo de 0,789 l/s. Como se muestra en la tabla 61.

**Tabla 61.**

*Contrastación de Antecedentes Nacionales*

<b>Antecedente Nacional</b>	<b>Resultado Obtenidos</b>	<b>Observaciones</b>
Lezcano (2022)	Indica que su diseño sistema de abastecimiento por gravedad tiene una línea de conducción de 6,70 metros lineales de diámetro de 2 ½” PVC, con una fuente de captación de manantial de aforo de 2,75 l/s, con una línea de impulsión presente de 2 501,21ml de diámetro de 4”, con un reservorio de volumen de 40 m3, una línea de aducción de 20,73 ml, una red de agua de tipo por gravedad de 5 889,56 ml y 556 conexiones a viviendas.	El resultado coincide en cuanto a los elementos que tiene la propuesta, donde a medida aumente la demanda y el área de estudio será mayor el diámetro y la longitud de las líneas de aducción, distribución y conducción, así como también el caudal, el aforo de la fuente de captación y el volumen del reservorio.

---

Celi (2021)	Menciona que tuvo una longitud de tubería de 1 497 m, una velocidad máxima de 0,70 m/s, una presión mínima de 5,09 m.c. a y máxima de 38,28 m.c.a.	Concuerta con el estudio dado que también se realizó el diseño en el programa Watergems donde se obtuvo una longitud de tubería de 4975 ml, una presión máxima de igual a 40,41 mh2o, velocidad máxima de 0,95 m/s y un caudal máximo de 0,789 l/s.
Usaqui (2021)	Indica que su diseño sistema de abastecimiento por gravedad tiene una línea de conducción de 547,81 metros de tubería de diámetro de 1" PVC, un reservorio de volumen de 10 metros cúbicos, una línea de aducción de 90,291 metros de diámetro de 1" PVC.	Concuerta con los elementos que presenta la propuesta, pero con diferente demanda dado que son diferentes lugares de estudio.

---

Nota. Elaborado por los autores (2023).

## CONCLUSIONES

1. La implementación de softwares computacionales Epanet, Watergems y Pipeflow permitió la simulación del diseño del sistema de conducción de agua potable y brindó resultados para la mejor presión posible. Por lo que se concluye que a nivel comparativo ambos métodos, tanto el cálculo tradicional como el manejo de softwares brindan resultados similares, sin embargo, al usar softwares computacionales reduce el tiempo de diseño, por lo que estas herramientas ayudan a una adecuada planificación, distribución y operatividad de los sistemas de abastecimiento de agua potable.
2. El diseño satisface la demanda de agua para un periodo de vida útil de 20 años para el centro poblado Cedro del Pasto, dado que el sistema de distribución se diseñó por gravedad para aprovechar las características que ofrece la zona de implantación de la red, para una población proyectada de 316 habitantes distribuidas en 93 viviendas.
3. El sedimentador será diseñado con las siguientes dimensiones: 0,60m de ancho, 6,20m de largo y una altura 0,80m. Según el diseño realizado cuenta con dos pendientes, el s1 de 40% que viene desde el canal de entrada hasta el fin de longitud de transición (0,70m) y el s2 de 5%. La línea de conducción cuenta con una longitud de 2 009,42m y deberá tener un diámetro de 1 ½" a lo largo de todo el tramo propuesto en el diseño del sistema de agua potable, siendo este el más favorable para garantizar un flujo uniforme y constante. El reservorio del diseñado del sistema de abastecimiento de agua realizado tuvo un volumen de 10m<sup>3</sup>, presentando una altura efectiva de agua de 1,00m, un diámetro de 3,80m y un borde libre de 0,60m, donde se tomó en consideración el tiempo de estiaje de la zona ya que existe menos demanda de fluente en algunas épocas del año. La línea de aducción del diseño del sistema de abastecimiento de agua realizado tuvo un diámetro de 1 ½" a lo largo de toda su longitud siendo esta de 1 553,77 m. La red de distribución cuenta con una longitud total de 1 168,06m, está conformada por ramales abiertos, debido a la dispersión de las viviendas, presentando un diámetro menor a las demás estructuras debido a que el tramo diseñado no cuenta con severas pérdidas de carga, siendo equivalente a un diámetro de 1", por tanto, el diseño del

sistema satisface la demanda de agua de cada vivienda beneficiada con el sistema de agua potable.

4. Basándose en la implementación de los softwares computacionales, los tres diseños son óptimos dado que brindaron los mismos nudos, con caudales que van desde 0,014 l/s hasta 0,094 l/s, grado hidráulico desde 1 979,6 hasta 1 620,59, una presión máxima igual a 40,41 mh<sub>2</sub>o, un total de metrado de tuberías de 4 975 ml, una velocidad máxima de 0,95 m/s y un caudal máximo de 0,789 l/s, siendo estos resultados similares a los obtenidos de manera tradicional.

## RECOMENDACIONES

1. Hay que considerar que las 284 personas del centro poblado carecen del servicio de agua potable, lo que conlleva a que se transporte agua de una manera no adecuada, exponiendo principalmente a grupos vulnerables a un mayor riesgo de contraer enfermedades y por ende ocasionando una disminución en la calidad de vida de estos pueblos. Por lo tanto es necesario la ejecución del proyecto en el centro poblado para mejorar su calidad de vida y salud, así mismo se recomienda el uso de los softwares para el diseño del mismo.
2. Para futuras investigaciones se recomienda realizar un análisis comparativo a nivel del uso de los tres softwares, con el fin de determinar cual ofrece una mayor confiabilidad y garantiza el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.
3. Emplear los conocimientos necesarios para elaborar un diseño de sedimentador, teniendo en consideración los parámetros de las normas de diseño del reglamento nacional de edificaciones para obras de saneamiento, a fin de obtener una estructura adecuada para su funcionamiento.
4. Realizar un correcto levantamiento topográfico de la zona de estudio garantizando la ubicación adecuada para el recorrido de la tubería de conducción con el fin de llegar con una presión adecuada a la siguiente estructura del sistema.
5. Diseñar el reservorio teniendo en cuenta la población futura del lugar de estudio con la finalidad de obtener el volumen adecuado para abastecer la demanda actual y futura de agua de la población durante toda la vida útil del sistema de agua potable.

6. Respetar el diámetro obtenido en el diseño de la tubería de aducción para garantizar un flujo constante a lo largo de su recorrido, evitando pérdidas de carga que influyan en el sistema.

## REFERENCIAS

- Aguilar, I., & Torres, A. (2021). *Propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable en la comuna "Molino Alto" ubicado en el Quinche*. [Tesis de grado, Universidad de escuela Politécnica Nacional]. Repositorio academico de la Universidad Escuela Politecnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22106>
- Alayo, M., & Espinosa, J. (2018). *Simulación hidráulica de la línea de conducción y red de distribución de agua potable aplicando el software WaterCAD en la localidad de Laredo*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio academico de la Universidad Privada Antenor Orrego. <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4456>
- Alfaro, P., & Maldonado, Y. (2019). *Diseño de sistema de agua potable ( mini acueducto por gravedad) para la comunidad de la ermita, Municipalidad San Rafael del Norte, Departamento de Junotega*. [Monografía de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería de Nicaragua]. Repositorio academico de la Universidad Nacional de Ingenieria. <https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNI3160>
- Andina (05 de Marzo de 2021). *Tumbes en alerta por peligro de desborde de río por incremento de caudal*. <https://andina.pe/agencia/noticia-tumbes-alerta-peligro-desborde-rio-incremento-caudal-836196.aspx>

Carhuapoma, J., & Chahuayo, A. (2019). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la Rinconada de Pamplona Alta, aplicando EPANET y algoritmos genéticos para la localización de válvulas reductoras de presión*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio academico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626349>

Celi, F. (2021). *Diseño hidráulico de red de agua potable en la localidad de ceibal, Distrito de Frías, Provincia de Ayabaca, Departamento de Piura*. [Tesis de grado, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote]. Repositorio academico de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.

<http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/23248>

Chancasanampa, W. (2019). *Evaluación del sistema de agua potable para mejorar el abastecimiento de agua en el Anexo Tulturi - distrito de Moya - Huancavelica-2019*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio academico de la Universidad Cesar Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45954>

Chulluncuy , N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería industrial*, 77(29),153-170.

<https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495008.pdf>

Cong, L., Wang, Y., Lin, H., & Hong, Z. (2022). Monitoring water level and volume changes of lakes and reservoirs in the Yellow River Basin using ICESat-2 laser altimetry and Google Earth Engine. *Journal of*

*Hydro-environment Research*, 44(3),53-64.

<https://doi.org/10.1016/j.jher.2022.07.005>

Cooperación Alemana. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural.*

Cooperación alemana.

[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf)

Coronado, M. (2019). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío el terrero y diseño del sistema de agua potable para la aldea Hierba Buena, Jalapa, Jalapa.* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio academico de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/13880/1/Marco%20Polo%20Coronado%20Casta%C3%B1eda.pdf>

Diaz, A., & Franco, C. (2020). *Estudio de la problemática de abastecimiento de agua potable para las veredas Quiba sector Guabal y Mochuelo Alto y Bajo -Ciudad Bolívar.* [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio academico de la Universidad de Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/items/7194ea77-ebeb-490b-a4ef-0a5525f7f981>

Google Earth. (2014). [Cedro del Pasto]. Recuperado el 16 de noviembre del 2019 de

<https://earth.google.com/web/search/CEDRO+DEL+PASTO/@-5.97890321,-79.06715092,1776.94469549a,1070.72090938d,35y,-141.11176553h,45.00013102t,0r/data=CigiJgokCYzl8zsW0gzAEe3PLSWu2AzAGUEzGR3OHITAIQhS0LQBH1TAOgMKATA>.

Guillen, C. (2021). Aplicación del software Watercad en el Modelamiento del Sistema de Abastecimiento de agua potable para la comunidad de Espite -Ayacucho – 2020. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio academico de la Universidad de Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63927>

Hanner, J. (2020). *Ampliación del sistema del agua potable en los caseríos de Buenos Aires, Los Olivos, La Legua, San Jacinto y Palo Parado del Distrito de Catacaos, Provincia y Región Piura – Octubre 2020*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio academico de la Universidad de Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60051>

Hernandez. (2018). *Metodología de la investigación (Sexta Edición)*. MC Graw Hill Education.

Huaman, C., & Rojas, D. (2019). *Diseño de la red de abastecimiento de agua potable proveniente de una planta desalinizadora para abastecer cuatro balnearios del sur de Lima, Distrito de Santa Maria del Mar - Lima*. [Tesis de grado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio academico de la Universidad San Martín de Porres. [https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5893/huaman\\_lca-rojas\\_gda.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5893/huaman_lca-rojas_gda.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- INEI. (2020). *Perú formas de acceso al agua y al saneamiento básico*.  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin\\_agua\\_junio2020.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_agua_junio2020.pdf)
- Lezcano, A. (2022). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el centro poblado el Cucho, Distrito y Provincia de Sullana, Departamento de Piura*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio académico de la Universidad Nacional de Piura.  
<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/3269/ICIV-LEZ-PER-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Limachi, S. (2021). *Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable con modelamiento de Watercad y EPANET, Tambillo, Puno, 2021*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio académico de la Universidad Cesar Vallejo.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88314/Limachi\\_MSMSD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88314/Limachi_MSMSD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Medrano, O. (2019). Retos y oportunidades para una gestión eficiente de los servicios de agua potable, saneamiento y electricidad en la República Dominicana. *Acta universitaria*. 29(3),41-50.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-62662019000100223](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100223)
- Memet, V. (2020). Use of water quality index and multivariate statistical methods for the evaluation of water quality of a stream affected by multiple stressors: A case study. *Environmental Pollution*. 2(17), 1-10.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749120361054>

Minashree, K., & Gupta, S. (2022). Cumulative human health risk analysis of trihalomethanes exposure in drinking water systems. *Journal of Environmental Management*. 321(1), 1-7.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115949>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018). *Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural*. Dirección de Saneamiento, Dirección General de políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2006).

Habilitaciones Urbanas. *Reglamento Nacional de edificaciones*.

Aprobado por D.S. 011-2006-VIVIENDA. (Perú).

<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2009).

*Consideraciones básicas de diseño de la infraestructura sanitaria*.

Habilitaciones Urbanas. Obras de Saneamiento (*RNE Os. 100 RNE*).

Aprobado por D.S. 011-2006-VIVIENDA. (Perú).

<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2009). *Redes de distribución de agua para consumo humano*. Reglamento Nacional de Edificaciones. Habilitaciones Urbanas. Obras de Saneamiento

(RNE Os.050). Aprobado por D.S N°010-2009-VIVIENDA. (Perú).

<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2012). *Norma*

*IS.010*. Captación y Conducción de Agua para consumo humano.

Reglamento Nacional de Edificaciones. Habilitaciones Urbanas. Obras

de Saneamiento (*RNE Os.010*). Aprobado por D.S. 011-2006-

VIVIENDA. (Perú).

<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2006). *Norma*

*IS.010*. Habilitaciones Urbanas. Obras de Saneamiento (*RNE*

*Os.010*). Aprobado por D.S. 011-2006-VIVIENDA. (Perú).

<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2006).

*Captación y conducción de agua para consumo humano.*

Habilitaciones Urbanas. Obras de Saneamiento (*RNE Os.010*).

Aprobado por D.S. 011-2006-VIVIENDA. (Perú).

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS, 2009). *Redes*

*de distribución de agua para consumo humano*. Reglamento Nacional

de Edificaciones. Habilitaciones Urbanas. Obras de Saneamiento

(*RNE Os.050*). Aprobado por D.S N°010-2009-VIVIENDA. (Perú).

<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Moncada, W., & Willems, B. (2018). Tendencia anual del caudal de salida,

en referencia al caudal ecológico en la Microcuenca Apacheta /

Ayacucho / Perú, del 2000 al 2018. *Ecología Aplicada*. 19(2), 1-3.

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162020000200093&script=sci\\_arttext&lng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162020000200093&script=sci_arttext&lng=en)

Noreña , J. (2016). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en las localidades de Pucajanca, Caurihuasi, Cuba y Ecuador, Distrito de Molinos - Pachitea - Huánuco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. Repositorio academico de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

<https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1269>

Ñaupas H., Valdivia M., Palacios J., & Romero H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y Redacción de la Tesis*. Ediciones U.

ONU. (Octubre de 2019). *Agua Limpia y saneamiento: Por qué es importante*. [https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/6\\_Spanish\\_Why\\_it\\_Matters.pdf](https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/6_Spanish_Why_it_Matters.pdf)

OMS, 21 de marzo de 2022. *Agua para consumo humano*.

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Patricio, J. (2018). *Determinación de la sobre presión en la línea de conducción por gravedad de agua potable en la localidad rural de Quitaracza (distrito de Yuracmarca) - Ancash*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayola]. Repositorio academico de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayola. [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2452/T033\\_43368310\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2452/T033_43368310_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Peña, K. (2018). *Diseño de la red de abastecimiento de agua potable para satisfacer la demanda del club Playa Puerto Fiel, distrito Cerro Azul - Cañete*. [Tesis de grado, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio académico de la Universidad de San Martín de Porres. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/5094>
- Pomarino, M., & Villanueva, E. (2019). *Diseño de abastecimiento de agua mediante la captación por la turbina, AA.HH. Cristo Redentor, Villa María del Triunfo 2019*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio académico de la Universidad César Vallejo. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77504/Pomarino\\_CME-Villanueva\\_YEA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77504/Pomarino_CME-Villanueva_YEA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ramírez, Y. (2019). *Lenguaje de programación (Python) y software de diseño (Epanet) para la modelación y simulación de redes de distribución de agua potable* [Tesis de grado, Universidad de Pamplona]. Repositorio académico de la Universidad de Pamplona. [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5749/1/Ram%C3%ADrez\\_2019\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5749/1/Ram%C3%ADrez_2019_TG.pdf)
- Rangel, H. (2019). *Regresión Lineal Simple y Múltiple*. [https://www.academia.edu/45053319/Regresi%C3%B3n\\_Lineal\\_Simple\\_y\\_M%C3%BAltiple](https://www.academia.edu/45053319/Regresi%C3%B3n_Lineal_Simple_y_M%C3%BAltiple)
- SAGARPA. (2018). *Línea de conducción por gravedad*. SAGARPA. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SAGARPA%20s.f.%20L%C3%ADneas%20de%20Conducci%C3%ADn%20por%20gravedad..pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SAGARPA%20s.f.%20L%C3%ADneas%20de%20Conducci%C3%ADn%20por%20gravedad..pdf)

- Samaniego, D. (2020). *Diseño y construcción de un modelo hidráulico para sistemas de tuberías en serie, en paralelo y redes cerradas* [Tesis de grado, Universidad Católica de Ecuador]. Repositorio académico de la Universidad Católica de Ecuador.  
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/18051>
- Toapanta, L., Bohórquez, G., Caiza, L., & Quitiaquez, W. (2018). Análisis numérico de los perfiles de velocidad de un flujo de agua a través de una tubería con reducción gradual. *Enfoque UTE*, 12(1), 1-8.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n3.290>
- Torres, R. (2019). La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. 40(2), 1-10.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382019000200125](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000200125)
- Usaqui, D. (2021). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío Pisca, distrito de Mancos, provincia de Yungay, región Ancash, para su incidencia en la condición sanitaria de la población – 2021*. [Tesis de grado, Universidad Católica Los Angeles de Chimbote]. Repositorio académico de la ULADECH Católica.  
<https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/25859>
- Villegas, J. (2021). *Una revisión de las metodologías para estimar el coeficiente de pérdidas en curvas de tuberías bajo flujo turbulento*. IMTA. <http://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/2360>

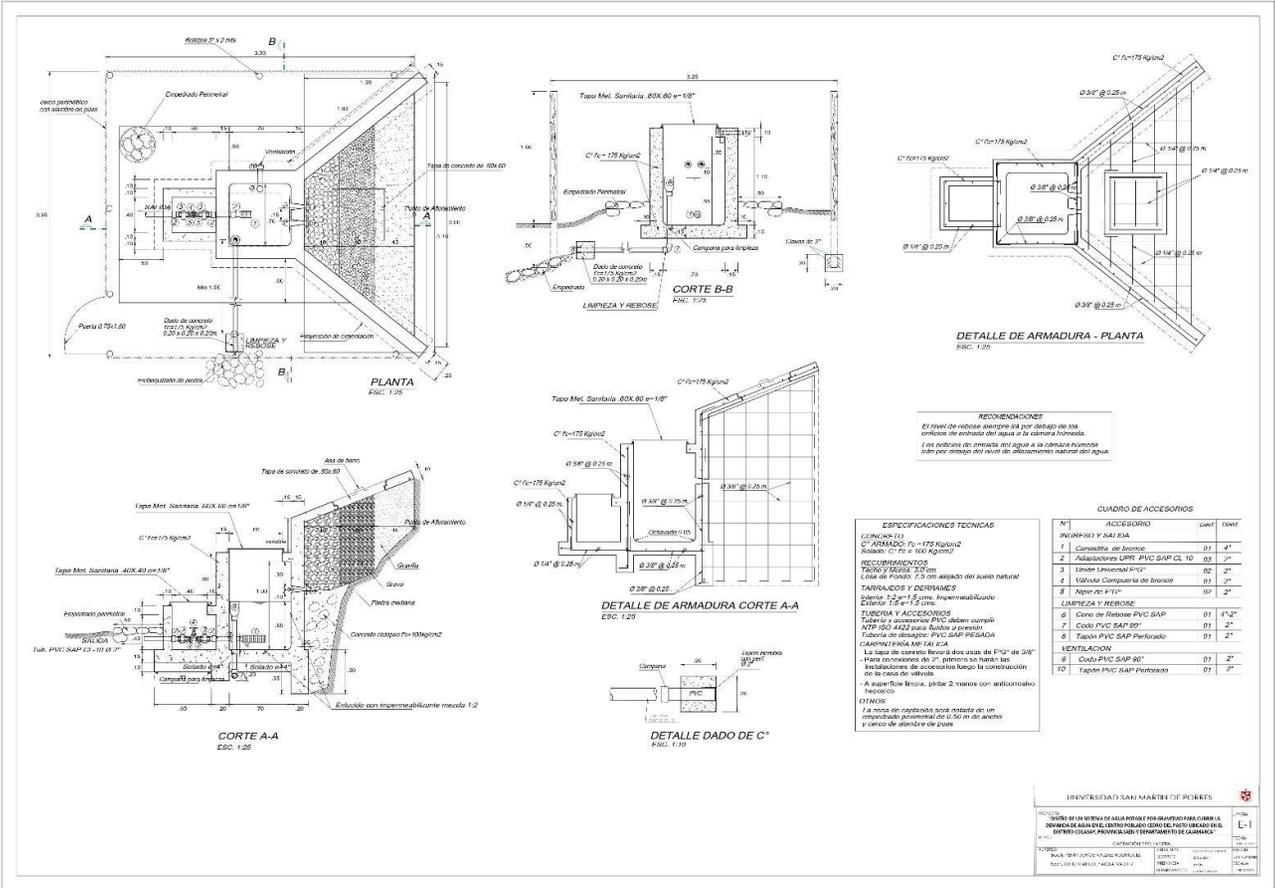
Wang, C., Zhang , H., Xin, X., Li , J., & Jia, H. (2022). Water level–driven agricultural nonpoint source pollution dominated the ammonia variation in China's second largest reservoir. *Environmental Research*, 215(2), 14. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114367>

## ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA GENERAL GENERAL:</b>	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL:</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>			Diseño
¿Cómo influye la <b>propuesta de implementación de softwares computacionales</b> en el mejoramiento de diseño del <b>sistema de agua potable</b> en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca?	Realizar una <b>propuesta de implementación de softwares computacionales</b> para el mejoramiento del diseño del <b>sistema de agua potable</b> en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.	La propuesta de implementación de softwares computacionales mejorará el diseño del sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.	X: Propuesta de implementación de softwares computacionales	Modelamiento Hidráulico de Epanet	Presión	<b>Tipo de investigación:</b>
					Caudal óptimo	
					Velocidad	
				Modelamiento Hidráulico de Watergems	Presión	Aplicada
					Caudal óptimo	
					Velocidad	
				Modelamiento Hidráulico de PipeFlow	Presión	<b>Nivel de investigación</b>
					Caudal óptimo	Descriptivo
					Velocidad	<b>Diseño de investigación</b>
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>			
¿Cuál es la <b>demanda poblacional</b> que debe satisfacer el <b>sistema de agua potable</b> en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca?	Determinar la <b>demanda poblacional</b> para el mejoramiento del <b>sistema de agua potable</b> en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.	La demanda poblacional del sistema de agua potable satisface a 284 personas en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.	Y: Sistema de agua potable	Demanda poblacional	Caudal existente	Diseño no Experimental
					Estado de los elementos del SAP	<b>Muestra</b>
¿Qué <b>diseño geométrico</b> permite un adecuado <b>sistema de agua potable</b> en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca?	Realizar el <b>diseño geométrico</b> del mejoramiento del <b>sistema de agua potable</b> en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.	El diseño geométrico permite un adecuado sistema de agua potable en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.	Y: Sistema de agua potable	Diseño Geométrico del sistema de agua potable	Fuente de captación	<b>Instrumentos</b>
					Sedimentador	
					Línea de conducción	
					Línea de aducción	
¿Qué <b>diseño hidráulico</b> realizado con un software computacional es el óptimo en el mejoramiento del <b>sistema de agua potable</b> en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca?	Determinar que <b>diseño hidráulico</b> realizado con un software computacional es el óptimo en el mejoramiento del <b>sistema de agua potable</b> en el centro poblado Cedro del Pasto, distrito de Colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.	El diseño hidráulico en el software Epanet es el óptimo en el mejoramiento del sistema de agua potable en el distrito de colasay, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.	Y: Sistema de agua potable	Diseño hidráulico	Eficiencia	Ficha de observación y guía de análisis documental
					Tiempo	
					Costo	Evaluar la demanda poblacional y el caudal existente, realizar estudios previos para el diseño del SAP, realizar el diseño geométrico del SAP mejorado, realizar el modelamiento hidráulico en los software computacionales, determinar el software más óptimo.

# Anexo 2: Diseño de captación tipo ladera

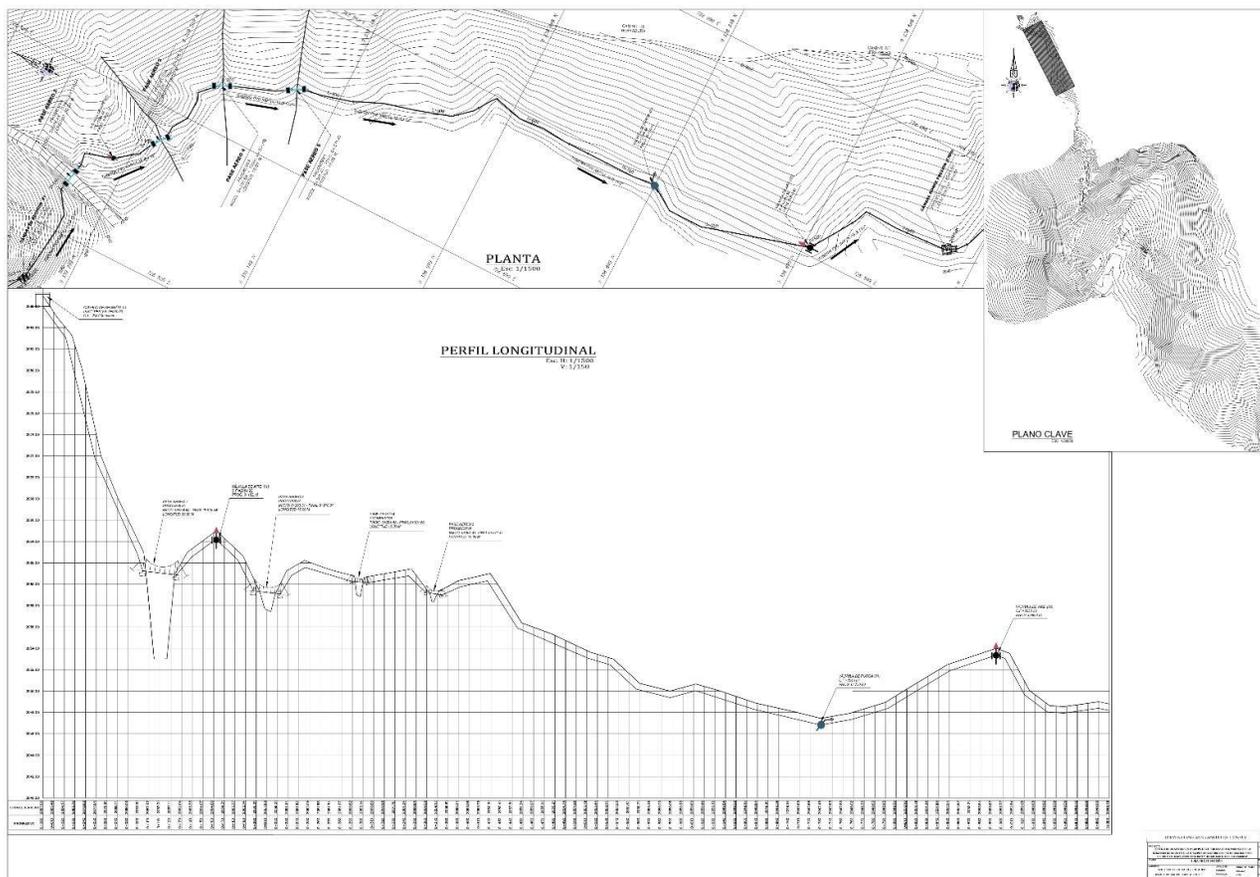




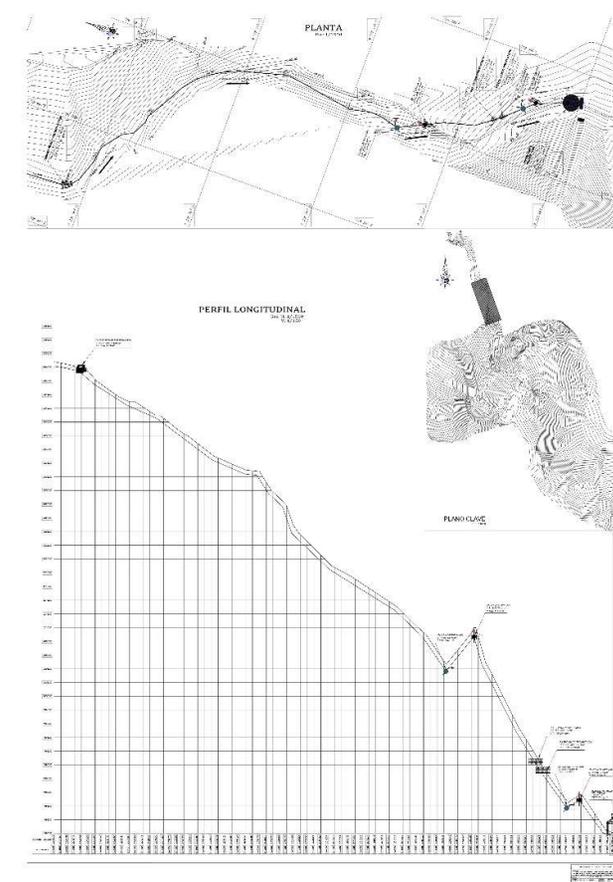




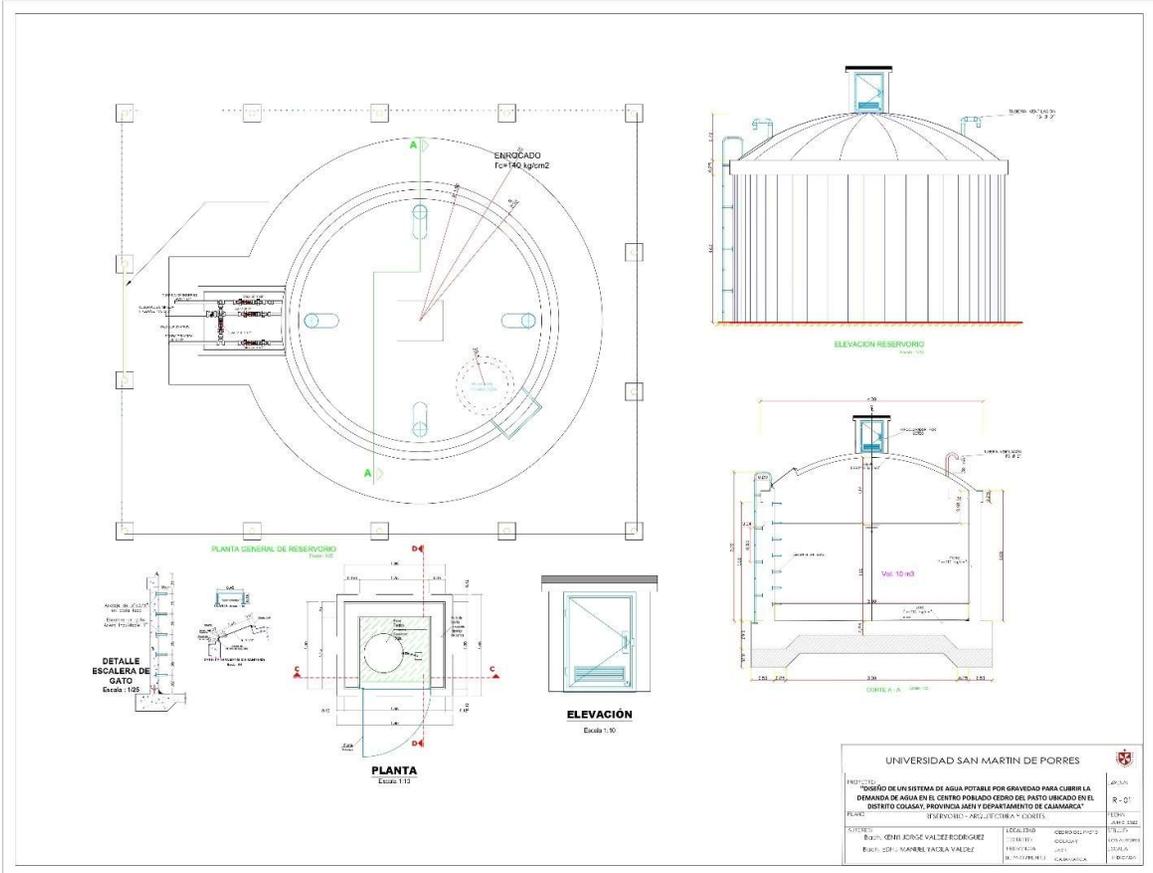
# Anexo 6: Diseño de línea de conducción 2



### Anexo 7: Diseño de línea de conducción 3



Anexo 8: Reservorio



# Anexo 9: Reservorio

