

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN  
LA LOCALIDAD RURAL DE ALLPA ORCCUNA, DISTRITO  
DE VINCHOS - AYACUCHO**

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

**PRESENTADA POR**

**Bach. MENDOZA CÉSPEDES, CARLOS MAURICIO**  
**Bach. SOLÓRZANO TORRES, GUSTAVO MAURICIO**

**ASESOR: Dr. Ing. LÓPEZ SILVA, MAIQUEL**

**LIMA - PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi familia y pareja, que nunca dejaron de creer en mí a lo largo de toda mi formación profesional, de igual manera a los compañeros y profesionales que me acompañaron, aconsejaron y ayudaron a formar el profesional que soy hoy en día.

Carlos Mauricio Mendoza Céspedes

Esta tesis está dedicada a toda mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de mi vida. De igual manera a todas las personas que me acompañaron en esta etapa, quienes me brindaron consejos y conocimientos, aportando así a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Gustavo Mauricio Solórzano Torres

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por habernos dado salud en estos tiempos difíciles, así mismo nuestro sincero agradecimiento a nuestros asesores de tesis, el Dr. López Silva Maiquel y la Dra. Carmenates Hernandez Dayma Sadami, por habernos guiado a lo largo de la elaboración de este trabajo de titulación.

Carlos Mendoza y Gustavo Solórzano

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	iii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	1
1.1 Descripción y formulación del problema.....	1
1.1.1 Formulación del problema .....	1
1.1.2 Problema General.....	3
1.2 Objetivo general y específico .....	3
1.2.1 Objetivo general .....	3
1.2.2 Objetivo específico .....	3
1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática.....	4
1.3.1 Delimitación Temporal .....	4
1.3.2 Delimitación Espacial.....	4
1.3.3 Delimitación Temática .....	4
1.4 Justificación e importancia .....	5
1.4.1 Justificación .....	5
1.4.2 Importancia .....	6
1.4.3 Limitaciones del estudio .....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	7
2.1 Antecedentes del estudio de investigación .....	7
2.1.1 Antecedentes internacionales .....	7
2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio .....	11
2.2.1 Recursos hídricos .....	11
2.2.2 Importancia de los sistemas de abastecimiento de agua potable .....	12
2.2.3 Demanda de agua.....	12
2.2.4 Sistema de abastecimiento de agua potable.....	19
2.2.5 Cámara de captación.....	20
2.2.6 Cámara rompe presión .....	25
2.2.7 Línea de conducción.....	30
2.2.8 Reservorio .....	35

2.2.9 Línea de distribución .....	39
2.2.10 Calidad del agua.....	42
2.2.11 Softwares para modelamiento hidráulico.....	47
2.3 Definición de términos básicos .....	50
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>52</b>
3.1 Hipótesis .....	52
3.1.1 Hipótesis general.....	52
3.1.2 Hipótesis secundarias .....	52
3.2 Variables .....	52
3.2.1 Definición conceptual de las variables.....	52
3.2.2 Operacionalización de las variables .....	53
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>54</b>
4.1 Tipo y nivel.....	54
4.2 Diseño de investigación .....	54
4.3 Población y muestra.....	55
4.3.1 Población.....	55
4.3.2 Muestra.....	55
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	55
4.4.1 Técnicas.....	55
4.4.2 Instrumentos.....	56
4.4.3 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	56
4.4.4 Procedimientos para la recolección de datos.....	57
4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	57
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>59</b>
5.1 Topografía.....	59
5.2 Población Futura .....	60
5.3 Obtención de la Dotación de Agua para la Población .....	61
5.4 Caudales de diseño .....	62
5.5 Trazado del sistema de agua potable .....	64
5.5.1 Trazado de la línea de conducción .....	64
5.5.2 Trazado de la línea de distribución .....	68
5.6 Diseño hidráulico de elementos del sistema del agua potable.....	69

5.6.1 Aforo de fuente de agua.....	69
5.6.2 Diseño hidráulico de captación de ladera.....	70
5.6.3 Diseño hidráulico de la línea de conducción .....	79
5.6.4 Diseño hidráulico del reservorio .....	91
5.6.5 Diseño estructural del reservorio.....	95
5.6.6 Diseño hidráulico de la línea de aducción.....	97
5.6.7 Diseño hidráulico de la línea de distribución.....	99
5.7 Conexión domiciliaria .....	100
5.8 Resumen de elementos que integran el sistema de agua potable.....	101
5.9 Sistema de agua potable mediante software WaterCAD .....	103
5.9.1 Primera Propuesta.....	103
5.9.2 Propuesta de mejora .....	122
5.10Análisis de resultado.....	139
5.11Contrastación de hipótesis .....	145
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>148</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>150</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>151</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>157</b>
Anexo 1: Cronograma de actividades .....	157
Anexo 2: Presupuesto (Asignación de recursos).....	158
Anexo 3: Matriz de Consistencia .....	159
Anexo 4: Matriz de Operacionalización de Variables .....	160
Anexo 5: Perfil longitudinal línea de conducción.....	161
Anexo 6: Red de distribución con casas domiciliarias.....	164
Anexo 7: Plano de captación de ladera .....	165
Anexo 8: Plano de reservorio apoyado .....	166
Anexo 9: Plano de planta línea de conducción .....	167
Anexo 10: Plano de planta red de distribución .....	168
Anexo 11: Autorización de la municipalidad.....	169

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de la localidad de Allpa Orccuna .....	4
Figura N° 2: Grafico para el Método Analítico .....	14
Figura N° 3: Gráfico para población intercensal .....	15
Figura N° 4: Gráfico para población post-censal.....	15
Figura N° 5: Sistema de abastecimiento de agua potable.....	20
Figura N° 6: Determinación del ancho de la pantalla.....	22
Figura N° 7: Cámara húmeda .....	23
Figura N° 8: Representación de la canastilla .....	24
Figura N°9: Cámara de Captación .....	25
Figura N°10: Cámara rompe presión tipo VI.....	28
Figura N° 11: Cámara rompe presión tipo VII .....	30
Figura N° 12: Línea de gradiente hidráulico .....	32
Figura N° 13: Nivel de carga estática .....	34
Figura N° 14: Línea de Conducción .....	35
Figura N° 15: Partes internas del reservorio .....	39
Figura N° 16: Línea de distribución .....	42
Figura N° 17: Topografía de la localidad rural de Allpa Orccuna.....	59
Figura N° 18: Curvas de nivel de la localidad rural de Allpa Orccuna .....	60
Figura N° 19: Trazado de la red de conducción desde la captación. ....	64
Figura N° 20: Perfil longitudinal desde la captación.....	65
Figura N° 21: Trazado de la red de conducción de Allpa Orccuna .....	66
Figura N° 22: Perfil longitudinal desde la CRP N°5 hasta el reservorio.....	67
Figura N° 23: Trazado de la red de conducción hasta el reservorio .....	68
Figura N° 24: Trazado de la red de distribución llegando a la población. ....	69
Figura N° 25: Ancho de pantalla y número de orificios .....	72
Figura N° 26: Distancia entre afloramiento y cámara húmeda.....	73
Figura N° 27: Cámara húmeda .....	74
Figura N° 28: Altura total de cámara húmeda .....	75
Figura N° 29: Representación de la canastilla .....	76
Figura N° 30: Dimensiones de canastilla.....	78
Figura N° 31: Dimensión de tubería de limpieza y rebose .....	79

Figura N° 32: Sección longitudinal para zanja de tubería de conducción .....	91
Figura N° 33: Dimensiones del reservorio apoyado .....	93
Figura N° 34: Representación de las tuberías en la caja de válvulas.....	95
Figura N° 35: Dimensionamiento de los espesores de los distintos muros .....	96
Figura N° 36: Sección longitudinal para línea de aducción.....	99
Figura N° 37: Sección longitudinal para ramales en red de distribución. ....	100
Figura N° 38: Sección longitudinal para sub-ramales en red de distribución .....	100
Figura N° 39: Conexión domiciliaria.....	101
Figura N° 41: Detalle de nodos en red de distribución.....	104
Figura N° 42: Esquema de nodos en la red de distribución.....	105
Figura N° 43: Línea de conducción y distribución en WaterCAD .....	105
Figura N° 44: Línea de conducción en WaterCAD .....	106
Figura N° 45: Red de distribución en WaterCAD .....	107
Figura N° 46: Red de distribución junto a las curvas de nivel en WaterCAD .....	108
Figura N° 47: Inicio de la red de conducción en WaterCAD .....	109
Figura N° 48: Tramo de línea de conducción .....	110
Figura N° 49: Inicio de la red de distribución en WaterCAD .....	111
Figura N° 50: Tramo de la red de distribución .....	112
Figura N° 51: Tramo de la red de distribución .....	113
Figura N° 52: Pantalla del software para el cálculo del modelado.....	114
Figura N° 53: Sistema de agua potable de la localidad rural de Allpa Orccuna.....	123
Figura N° 54: Línea de conducción de la localidad.....	124
Figura N° 55: Red de distribución de la localidad.....	124
Figura N°56: Curvas de nivel en red de distribución.....	125
Figura N°57: Inicio de la línea de conducción .....	126
Figura N° 58: Tramo de la línea de conducción .....	127
Figura N° 59: Último tramo de la línea de conducción .....	128
Figura N° 60: Tramo de la red de distribución .....	129
Figura N° 61: Tramo de la red de distribución .....	130
Figura N° 62: Tramo de la red de distribución donde se ubica la bomba.....	131
Figura N° 63: Pantalla de software para el cálculo del modelado .....	132
Figura N° 64: Perfil longitudinal línea de conducción, del 0+000 al 1+000 .....	161
Figura N° 65: Perfil longitudinal línea de conducción, del 1+000 al 2+000.....	162

Figura N° 66: Perfil longitudinal línea de conducción, del 2+000 al 2+687 .....	163
Figura N° 67: Red de distribución con casas beneficiadas .....	164
Figura N° 68: Carta de autorización de la municipalidad.....	169

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Análisis de la demanda de agua en el ámbito rural.....	18
Tabla N°2: Lím. máx. de parámetros microbiológicos y parasitológicos .....	43
Tabla N°3: Lím. máx. de parámetros de calidad organoléptica.....	43
Tabla N°4: Lím. máx. de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos.....	44
Tabla N°5: Lím. máx. de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos.....	45
Tabla N°6: Fórmulas de pérdida de carga para tubería llena.....	48
Tabla N°7: Datos para el cálculo de población futura .....	60
Tabla N°8: Análisis de la Demanda.....	61
Tabla N°9: Aforo de manantial "Warmachayuq" .....	69
Tabla N°10: Resultados de aforo y Qmd .....	70
Tabla N°12 : Ficha técnica PAVCO tuberías agua fría para clase 7.5 .....	101
Tabla N°13: Resumen del sistema de agua potable .....	102
Tabla N°14: Demanda para el software .....	103
Tabla N°15: Tabla de resultados para cada nodo .....	114
Tabla N°16: Tabla de resultados para cada tubería .....	116
Tabla N°17: Tabla de resultados para las CRP tipo VI .....	119
Tabla N°18: Tabla de resultados para CRP tipo VII .....	120
Tabla N°19: Demanda para cada nodo .....	122
Tabla N°20: Detalle de la bomba utilizada.....	132
Tabla N°21: Resumen para cada nodo en la red de distribución .....	133
Tabla N°22: Tabla de tuberías para el sistema de agua potable .....	134
Tabla N°23: Tabla para cámaras rompe presión tipo VI en línea de conducción .....	137
Tabla N°24: Tabla para cámara rompe presión tipo VII para red de distribución.....	137
Tabla N°25: Comparación de resultados para velocidad en línea de conducción .....	141
Tabla N°26: Comparación de resultados para velocidad para red de distribución.....	142
Tabla N°27: Comparación de resultados para presiones en nodos .....	144
Tabla N°28: Cronograma de actividades .....	157
Tabla N°29: Presupuesto .....	158
Tabla N°30: Matriz de consistencia.....	159
Tabla N°31: Matriz operacionalización de variables.....	160

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal mejorar el servicio existente de agua potable de la localidad rural de Allpa Orcuna. Fue de tipo aplicada y nivel descriptivo-explicativo.

Para ello fue necesario realizar la caracterización de la topografía, se definió la fuente de abastecimiento y el caudal que brinda a partir de información obtenida del expediente técnico brindado por la Municipalidad Distrital de Vinchos. La dotación de la institución educativa fue obtenida a través de la norma peruana IS.010 (2006). Para el análisis de las propuestas del sistema se utilizó el software WaterCAD v.10, comparando los resultados obtenidos con las normas peruanas OS.010 (2006) y OS.050 (2006).

Los principales resultados obtenidos fueron que el terreno tiene un relieve irregular, el terreno en donde se desarrolló el sistema de distribución oscila entre valores de los 3350 a 3480 m.s.n.m, con una topografía accidentada con pendientes entre 40% a 55% y para el tramo donde se proyectó la línea de conducción un terreno con pendientes entre 20% a 40%. La dotación por cada habitante fue de 80 l/hab/d y para la institución educativa fue de 20 l/alumnos/d. Para la modelación se suministró un caudal de 11.50 l/s más a la red, se alcanzó una longitud total de 6720.11 m que comprende los diámetros 85.30 mm (3”), 70.40 mm (2 1/2”) y 57.80 mm (2”); obteniendo como resultados una velocidad de 4.07 m/s para la línea de conducción, un rango entre 0.60 a 2.94 m/s para la red de distribución y con un rango para las presiones entre 5 a 50 m.c.a. Se concluye que el sistema mejora la eficiencia hidráulica en comparación al sistema existente.

**Palabras clave:** Línea de conducción, red de distribución, WaterCAD, calidad del agua, hidráulica.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to improve the existing drinking water service in the rural town of Allpa Orcuna. It was of an applied type and descriptive-explanatory level.

For this, it was necessary to characterize the topography, define the supply source and the flow it provides from information obtained from the technical file provided by the District Municipality of Vinchos. The endowment of the educational institution was obtained through the Peruvian standard IS.010 (2006). For the analysis of the system proposals, the WaterCAD v.10 software was used, comparing the results obtained with the Peruvian standards OS.010 (2006) and OS.050 (2006).

The main results obtained were that the terrain has an irregular relief, the terrain where the distribution system was developed oscillates between values of 3350 to 3480 meters above sea level, with a rugged topography with slopes between 40% and 55% and for the section where the conduction line was projected on a terrain with slopes between 20% and 40%. The endowment for each inhabitant was 80 l/hab/d and for the educational institution it was 20 l/students/d. For the modeling, a flow of 11.50 l/s more was supplied to the network, a total length of 6720.11 m was reached, comprising the diameters 85.30 mm (3"), 70.40 mm (2 1/2") and 57.80 mm (2"); obtaining as results a speed of 4.07 m/s for the conduction line, a range between 0.60 to 2.94 m/s for the distribution network and with a range for pressures between 5 to 50 m.c.a. It is concluded that the system improves hydraulic efficiency compared to the existing system.

**Keywords:** Driving line, distribution network, WaterCAD, water quality, hydraulics.

## INTRODUCCIÓN

La investigación consiste en proponer un sistema de servicio de agua potable óptimo, el cual mejore la eficiencia hidráulica del sistema para la localidad rural de Allpa Orccuna y abastezca continuamente a la población. Caracterizando la zona de estudio, el caudal que brinda la fuente de agua a través de información conseguida, así como la población futura y la dotación que les corresponde, con ello se procede a realizar el modelado del sistema de agua potable mediante el software WaterCAD v.10, se realizó una propuesta de mejora para el sistema, realizando con este último el análisis de resultados obtenidos y haciendo una comparación de los resultados numéricos con los rangos permisibles según las normas peruanas OS.010 (2006) y OS.050 (2006).

En el capítulo I se describe el problema general y los problemas específicos, de igual manera el objetivo general y los objetivos específicos, así mismo las delimitaciones, justificaciones e importancia de la presente investigación.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico de la investigación, comenzando por los antecedentes de nuestro estudio de investigación, posteriormente las bases teóricas que desarrolla la estructura teórica y científica que sustenta el estudio y finalmente se adjunta la definición de términos básicos

En el capítulo III se redacta el sistema de hipótesis, planteando primeramente la hipótesis general y posteriormente las hipótesis secundarias, seguidamente la definición conceptual de las variables en la cual se definió la variable independiente y dependiente, por último, la operacionalización de las variables en la cual se definirán los indicadores de cada variable y los instrumentos de medida a utilizar.

En el capítulo IV se define la metodología de investigación, primero el tipo y nivel, luego el diseño de investigación, seguidamente de la población y muestra del estudio, posteriormente las técnicas e instrumentos que se emplea para la recolección de datos, finalmente las técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

En el capítulo V se lleva a cabo la presentación y análisis de resultados de la investigación, en el cual se detalla la información preliminar como la topografía de la localidad, el caudal que suministra la fuente de agua, la población futura, dotación y los caudales de diseño, con estos datos se realiza la modelación de dos propuestas para el sistema de agua potable, a continuación se elige la propuesta que brinde mejor eficiencia hidráulica, para posteriormente analizar los resultados obtenidos, compararlos con las normas peruanas

vigentes y finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción y formulación del problema

### 1.1.1 Formulación del problema

El agua es una necesidad fundamental de la humanidad, es el líquido más importante y esencial para la calidad de vida de las personas (Essap, 2016). El acceso al agua potable es un derecho básico, y un paso esencial hacia un mejor estándar de vida, es por ello que las comunidades rurales que no poseen recursos hídricos, son económicamente pobres y sus residentes se encuentran atrapados en un ambiente de alta morbilidad, pobreza y escasez. Debido a ello, un servicio adecuado de agua potable permite reducir enfermedades y mejorar el estilo de vida de las personas, sin embargo, existe una brecha importante en la cobertura brindada por el estado para la zona urbana y rural, siendo las localidades rurales o centros poblados de hasta 2000 habitantes los que no poseen un servicio adecuado de agua potable.

Alrededor de 2.200 millones de personas en todo el mundo no cuentan con servicios de agua potable gestionados de manera segura, 1 de cada 3 personas en el mundo no tiene acceso a agua potable. Los datos muestran que 8 de cada 10 personas que viven en zonas rurales carecían de acceso a estos servicios, y en uno de cada cuatro países con estimaciones para diferentes grupos de riqueza, la cobertura de los servicios básicos entre los más ricos era por lo menos el doble de alta que entre los más pobres. (Unicef, 2019, p.01)

“En África subsahariana solo el 24% de las personas tienen acceso a agua potable” (Naciones Unidas, 2019, p.01). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (como se citó en UNICEF, 2018) afirma que, en 2015, en toda la región árabe, unos 51 millones de personas (el 9% de la población total) carecían de un servicio básico de agua potable, el 73% de los cuales vivía en zonas rurales. “En América del Norte y Europa, 21 millones de personas no tienen acceso a servicios básicos de agua potable” (Ayuda en acción, 2020, p.01).

En 2015, el 65% de la población de América Latina y el Caribe tenía acceso a servicios hídricos gestionados de forma segura. Muchas personas sin acceso a servicios se concentran en áreas periurbanas, principalmente en los cinturones

de pobreza que surgen en la periferia de muchas de las ciudades. Los niveles de cobertura son significativamente más bajos en las zonas rurales. (Naciones Unidas, 2019, p.1)

Este mismo hecho ocurre en México, en donde plantean que el acceso al agua y saneamiento sea un derecho, como solución al escaso abastecimiento en zonas rurales. Por ello Domínguez (2010) sostiene que los gobiernos deberían promover agua a los sectores marginados y vulnerados socialmente de manera gratuita, ya que son estas zonas las que más pagan por el servicio y cuestiona los elementos que constituyen el acceso y saneamiento. Por lo que se plantea una política fuerte y de buen diseño para el desarrollo social. Como dato no menor, las Naciones Unidas (como se citó en UNICEF, 2019) afirma que, 297000 niños menores de cinco años mueren cada año debido a enfermedades diarreicas causadas por las malas condiciones sanitarias o agua no potable.

“Perú es uno de los 20 países más ricos del mundo en agua” (Oxfam, 2016), sin embargo, según ENAPRES (2018), sostiene que 3 millones de peruanos (9.30%) no cuentan con agua por red pública. Por otro lado, según el INEI (2019) sostiene que el 23.70% de la población rural del Perú no tienen acceso a agua por red pública, de los cuales en mayor porcentaje (15,00%) acceden a agua por río, acequia o manantial, seguido de otros (4,2%).

Según el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2019) sostiene que el departamento de Ayacucho cuenta con una brecha de cobertura del servicio de agua potable en el sector rural de 22.46% que representa 71,309 pobladores sin acceso a este servicio. Por ello, Lossio (2012) afirma que:

Una de las causas principales de que la cobertura del servicio de agua potable en el medio rural sea muy baja, es debido a que los sistemas convencionales de abastecimiento de agua potable no siempre se adecúan a la realidad de las comunidades rurales. La utilización de fuentes de energía como los combustibles hidrocarburos y la electricidad, no resultan ser opciones adecuadas ya que generan problemas de almacenamiento, transporte y distribución de combustible, además de generación de desechos que contaminan el ambiente. Esto no garantiza un funcionamiento continuo y confiable de los equipos del sistema de abastecimiento de agua potable y genera elevados costos. (p.01)

Este es el caso de la localidad rural de Allpa Orccuna, ubicada en el distrito de Vinchos, provincia de Huamanga, en el departamento de Ayacucho, donde no contaban con una red de abastecimiento de agua potable, como respuesta a ello, la municipalidad distrital de Vinchos, en el año 1997 destinó un presupuesto para la ejecución de un proyecto de abastecimiento de agua que actualmente cuenta con infraestructura de captación deterioradas y deficientes.

Esto ha generado que existan filtraciones a lo largo de la línea, lo cual origina la disminución del caudal de ingreso al reservorio y por ende abastece parcialmente la demanda de la población.

Ante tal circunstancia se asume que, al realizar un adecuado proyecto de mejoramiento y ampliación, llevando a cabo los estudios hidráulicos correspondientes se podrá abastecer en la actualidad a la población total, obteniendo todos los factores que se requieran para posteriormente con estos datos realizar un correcto diseño de una nueva red.

#### 1.1.2 Problema General

¿Cómo mejorar la eficiencia hidráulica del sistema de agua potable en la localidad rural de Allpa Orccuna, distrito de Vinchos - Ayacucho?

#### 1.1.3 Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las características topográficas del área de estudio?
- b) ¿Cuál es la dotación de agua potable de la localidad rural de Allpa Orccuna?
- c) ¿Cómo proponer un sistema de servicio de agua potable óptimo?

### 1.2 Objetivo general y específico

#### 1.2.1 Objetivo general

Mejorar el servicio de agua potable de la localidad rural de Allpa Orccuna.

#### 1.2.2 Objetivo específico

- a) Caracterizar la topografía de la localidad rural de Allpa Orccuna.
- b) Determinar la dotación de agua potable en la localidad rural de Allpa Orccuna.

- c) Proponer un sistema de servicio de agua potable óptimo para la localidad rural de Allpa Orccuna.

### 1.3 Delimitación de la investigación: temporal, espacial y temática

#### 1.3.1 Delimitación Temporal

La investigación se realizará durante un periodo de 6 meses, puesto que se cuentan con todos los datos necesarios para desarrollar el proyecto. (Ver Cronograma, Anexo 1)

#### 1.3.2 Delimitación Espacial

Como se puede observar (ver Figura N° 1) la investigación se encuentra ubicada en la localidad rural de Allpa Orccuna del distrito de Vinchos, Ayacucho. Geográficamente se localiza en las coordenadas por el este con 567320 m, por el norte 8544811 m y una altura de 3407 m.s.n.m.

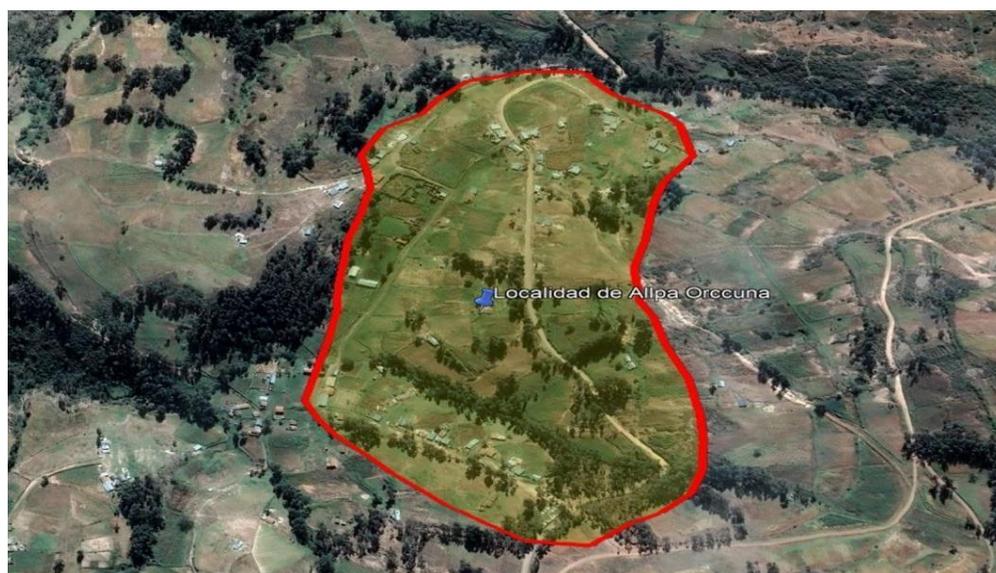


Figura N° 1: Ubicación de la localidad de Allpa Orccuna

Fuente: Elaboración propia usando el software Google Earth v.7

#### 1.3.3 Delimitación Temática

Mejoramiento del servicio de agua potable para la localidad de Allpa Orccuna, esta investigación será de la especialidad de hidráulica.

## 1.4 Justificación e importancia

### 1.4.1 Justificación

La presente tesis surge para dar solución a los problemas de distribución de agua potable en la localidad rural de Allpa Orccuna, mediante un mejoramiento del sistema de agua potable por medio de una propuesta óptima.

#### Justificación Práctica

La investigación contempla el mejoramiento del servicio de agua potable en la localidad de Allpa Orccuna en donde se espera obtener un documento factible para proyectar un sistema de abastecimiento de agua óptimo, para el cual se brindará una serie de planos de los distintos elementos como lo son la cámara de captación de ladera, reservorio, líneas de conducción, aducción y distribución, que componen el sistema de mejoramiento del servicio de agua potable. Por ello, se realizará el modelamiento del sistema propuesto en el programa WaterCAD v.10.

Se formulan tablas que justifiquen los diámetros adecuados a utilizar en las líneas de conducción, aducción y distribución, de acuerdo a la dotación diaria que existe de la fuente, se indicará el periodo de tiempo del mantenimiento del sistema a proponer. Se señalará también los puntos en donde se encontrará ubicado la cámara de captación, el reservorio y demás obras del sistema de agua potable.

#### Justificación Social

La investigación pretende dar un aporte significativo a la localidad rural de Allpa Orccuna ubicada en el distrito de Vinchos, porque se van beneficiar en esta investigación 48 familias y 1 institución de la localidad, un equivalente a 177 personas que van a mejorar sus condiciones de vida en cuanto a disminución de las enfermedades de origen hídrico, podrán generar mayor limpieza en sus viviendas, aseo personal, etc.

El mejoramiento del servicio busca brindar un beneficio a las familias porque ya no perder más tiempo en desplazarse largos tramos a los puntos en donde obtienen el agua, además de no perder más tiempo al día, ya que no caminarán

kilómetros porque llegará el agua potable directamente a su vivienda las 24 horas del día sin interrupciones.

#### Justificación Ambiental

La ejecución del proyecto permitirá mejorar las condiciones de vida de la localidad de Allpa Orccuna, permitiendo la sostenibilidad de los recursos hídricos, de tal manera que se garantice el continuo abastecimiento del agua potable las 24 horas del día sin tener fugas o filtraciones en las líneas que puedan ocasionar un racionamiento del agua en la localidad.

#### 1.4.2 Importancia

La finalidad de la presente investigación es mejorar y ampliar el sistema de agua potable en la localidad rural de Allpa Orccuna, garantizando una mejor calidad de vida y un servicio permanente del consumo de agua. Asimismo, se busca que el agua abastezca continuamente a toda la población de la localidad. Esta investigación se justifica en el uso del modelado numérico, ya que podemos obtener cálculos exactos de los caudales, presiones, diámetros de tubería y cantidad de horas que se abastecerá de agua la localidad rural sin restricciones o deficiencias optimizando la calidad y cantidad que agua.

#### 1.4.3 Limitaciones del estudio

##### Limitación teórica

Dada la dificultad para conseguir información actualizada acerca del distrito y específicamente de la localidad rural de Allpa Orccuna al año 2020, se optó por obtener información de un expediente técnico que involucra a la localidad, en el cual figura un padrón de beneficiarios para el año 2016.

##### Limitación del entorno

Debido a la pandemia actual ocasionada por el virus SARS-COV2 alrededor de todo el mundo, se ha dificultado realizar visitas al distrito y en específico a la localidad en estudio, ya que las localidades en especial cuentan con su propio protocolo de bioseguridad para ingreso de personas y en estas épocas difíciles son poco amigables a visitas externas por temor al contagio.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio de investigación

#### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Guaman y Taris (2017) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Diseño del sistema para el abastecimiento del agua potable de la comunidad de Mangacuzana, Cantón Cañar, provincia de Cañar”. Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. El objetivo principal fue realizar el diseño definitivo del sistema para el abastecimiento de agua potable de la comunidad de Mangacuzana, mediante cálculos e investigaciones en las normativas vigentes. Trabajo con una metodología de tipo de investigación experimental. El principal resultado fue que se logró un adecuado diseño de redes de agua potable mediante el software EPANET, obteniendo los valores hidráulicos para poder abastecer de agua potable a la población futura determinada. Llega a la conclusión que se determinó el caudal de uso múltiple un caudal total de 0,8 l/s, además que se utilizó tubería PVC de longitud total 3.72 Km, teniendo una rugosidad de 140, los diámetros utilizados varían desde los 50mm hasta los 20mm. Esta investigación presenta el diseño del sistema para el abastecimiento de agua potable haciendo uso de métodos numéricos y estadísticos modelados en el programa EPANET. Sin embargo, el diseño de captación de agua realizado, presenta un inadecuado diseño a comparación con la propuesta de la norma peruana.

Schuster (2017) en su tesis para optar el grado de magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente titulada “50 años de programa de agua potable rural en Chile: Un análisis institucional y normativo en el marco de la reforma del sector”. Instituto de estudios urbanos y territoriales, Chile. El objetivo principal fue analizar el proyecto de ley que crea los servicios sanitarios rurales en relación a la trayectoria y desafíos identificados en la ejecución del programa de agua potable rural en Chile. Trabajo con una metodología de tipo de investigación explicativa. Los principales resultados fueron la incorporación del saneamiento en el sector rural, que bajo la estructura actual del PAPR no era incorporada, siendo reconocido ampliamente como un desafío y que es

incorporado en los SSR. Llega a la conclusión que se reconoce la necesidad de una ley que regule, estableciendo una institucionalidad y normativa para enfrentar los desafíos expuestos en los sectores rurales chilenos expuestos en la investigación. Esta investigación propone el proceso que debe seguir el Perú para lograr proponer un reglamento o normativa que regule el sistema de abastecimiento de agua potable en los distintos sectores rurales. No obstante, al aplicar los pasos aplicados en la investigación no cumplen con las normas y reglamentos nacionales para poder obtener un reglamento que beneficie a las zonas rurales.

García (2015) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Totutla, Veracruz”. Tesis profesional: Universidad Nacional Autónoma de México. El objetivo principal fue diseñar el sistema de abastecimiento que cumpla con las diferentes normas y especificaciones emitidas por las dependencias, el cual permitirá suministrar el agua en forma continua y en la cantidad demandada, así resolver los problemas que se generan por no contar con un sistema de abastecimiento de agua potable. Los principales resultados fueron que al realizar las simulaciones mediante el software usado y siguiendo recomendaciones de la CONAGUA, se tuvo que reducir el diámetro de las tuberías para que las velocidades no sean bajas o nulas. Llega a la conclusión que el uso de softwares se ha hecho fundamental ya que sin ellos el tiempo que tarda la fase de diseño se incrementa demasiado debido a que con estos se puede realizar los cálculos, modelos y planos, también que los estudios, análisis y diseños se realizaron bajo normas de distintos órganos especializados de gobierno. Esta investigación propone como base para los diseños que se realizará con los parámetros obtenidos en el estudio, los cálculos que realizaron para los diámetros de la tubería no fueron correctos, ya que al realizar las simulaciones mediante el software se tuvo que reducir estos diámetros para que tuvieran una velocidad adecuada.

Orjuela (2015) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Diseño hidráulico de los elementos principales para el acueducto Aacupasa - asociación de usuarios de las veredas Pasquillita y Santa Rosa,

ubicado en la localidad 19 ciudad bolívar, Bogotá D.C”. Tesis profesional: Universidad Católica de Colombia. El objetivo principal es realizar el diseño hidráulico de los elementos principales para el acueducto recolectando información necesaria para estimar la población beneficiada, así como identificar la capacidad y demanda de la fuente de captación. Los principales resultados fueron que la quebrada es abastecida por un colchón hídrico donde hay vegetación, la cual hace de filtro y mejora la calidad del agua. Llega a la conclusión que según el RAS 2000 y el tamaño de su población, su periodo de diseño estará proyectado a 25 años, también se diseñó el tanque de almacenamiento en dos compartimientos para facilitar el mantenimiento y garantizar el servicio continuo. Esta investigación propone como base para el diseño de las redes de abastecimiento que se hará. Sin embargo, no se define los diferentes tipos de válvulas a usar ni la ubicación que tendrán en el sistema de abastecimiento para poder aliviar las presiones en los puntos donde la diferencia de cotas es muy alta.

#### 2.1.2 Antecedentes nacionales

Vargas (2020) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Diseño de redes de agua potable y alcantarillado de la comunidad campesina la ensenada de Collanac distrito de Pachacamac mediante el uso de los programas Watercad y Sewercad”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. El objetivo principal fue diseñar las redes de agua potable y alcantarillado de la Comunidad Campesina la Ensenada de Collanac en la Quebrada de Manchay distrito de Pachacamac, que conlleva a una disminución del alto porcentaje de enfermedades infecciosas, parasitarias y de piel en la población. Trabajó con una metodología de tipo de investigación experimental. Los instrumentos usados fueron un estudio de población futura en base al crecimiento demográfico, el cual se realizó por métodos estadísticos. El principal resultado fue que se logró un adecuado diseño de redes de agua potable mediante el programa WaterCAD, obteniendo los valores hidráulicos dentro de los parámetros máximos y mínimos. Llega a la conclusión que los diseños de redes de agua potable y alcantarillado realizados son confiables y están listos para ser analizados en diferentes escenarios, ya que fueron adecuadamente validados de acuerdo con el proceso realizado. Esta investigación propone como

muestra de un correcto diseño de redes de agua potable. Sin embargo, no se halló la población futura con ninguno de los métodos tradicionales conocidos, lo cual puede resultar en diseños incorrectos del sistema de abastecimiento debido a un mal cálculo de esta población proyectada.

Quispe (2020) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Ampliación y mejoramiento del sistema de saneamiento básico integral en la comunidad de Umana provincia de Paucartambo - Cusco”. Tesis profesional: Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco. El objetivo principal fue mejorar la calidad de servicio que se brinda a la comunidad de Umana, mejorando y optimizando el sistema de abastecimiento de agua potable y saneamiento. Los principales resultados fueron que el periodo de retorno será de 20 años, además que el proyecto luego de hacer los estudios básicos resulta ser rentable y factible. Llega a la conclusión que la ejecución de este proyecto generará grandes beneficios a la población, además que, al tener 3 fuentes de agua, el proyecto propone la construcción de 4 fuentes más de captación, finalmente el diseño cumple con las normas de abastecimiento de agua y saneamiento para poblaciones rurales. Esta investigación propone como referencia ya que se tiene que realizar un estudio hídrico, así obtener la información de nuestra fuente de agua para evaluar si abastece a nuestra población. A pesar de ello, no se realizó el diseño para los diferentes tipos de válvulas que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable, al no contar con estas se puede tener daños en las líneas de conducción o distribución.

Morante (2019) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad de Sónдор, Huancabamba”. Tesis profesional: Universidad de Piura. Tiene como objetivo principal el rediseño de la red de agua potable para la localidad de Sónдор debido a la antigüedad de este sistema, así satisfacer los nuevos requerimientos de demanda actuales y futuros. Los principales resultados fueron que el balance hídrico entre oferta y demanda es positivo, es decir que el caudal es mayor al requerido, con ello se espera que la población reciba un servicio eficiente y de calidad durante 20 años. Llega a la conclusión que los resultados de diseño final obtenidos en el sistema tales como presiones, caudales, calidad. Están dentro de los lineamientos exigidos por la

normativa vigente, con ello se garantiza la dotación del líquido en su totalidad a dicha localidad y con ello mejorar el nivel de vida de los pobladores. Esta investigación se asemeja a nuestro tema de tesis, el cual se hará un mejoramiento debido al deterioro de la red por la antigüedad que tenía, esta investigación nos habla sobre un mejoramiento de la mayor parte de las estructuras. Sin embargo, no de un rediseño como tal para todas las estructuras que conforman el sistema de abastecimiento de agua potable.

Machado (2018) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado Santiago, distrito Chalaco, Morropon - Piura”. Universidad Nacional de Piura, Piura. Tuvo como objetivo general diseñar la red de abastecimiento de agua potable del Centro Poblado de Santiago, Distrito de Chalaco, utilizando el método del sistema abierto. Llega a la conclusión que los resultados obtenidos de manera manual y con hoja de Excel sirven para comparar los resultados obtenidos con el software WaterCAD, de manera que estos son muy similares permitiendo así poder afirmar y consolidar que este software sería de gran ayuda para los municipios. Esta investigación propone el diseño del sistema de agua potable que sirve como base para poder corroborar que el diseño en software y en hoja de cálculos coinciden para poder obtener un sistema eficiente y seguro. Sin embargo, la investigación no indica el tipo de captación que se está utilizando y mucho menos la calidad del agua que pretende brindar a la población.

## 2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

### 2.2.1 Recursos hídricos

Aquae Fundación (2020) afirma:

El aumento del nivel del mar y el derretimiento de los glaciares son posiblemente dos de las consecuencias del calentamiento global que mejor ejemplifican la relación entre agua y cambio climático. Pero no son las únicas. Según las previsiones científicas, esta relación provocará una variabilidad o modificación de los recursos hídricos. Esto provocará que los episodios de sequía en regiones ya áridas sean más frecuentes y duraderos en el tiempo. El agua potable y un saneamiento adecuado serán más

complicados en muchas zonas en las que ya de por sí experimentan dificultades para acceder a ellos. (p.01)

“14 de los 33 países que tienen más probabilidades de enfrentarse a recortes en el suministro de agua se encuentran en Oriente Medio. Entre ellos, hay nueve países que podrían sufrir fuertemente la escasez de agua: Bahrein, Kuwait, Palestina, los Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudí, Omán y el Líbano” (World Resources Institute, 2015, p.01).

“Australia, Indonesia, Filipinas, Mongolia, Namibia, Sudáfrica, Botsuana, Perú, Chile y distintos países del norte de África también se enfrentan a un elevado riesgo de escasez de agua, se contempla que el déficit aumentará entre el 40 % al 70 % en 2040” (World Resources Institute, 2015, p.02).

### 2.2.2 Importancia de los sistemas de abastecimiento de agua potable

Según el Instituto nacional de estadística e informática (2018) afirma:

El agua es una necesidad fundamental de la humanidad. Según Naciones Unidas cada persona en la tierra requiere al menos 20 a 50 litros de agua potable limpia y segura al día para beber, cocinar y simplemente mantenerse limpios. Considera el acceso al agua limpia como un derecho básico de la humanidad, y como un paso esencial hacia un mejor estándar de vida en todo el mundo. Las comunidades carentes de recursos hídricos, por lo general, son económicamente pobres y sus residentes están atrapados en un círculo vicioso de pobreza. (p.05)

La Organización Mundial de la Salud (como se citó en Koshland Science Museum, 2012) afirma que los sistemas de distribución deben lograr que el agua potable esté disponible para que las personas no tengan que desplazarse más de un kilómetro desde el sitio donde utilizarán el agua. Para todas las personas, hay un costo involucrado en el logro de la distribución de agua hasta sus viviendas o hasta la comunidad.

### 2.2.3 Demanda de agua

Para el cálculo de la demanda de agua se requiere analizar cuatro variables, que son:

a) Período de Diseño

Curso Formulación y Evaluación en PIP del Sector Saneamiento del Ministerio de Economía y Finanzas (2011) afirma:

Es el período de tiempo en el cual la capacidad de producción de un componente de un sistema de agua potable o alcantarillado, cubre la demanda proyectada minimizando el valor actual de costos de inversión, operación y mantenimiento durante el periodo de análisis del proyecto. (p.31)

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006) en la Norma OS.100, numeral 1.2, afirma:

Para proyectos de poblaciones o ciudades, así como para proyectos de mejoramiento y/o ampliación de servicios en asentamientos existentes, el período de diseño será fijado por el proyectista utilizando un procedimiento que garantice los períodos óptimos para cada componente de los sistemas. (p.114)

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2004) en el Programa Nacional de Saneamiento Rural (PRONASAR) afirma:

Los periodos de diseño máximos recomendables, son los siguientes: 20 años de Capacidad de las fuentes de abastecimiento 20 años, de obras de captación, de pozos, de plantas de tratamiento de agua de consumo humano, reservorio y tuberías de conducción, impulsión, distribución. (p.08)

#### b) Población actual y futura

Según Vierendel (2009) afirma:

El siguiente paso después de seleccionar el período de diseño, es proyectar la población de la comunidad para el último año del período seleccionado. Esta población de diseño se calcula con la población actual de la comunidad y el índice de crecimiento de la población para el último período de diseño. (p.09)

Los métodos de estimación de la población futura son:

##### i) Método comparativo

“Consiste en calcular la población de una ciudad con respecto a otras que tengan características similares y crecimientos superiores. Es un procedimiento gráfico” (Vierendel, 2009, p.10).

ii) Método racional

“Este método depende del criterio del que desarrolla el proyecto. Se hace un estudio socio-económico del lugar, se toma en cuenta el crecimiento vegetativo que es en función de los nacimientos, defunciones, inmigraciones, emigraciones y población flotante” (Vierendel, 2009, p.11).

$$P=(N+I)-(D+E)+P_f$$

Donde:

N= Nacimientos

D=Defunciones

I= Inmigraciones

E= Emigraciones

P<sub>f</sub>=Población flotante

P=Población

iii) Métodos analíticos

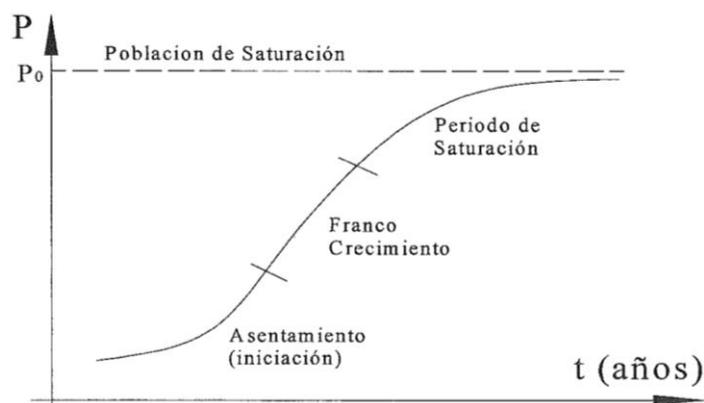


Figura N° 2: Grafico para el Método Analítico

Fuente: Vierendel (2009)

(1) Método aritmético:

Según Vierendel (2009) cuando la población se encuentra en franco desarrollo este método es empleado.

- Población intercensal

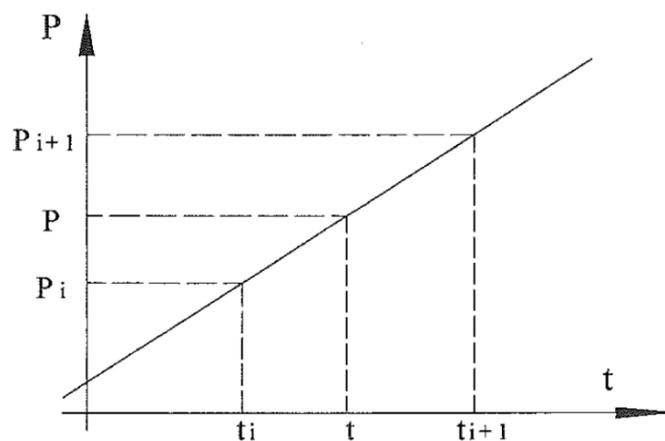


Figura N° 3: Gráfico para población intercensal

Fuente: Vierendel (2009)

$$r = \frac{P_{i+1} - P_i}{t_{i+1} - t_i}$$

$$P = P_o + r(t - t_o)$$

- Población post-censal

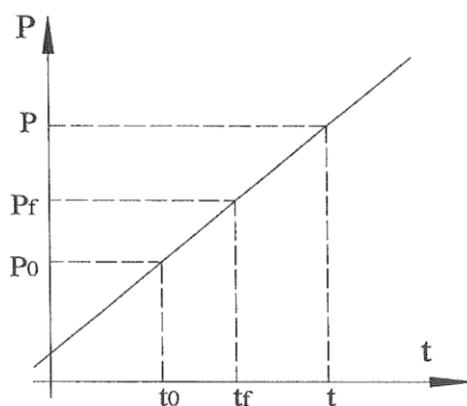


Figura N° 4: Gráfico para población post-censal

Fuente: Vierendel (2009)

$$r = \frac{P_{i+1} - P_i}{t_{i+1} - t_i}$$

$$P = P_f + r(t - t_f)$$

Donde:

P= Población a calcular

P<sub>o</sub>= Población inicial

r= Razón de crecimiento

t= Tiempo futuro

t<sub>0</sub>=Tiempo inicial

(2) Método de interés simple

Según Vierendel (2009) cuando la población se encuentra en franco desarrollo este método es empleado, siguiendo la fórmula:

$$P=P_0 [1+r (t- t_0)]$$

$$r=\frac{P_{i+1} - P_i}{P_i (t_{i+1} - t_i)}$$

Donde:

P= Población a calcular

P<sub>0</sub>= Población inicial

r= Razón de crecimiento

t= Tiempo futuro

t<sub>0</sub>=Tiempo inicial

(3) Método geométrico

Según Vierendel (2009): “Este método se emplea cuando la población está en su iniciación o periodo de saturación más no cuando está en el período de franco crecimiento” (p.14).

$$r=\sqrt[t_{i+1}-t_i]{\frac{P_{i+1}}{P_i}}$$

$$P= P * r^{(t-t_0)}$$

Donde:

P= Población a calcular

P<sub>0</sub>= Población inicial

t= Tiempo en que se calcula la población

t<sub>0</sub>=Tiempo final

r= Factor de cambio de las poblaciones

(4) Método de la parábola

Según Vierendel (2009): “Este método se usa preferentemente en poblaciones que se encuentran en el periodo de asentamiento o inicio (solo se escogerán 3 datos censales)” (p.16).

$$P=A \times \Delta t^2+B \times \Delta t+C$$

Donde:

P= Población

A, B, C= Constantes.

$\Delta t$ =Intervalo de tiempo

(5) Método de la curva normal logísticas

Según Vierendel (2009): “Se aplica para el cálculo de poblaciones futuras, partiendo de 3 puntos equidistantes y para aquellas que están cerca de su periodo de saturación, es decir ciudades cuyas poblaciones son mayores de 100000 habitantes” (p.19).

$$P= \frac{P_s}{1+ e^{a+bt}}$$

Donde:

$P_s$ = Población de saturación

P= Población esperada en el tiempo “t”

a y b= Constantes

e= Base de los logaritmos neperianos

c) Dotación de agua

La dotación de agua se fija en cuestión de un estudio justificado técnicamente de consumos, bajo el respaldo de información estadísticas comprobadas. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006) afirma:

Si se comprobará la inexistencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 200 l/hab/d, en clima frío y de 250 l/hab/d en clima templado y cálido. Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m<sup>2</sup>, las dotaciones serán de 120 l/hab/d en clima frío y de 150 l/hab/d clima templado y cálido. Para sistemas de abastecimiento indirecto por surtidores para camión cisterna o piletas públicas, se considerará una dotación entre 30 y 50 l/hab/d respectivamente. (p.114)

Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos del SNIP y el Ministerio de Economía y Finanzas (2011) afirma: “Se establece el consumo

de agua doméstico, en el ámbito rural, en base a recomendaciones normativas de litros/habitante/día (dotación)” (p.27). Dependiendo del sistema de disposición de excretas, puedes tener en consideración estos valores:

Tabla N°1: Análisis de la demanda de agua en el ámbito rural

Región Geográfica	Consumo de agua doméstico, dependiendo del Sistema de disposición de excretas utilizado	
	Letrinas sin arrastre	Letrinas con arrastre
	hidráulico	hidráulico
Costa	50 a 60 l/hab/d	90 l/hab/d
Sierra	40 a 50 l/hab/d	80 l/hab/d
Selva	60 a 70 l/hab/d	100 l/hab/d

Fuente: SNIP – Ministerio de Economía y Finanzas (2011)

#### d) Caudales de diseño

Los parámetros para un proyecto de agua potable son los siguientes:

- i) Caudal promedio (Qp): “El consumo promedio diario anual, se define como el resultado de una estimación del consumo per cápita para la población futura del periodo de diseño, expresada en litros por segundo (l/s)” (Tisnado, 2014, p.27).

$$Qp = \frac{\text{Dotación} \times \text{Población Futura}}{86400}$$

Donde:

Población Futura= en número de habitantes

Dotación= en l/hab/día.

- ii) Caudal máximo diario (Qmd): “Se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año” (Guibo, 2012, p.07).

$$Qmd = Qp \times K1 \text{ (l/s)}$$

- iii) Caudal máximo horario (Q máx. h): “Se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo” (Guibo, 2012, p.08).

$$Qmh = Qp \times K2 \text{ (l/s)}$$

- iv) Caudal máximo maximórum ( $Q_{\text{máx. m}}$ ): "Es el caudal máximo horario del día de máximo consumo" (Zanabria, 2015, p.37).

$$Q_{\text{mm}}=Q_p \times K_1 \times K_2 \text{ (l/s)}$$

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006) en la Norma OS.100, numeral 1.5 afirma:

En los abastecimientos por conexiones domiciliarias, los coeficientes de las variaciones de consumo, referidos al promedio diario anual de la demanda, deberán ser fijados en base al análisis de información estadística comprobada. De lo contrario se podrán considerar los siguientes coeficientes: Máximo anual de la demanda diaria ( $K_1$ ) 1,3 y máximo anual de la demanda horaria ( $K_2$ ) 1,8 a 2,5. (p.114)

El Fondo Perú-Alemania Deuda por Desarrollo (2009) refiere que el caudal máximo diario, será útil para realizar el diseño de la captación, línea de conducción y reservorio. El caudal máximo horario, será útil para realizar el diseño del aductor y sistema de distribución.

#### 2.2.4 Sistema de abastecimiento de agua potable

Los sistemas de agua potable tienen por objetivo abastecer de agua potable a una población determinada. Fondo Perú-Alemania (2017) refiere:

Estos pueden ser de dos tipos, sistemas convencionales y sistemas no convencionales. El sistema convencional es aquel que ofrecen accesibilidad al agua potable del tipo domiciliario y así mismo, posee un sistema de distribución y cantidad en calidad y cantidad propuesto por las normas de diseño. Las viviendas son abastecidas por medio de una conexión domicilia, estos sistemas son de cuatro tipos, por bombeo y por gravedad con o sin tratamiento respectivamente (p.14).

Así, un sistema no convencional es aquel sistema que ofrece un esquema de abastecimiento de agua potable, integrado por soluciones multifamiliares o individuales que utilizan fuentes de agua pequeñas y demandan el transporte,

almacenamiento y desinfección a nivel intradomiciliario. (Fondo Perú-Alemania, 2017, p.15)

Está compuesta por 5 partes las cuales son: cámara de captación, línea de conducción, reservorio, red de distribución y las conexiones domiciliarias.

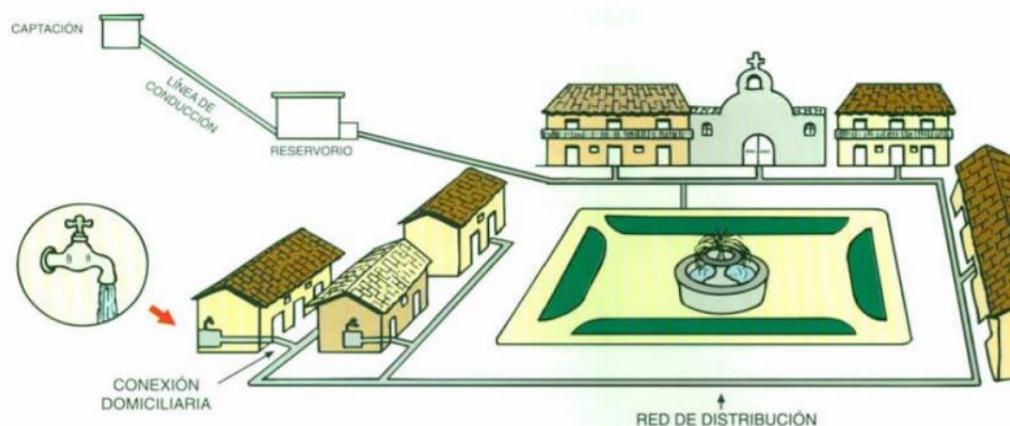


Figura N° 5: Sistema de abastecimiento de agua potable

Fuente: CARE- Perú (2001)

### 2.2.5 Cámara de captación

Según Agüero (2004), indica que cuando la fuente de captación es de un manantial de ladera y concentrado, posee tres partes: La primera es donde se protege el afloramiento este compartimiento posee una losa de concreto en toda la extensión de la fuente de tal manera que no haya contacto con el ambiente, quedando sellado para evitar contaminación. Junto a la cámara existe material granular clasificado que son colocados en toda la extensión para evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara y del aquietamiento de algún material en suspensión; la segunda, una cámara húmeda que tiene un cono de rebose para eliminar el exceso de producción de la fuente y una canastilla de salida para trasladar el agua necesaria; y la tercera, una cámara seca que sirve para evitar daños en la válvula de control.

#### a) Diseño de la Cámara de Captación

##### i) Determinación del ancho de la pantalla

Según el Programa Nacional de Saneamiento Rural (2012) afirma que para lograr realizar el cálculo del ancho de pantalla es fundamental tener

en conocimiento el número de orificios y el diámetro que permitirá que el agua fluya desde la captación hacia la cámara húmeda. Sabemos que:

$$Q_{\max} = V_2 \times C_d \times A \text{ (l/s)}$$

$$A = \frac{Q_{\max}}{V_2 \times C_d} \text{ (m}^2\text{)}$$

Donde:

$Q_{\max}$  = Gasto máximo de la fuente en l/s.

$C_d$  = Coeficiente de descarga (0,6 a 0,8).

$g$  = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>).

$h$  = Carga sobre el centro del orificio (m).

$V_{2t}$  = Velocidad de paso teórica:

$$V_{2t} = C_d \times \sqrt{(2 \times g \times h)}$$

$V_2$  = Velocidad de paso (siendo menor que el valor máximo de 0,60 m/s).

$A$  = Área de la tubería requerida para la descarga en m<sup>2</sup>.

$$A = \frac{Q_{\max}}{\sqrt{(2 \times g \times h)} \times C_d} = \frac{\pi \times D^2}{4} \text{ (m}^2\text{)}$$

El valor de  $D$  será definido mediante:

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

Según Agüero (2004), se recomienda usar diámetros ( $D$ ) menores o iguales de 2". Si se obtuvieron diámetros mayores, será necesario aumentar el número de orificios ( $N_A$ ), siendo:

$$N_{\text{orif}} = \left( \frac{\text{Área del diámetro teórico}}{\text{Área del diámetro asumido}} \right) + 1$$

$$N_{\text{orif}} = \left( \frac{D_t}{D_a} \right)^2 + 1$$

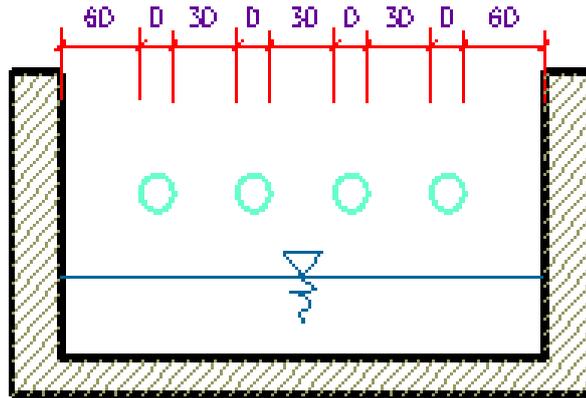


Figura N° 6: Determinación del ancho de la pantalla

Fuente: Programa nacional de saneamiento rural (2012)

Según Programa Nacional de Saneamiento Rural (2012) afirma que una vez obtenido el número de orificios y calculado el diámetro de la tubería de entrada, mediante la ecuación se obtiene el ancho de la pantalla (b)

$$b=2(6D)+(N_{orif} \times D)+3D \times (N_{orif}-1)$$

ii) Cálculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda.

Según Agüero (2004),  $H_f$  es la pérdida de carga que servirá para determinar la distancia entre el afloramiento y la caja de captación (L).

$$H_f=H-h$$

Donde:

H = Carga sobre el diseño del orificio en m.

$h_o$  = Pérdida de carga en el orificio en m.

$$h_o=1.56 \times \left( \frac{V_2^2}{C_d} \right)$$

$V_2$  = Velocidad de pase (se recomienda valores menores o iguales a 0,6 m/s).

$C_d$  = Coeficiente de descarga en el punto 1 (se asume 0,8).

L = Distancia entre el afloramiento y la captación.

$$L=\frac{H_f}{0.30}$$

iii) Cálculo de la altura de la cámara

Según Programa Nacional de Saneamiento Rural (2012), la altura total de la cámara húmeda (Ht) se tiene en consideración los elementos que componen la figura:

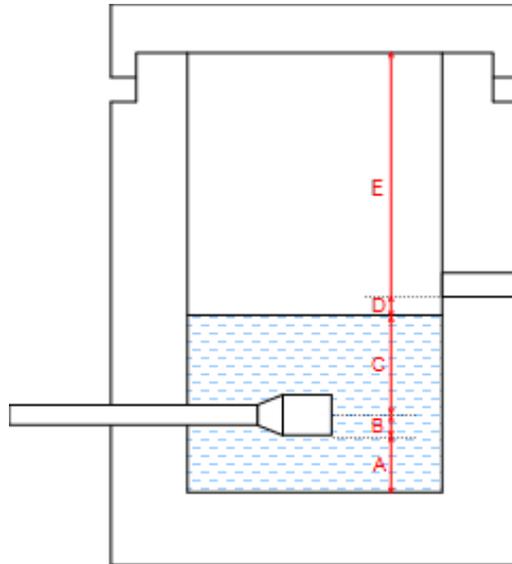


Figura N° 7: Cámara húmeda

Fuente: Programa nacional de saneamiento rural (2012)

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

Donde:

A = Se considera una altura mínima de 10 cm. Que permite la sedimentación de la arena.

B = Se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida.

D = Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua del afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (mínimo 5 cm).

E = Borde libre (se recomienda como mínimo 30 cm).

C = Altura de agua para que el gasto de salida de la captación (se recomienda una altura mínima de 30cm).

$$C = 1.56 \times \frac{Q_{md}^2}{2gA^2}$$

$Q_{md}$  = Caudal máximo diario en m<sup>3</sup>/s.

A = Área de la tubería de salida en m<sup>2</sup>.

iv) Dimensionamiento de la canastilla

Según Agüero (2004), indica que:

Para el dimensionamiento el diámetro de la canastilla debe ser el doble del diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción ( $D_c$ ); el área total de ranuras ( $A_t$ ) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción; y que la longitud de la canastilla ( $L$ ) sea mayor a  $3 D_c$  y menor de  $6 D_c$ . (p.18)

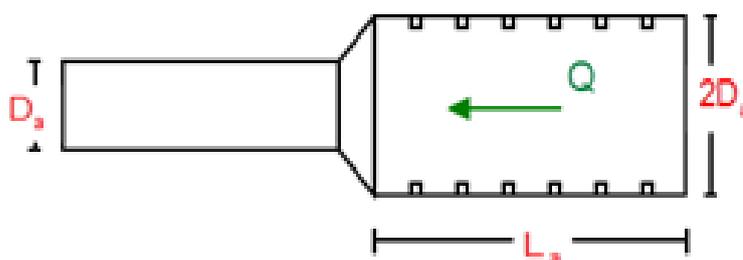


Figura N° 8: Representación de la canastilla

Fuente: Programa nacional de saneamiento rural (2012)

Diámetro de la canastilla

$$D_{\text{canastilla}} = 2 \times D_a$$

Longitud de la canastilla

$$L > 3 \times D_a$$

$$L < 6 \times D_a$$

Siendo las medidas de las ranuras:

Ancho de la ranura = 5 mm (Medidas recomendadas)

Largo de la ranura = 7 mm (Medidas recomendadas)

$$A_t = 2 \times A_c$$

$A_t$  debe ser menor que el 50% del área lateral de la granada ( $A_g$ )

$$A_g = 0.5 \times D_g \times L$$

Conocidos los valores del área total de ranuras y el área de cada ranura se determina el número de ranuras:

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = \left( \frac{\text{Área total de ranura}}{\text{Área de ranura}} \right)$$

v) Tubería de rebose y limpia

Según el Programa Nacional de Saneamiento Rural (2012) indica que en ambas tuberías tienen el mismo diámetro y se recomienda obtener pendientes de 1 a 1,5%, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Norif} = \left( \frac{0.71 \times Q^{0.38}}{hf^{0.21}} \right)$$

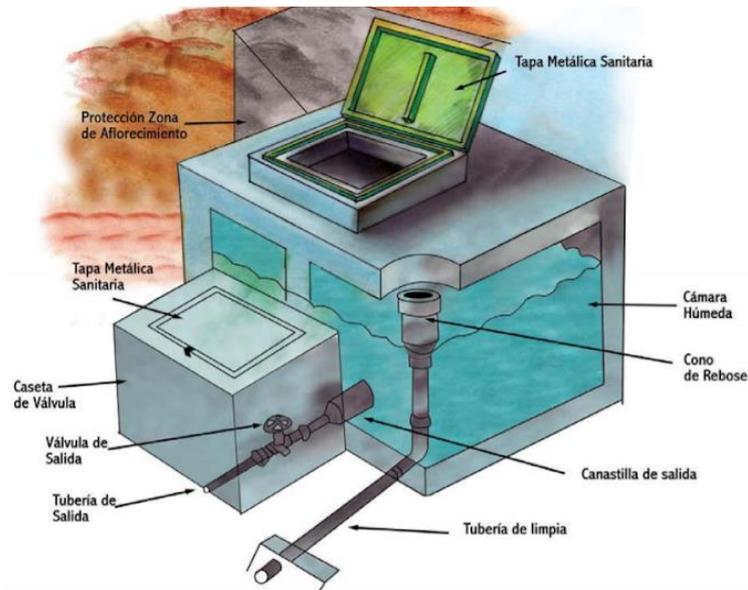


Figura N°9: Cámara de Captación

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017)

### 2.2.6 Cámara rompe presión

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) afirma que para líneas las Cámaras Rompe Presión (CRP) son plasmadas en puntos estratégicos en donde se logre reducir las presiones en las líneas de conducción que puedan superar los 50 mca afectando a la tubería.

Existen 2 tipos de cámaras rompe presión y se detallan a continuación:

#### a) Cámara rompe presión tipo VI

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) afirma:

Se ubica entre la captación y el reservorio en lugares de mucha pendiente. Sirve para regular la presión del agua y que esta no ocasione problemas en la tubería y sus estructuras. Es de concreto armado y tiene los siguientes accesorios: Válvula de entrada, ingreso de agua, rebose, tubo de limpieza y canastilla. La diferencia de nivel entre la captación y uno

o más puntos en la línea de conducción, genera presiones superiores a la presión máxima que puede soportar la tubería a instalar. Es en estos casos, que se sugiere la instalación de cámaras rompe-presión cada 50 m de desnivel. Para ello, se recomienda: Una sección interior mínima de 0,60 x 0,60 m, tanto por facilidad constructiva como para permitir el alojamiento de los elementos. (p.115)

La altura de la cámara rompe presión se calcula mediante la suma de tres conceptos: Altura mínima de salida, mínimo 10 cm Resguardo a borde libre, mínimo 40 cm Carga de agua requerida, calculada aplicando la ecuación de Bernoulli para que el caudal de salida pueda fluir. La tubería de entrada a la cámara estará por encima del nivel del agua. La tubería de salida debe incluir una canastilla de salida, que impida la entrada de objetos en la tubería. La cámara dispondrá de un aliviadero o rebose. El cierre de la cámara rompe presión será estanco y removible, para facilitar las operaciones de mantenimiento. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p.01)

i) Diseño de la Cámara Rompe Presión tipo VI

- Cálculo de la altura total

Del gráfico:

A: altura mínima (0.10 m)

H: altura de carga requerida para que el caudal de salida pueda fluir

BL: borde libre (0.40 m)

Ht: altura total de la Cámara Rompe Presión

$$H_t = A + H + BL$$

Para el cálculo de carga requerida (H)

$$H = 1.56 \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

Con menor caudal se necesita menor dimensión de la cámara rompe presión, por lo tanto, la sección de la base debe dar facilidad del proceso constructivo y por la instalación de accesorios, por lo que se debe considerar una sección interna de 0,60 x 0,60 m.

- Cálculo de la canastilla

Se recomienda que el diámetro de la canastilla sea 2 veces el diámetro de la tubería de salida.

$$D_c = 2 \times D$$

La longitud de la canastilla (L) debe ser mayor 3D y menor que 6D

$$3D < L < 6D$$

Área de ranuras:

$$A_s = \frac{\pi \times D_s^2}{4}$$

Área de At no debe ser mayor al 50% del área lateral de la granada (Ag)

$$A_g = 0.5 \times D_g \times L$$

El número de ranuras resulta:

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = \left( \frac{\text{Área total de ranura}}{\text{Área de ranura}} \right)$$

- Cálculo de la tubería de rebose

La tubería de rebose se calcula mediante la ecuación de Hazen y Williams (C= 150)

$$D = 4.63 \times \frac{Q^{0.38}}{C^{0.38} \times S^{0.21}}$$

Donde:

D= Diámetro

Qmd= Caudal máximo diario (l/s)

S= Pérdida de carga unitaria (m/m)

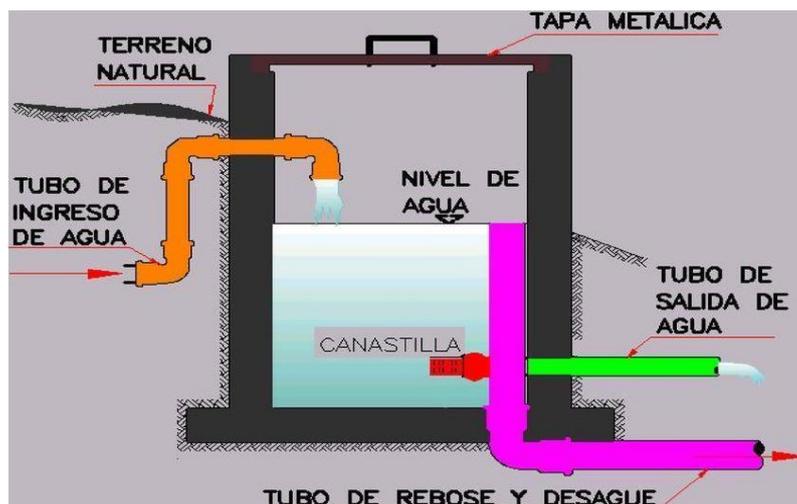


Figura N°10: Cámara rompe presión tipo VI

Fuente: Cooperación Alemana Deutsche Zusammenarbeit (2016)

b) Cámara rompe presión tipo VII

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) afirma: “Es empleada en la Red de Distribución, además de romper la presión regula el abastecimiento mediante el accionamiento de la válvula flotadora es de concreto armado” (p.115). Tiene los siguientes accesorios:

- Válvula flotador
- Ingreso de agua
- Rebose
- Tubo de limpieza
- Canastilla.

i) Diseño de la Cámara Rompe Presión tipo VII

- Cálculo de la altura total

$$H_t = A + H + B_L$$

$$H = \frac{1.56 \times Q_{mh}^2}{2 \times g \times A^2}$$

Datos:

H: Es la carga necesaria para que el gasto de salida de la CRP pueda fluir por la tubería

g: Aceleración de la gravedad

A: Altura hasta la canastilla. Se considera una altura mínima de 10 cm. Que permite la sedimentación de la arena

B.L: Borde libre mínimo se considera 40cm

Ht: Altura total de diseño

$$A = \frac{\pi \times D_c^2}{4}$$

A: Área de la tubería de salida a la Red de Distribución

Dc: Diámetro de la tubería de salida a la Red de Distribución.

Qmh: Caudal máximo Horario en el tramo más crítico

$$A_b = a^{*b}$$

Ab: Área de la sección interna de la base (Área interna del recipiente)

$$t = \frac{(2 \times A_b) \times (H^{0.5})}{(Cd \times A_o \times \sqrt{2g})}$$

t: tiempo de descarga a la Red de Distribución; es el tiempo que se demora en descargar la altura H de agua

$$V_{max} = A_b \times HT$$

Vmáx: Volumen de almacenamiento máximo dado para HT.

- Dimensionamiento de la canastilla

Para el dimensionamiento se considera que el diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el diámetro de la tubería de salida a la Red de Distribución (Dc); y que el área total de las ranuras (At), sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción; y que la longitud de la Canastilla sea mayor a 3Dc y menor a 6Dc (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p.114).

DC: Diámetro de la tubería de salida a la línea de Distribución

AR: Ancho de la ranura

LR: Largo de la ranura

Diámetro de la canastilla: Dcanastilla=2 x Dc

$$L1 = 3 \times Dc$$

$$L2 = 6 \times Dc$$

$$Ar = AR \times LR$$

Ar: Área de la Ranura

Ac: Área de la tubería de salida a la línea de distribución

$$A_t = 2 \times A_c$$

At: Área total de ranuras

$$A_g = 0.5 \times \pi \times D_c \times \text{Diseño}$$

Ag: Área lateral de la granada (Canastilla)

- Cálculo del diámetro de tubería del cono de rebose y limpieza

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018)

afirma: “El Rebose se instala directamente a la tubería de limpia y para realizar la limpieza y evacuar el agua de la cámara húmeda, se levanta la tubería de Rebose. La tubería de Rebose y Limpia tienen el mismo diámetro” (p.08). Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{(0.71 \times Q_{\text{max}}^{0.38})}{h_f^{0.21}}$$

Qmd: Caudal de salida a la Red de Distribución (Caudal máximo Horario)

hf: Pérdida de Carga Unitaria

D: Diámetro de la tubería de Rebose y Limpieza (pulg)

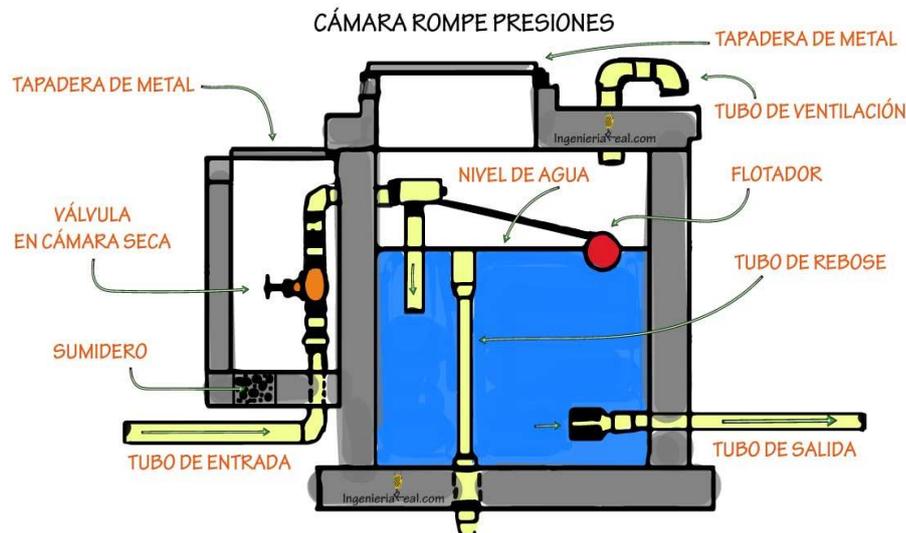


Figura N° 11: Cámara rompe presión tipo VII

Fuente: Ingeniería Real (2016)

### 2.2.7 Línea de conducción

Gutiérrez (2006) afirma:

Línea de conducción al tramo de tubería que transporta agua desde la captación hasta la planta potabilizadora, o bien hasta el tanque de regularización dependiendo de la configuración del sistema de agua potable. Una línea de conducción debe seguir, en lo posible el perfil del terreno y debe ubicarse de manera que pueda inspeccionarse fácilmente. (p.40)

Sagarpa (2012) indica acerca de las líneas de conducción de agua que: “Consiste en definir el diámetro en función de las pérdidas de carga, a partir del gasto que se conducirá y el material de la tubería. Las pérdidas de carga, se obtienen aplicando las ecuaciones de Darcy-Weisbach, Scobey, Manning o Hazen-Williams” (p.02).

a) Diseño de la línea de Conducción

i) Caudal de diseño

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) refiere: “La línea de conducción tendrá capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo diario, Qmd. Si el suministro fuera discontinuo, se diseñarán para el caudal máximo horario” (p.30).

ii) Carga estática y dinámica

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) detalla: “La carga estática máxima aceptable será de 50 m y la Carga Dinámica mínima será de 1 m. La tubería no podrá alcanzar la línea de gradiente hidráulico (LGH) en ningún punto de su trazado” (p.05).

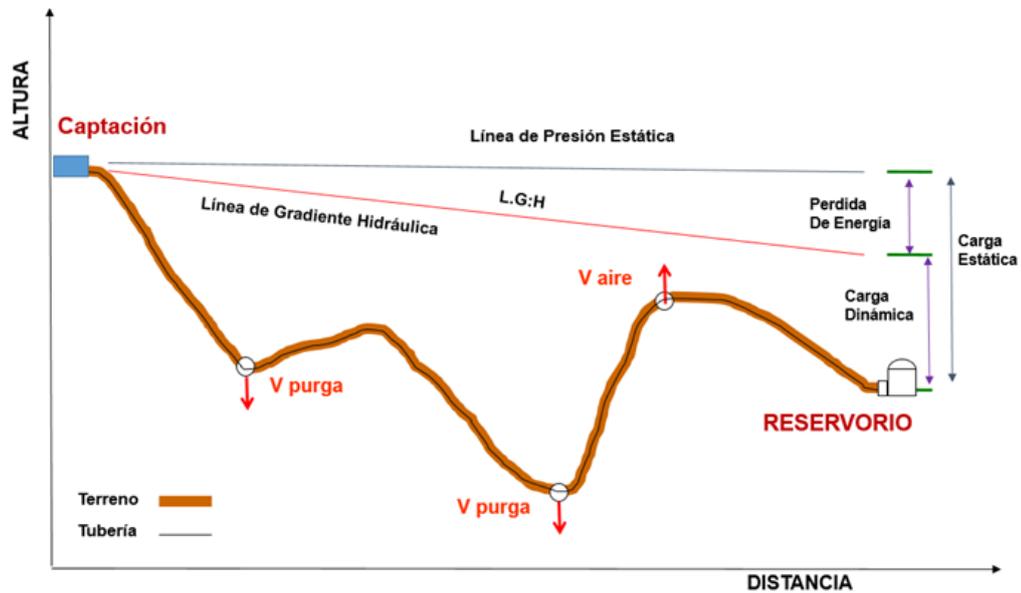


Figura N° 12: Línea de gradiente hidráulico

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural (2018)

### iii) Diámetros

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018): “El diámetro se diseñará para velocidades mínimas de 0,6 m/s y máxima de 3,0 m/s. El diámetro mínimo de la línea de conducción es de 25 mm (1”) para el caso de sistemas rurales” (p.11).

### iv) Dimensionamiento de la tubería

Según la Organización panamericana de la salud (2004) indica:

Para el dimensionamiento de la tubería, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- Línea de gradiente hidráulica (L. G. H.): La línea de gradiente hidráulica estará siempre por encima del terreno. En los puntos críticos se podrá cambiar el diámetro para mejorar la pendiente.
- Pérdida de carga unitaria (hf): Para el propósito de diseño se consideran ecuaciones de Hazen y Williams para diámetros mayores a 2 pulgadas y ecuaciones de Fair Whipple para diámetros menores a 2 pulgadas. (p.09)

Para tuberías de diámetro superior a 50 mm, Ecuación de Hazen-Williams:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{Q^{1.852}}{(Q^{1.852} \times Q^{4.86})} \right] \times L$$

Siendo:

Hf, pérdida de carga continua, en m.

Q, Caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

L, Longitud del tramo, en m.

C, Coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- Acero sin costura, C=120
- Acero soldado en espiral, C=100
- Hierro fundido dúctil con revestimiento, C=140
- Hierro galvanizado, C=100
- Polietileno, C=140
- PVC, C=150

Para tuberías de diámetro igual o inferior a 50 mm, Ecuación de Fair-Whipple:

$$H_f = \frac{676,745 * \left[ \frac{Q^{1,751}}{(D^{4,753})} \right]}{L}$$

Siendo:

Hf, pérdida de carga continua, en m.

Q, Caudal en l/min

D, diámetro interior en mm

L, longitud en metros

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento Rural (2017) indica que:

Salvo casos excepcionales que deberán ser justificados, la velocidad de circulación del agua establecida para los caudales de diseño deberá cumplir lo siguiente: La velocidad mínima no será menor de 0,60 m/s y la velocidad máxima admisible será de 3 m/s, pudiendo alcanzar los 5 m/s si se justifica razonadamente. (p.09)

v) Cálculo de la presión

Según la Organización Panamericana de la Salud (2004) respalda: “En la línea de conducción, la presión representa la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua. Para el cálculo de la línea de gradiente hidráulica (LGH)” (p.09), se aplicará la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 * g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 * g} + H_f$$

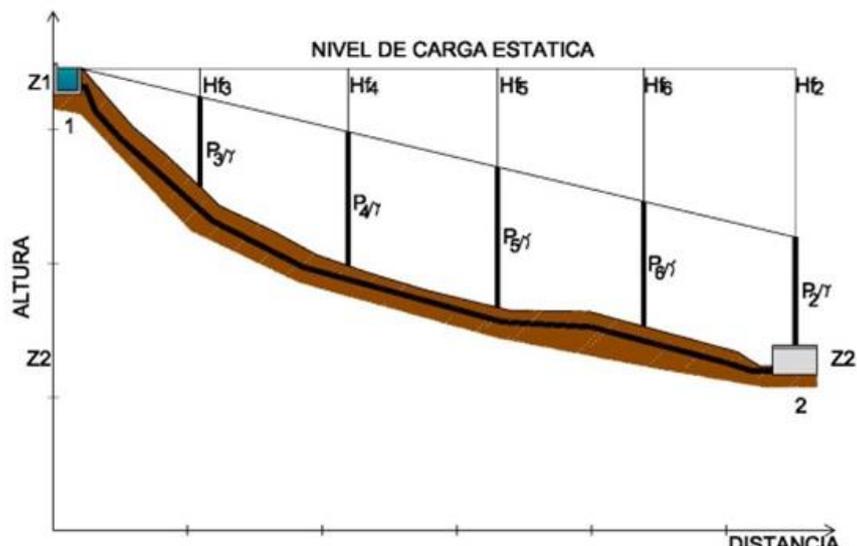


Figura N° 13: Nivel de carga estática

Fuente: Programa Nacional de Saneamiento Rural (2018)

Siendo:

Z: Cota altimétrica respecto a un nivel de referencia en m

$P/\gamma$ : Altura de carga de presión, en m, P es la presión y  $\gamma$  el peso específico del fluido

V: Velocidad del fluido en m/s

$H_f$ : Pérdida de carga de 1 a 2, incluyendo tanto las pérdidas lineales (o longitudinales) como las locales.

Si como es habitual,  $V_1=V_2$  y  $P_1$  está a la presión atmosférica, la expresión se reduce a:

$$\frac{P_2}{\gamma} = Z_1 - Z_2 - H_f$$

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) indica que la presión estática máxima de la tubería no debe ser mayor al 75% de la presión de trabajo especificada por el fabricante, debiendo ser compatible con las presiones de servicio de los accesorios y válvulas a utilizar.

Se calcularán las pérdidas de carga localizadas  $\Delta H_i$  en las piezas especiales y en las válvulas, las cuales se evaluarán mediante la siguiente expresión:

$$\Delta H_i = K_i \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

$\Delta H_i$ : Pérdida de carga localizada en las piezas especiales y en las válvulas, en m.

$K_i$ : Coeficiente que depende del tipo de pieza especial o válvula (ver Tabla).

$V$ : Máxima velocidad de paso del agua a través de la pieza especial o de la válvula en m/s.

$g$ : Aceleración de la gravedad, m/s<sup>2</sup>.



Figura N° 14: Línea de Conducción

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento Rural (2017)

### 2.2.8 Reservorio

Según la Organización Panamericana de la Salud (2004), el cálculo de la capacidad del reservorio debe permitir que la demanda máxima que se produce en el consumo sea satisfecha a cabalidad. Por ello, es necesario considerar los eventuales daños en la línea de conducción y la compensación de variaciones horarias de uso.

#### a) Diseño hidráulico

##### i) Variaciones de consumo

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016), afirma que, al no existir estudios por ser zonas rurales alejadas, para el consumo máximo diario y máximo horario se considera un coeficiente de variación de 1,3 y 2,0 respectivamente. Por ello:

$K_1$  = Coeficiente de variación máximo diario (Se considera 1,3)

K2 = Coeficiente de variación máximo horario (Se considera 2,0)

Vrg = Volumen de almacenamiento por regulación (Se considera 25% de la demanda diaria promedio anual).

Según la Norma OS.030 (2006) afirma que existe el volumen de almacenamiento por reserva que es utilizado en casos donde ocurre una suspensión en la fuente de abastecimiento, en caso de emergencia y debe ser debidamente justificado.

ii) Caudales de diseño y almacenamiento

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016), afirma que, para lograr obtener los valores de los diferentes caudales promedio, máximo diario y horario anual, hay que seguir las siguientes fórmulas:

Caudal promedio anual (Qp):

$$Qp = \frac{\left( \frac{P20 \times Reg + Ep \times Reg + Ep + Es \times Reg + Es}{86400} \right)}{(1 - Vrs)}$$

Donde:

P20= Población a futuro por habitantes

Reg= Dotación por región

Ep= Educación primaria

RegEp= Dotación educación primaria

Es= Educación secundaria

RegEs= Dotación educación secundaria

Vrs= Volumen de almacenamiento por reserva en m<sup>3</sup>

Caudal máximo diario anual (Qmd):

$$Qmd = Qp \times K1$$

Caudal máximo horario anual (Qmh)

$$Qmh = Qp \times K2$$

iii) Dimensionamiento

Según el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2016) afirma que para obtener la altura total interna inicialmente se deben asumir los valores de largo y ancho interno del reservorio. Además, indica que la distancia vertical eje salida y el punto de toma se ubicará

10 cm arriba del fondo del reservorio para de esta manera evitar el acceso de los sedimentos. Por lo tanto, la distancia vertical eje salida y fondo reservorio ( $h_i$ ) es de 0.10m.

Agüero (2004) indica que la relación de la base de la pared ( $b$ ) y la altura del agua ( $h$ ), los límites se encuentran entre 0.5 y 3.0.

$$j = \frac{b}{h}$$

Según la Norma IS.010 (2006) señala: “la distancia vertical entre el eje del tubo de ingreso de agua y la distancia vertical del techo del reservorio ( $K$ ), dependerá del diámetro del tubo por donde ingresa el agua y de los dispositivos de control, no pudiendo ser menor de 0,20 m.” (p.130)

Según la Norma IS.010 (2006) indica: “la distancia vertical entre el eje de ingreso de agua y el eje del tubo de ingreso de rebose ( $L$ ), será igual al doble del diámetro del primero y en ningún caso menor de 0.15 m.” (p.131)

Según la Norma IS.010 (2006) refiere: “la distancia vertical entre el eje del tubo de rebose y el nivel máximo de agua ( $M$ ), será igual al diámetro de aquel y nunca inferior a 0.10 m.” (p.132)

Por ello, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) indica que la altura total interna ( $H$ ) del reservorio se obtiene mediante la suma de la altura útil de agua ( $h$ ) más los valores ya descritos. Por ello, se utiliza la siguiente ecuación.

$$H = h + (k + l + m)$$

#### b) Predimensionamiento estructural

$$P = \gamma_a \times h$$

Donde:

$\gamma_a$  = Peso específico del agua

$h$  = Altura del agua

##### i) Paredes

Según Agüero (2004) precisa, para determinar los momentos se utilizan la relación entre la altura de agua ( $h$ ) y la pared ( $b$ ) las cuales tienen como límites entre 0,5 a 3,0. Valores que son ingresados para obtener

el coeficiente (k). Los momentos se determinan calculando en  $M_x$  y  $M_y$  para todos los valores de “y”, con la siguiente ecuación:

$$M=K \times Y_a \times h^3$$

La Norma Técnica de Edificaciones E.060 (2009) indica que se calculan los momentos de  $M_x$  y  $M_y$  para los valores de “y” teniendo el máximo momento absoluto (M), se calcula el espesor de la pared (e), con la fórmula:

$$e = \sqrt{\frac{6 \times M}{f_t \times b}}$$

Donde:

M = Máximo momento absoluto en kg – cm.

$f_t = 0.85 \times \sqrt{f_c}$  (Esfuerzo tracción por flexión en kg/cm<sup>2</sup>)

b = 100 cm.

ii) Losa de cubierta

Según la Organización Panamericana de la Salud (2004), la losa es considerada como una apoyada en sus lados que son cuatro y como una losa armada en dos sentidos. Por ello, el cálculo del espesor de losa debe cumplir con lo siguiente:

$$e = \frac{\text{Perimetro}}{180} \geq 9 \text{ cm}$$

El Reglamento Nacional de Construcciones E.060 (2009), afirma que: “para losas macizas en dos direcciones, cuando la relación de las dos es igual a la unidad, los momentos flexionantes en las fajas centrales”, son:

$$M_A = M_B = C W L^2$$

Donde:

C = 0.036

W =Peso total x (Carga Muerta + Carga Viva) en kg/m<sup>2</sup>

L = Luz de cálculo

Según Agüero (2004), con los momentos ya conocidos se puede realizar el cálculo del espesor útil “d” por medio del método elástico y posteriormente el cálculo del espesor total “e” con los 2.5 cm de recubrimiento:

$$d = \sqrt{\left(\frac{M}{R} \times b\right)}$$

$$e = d + 2.50$$

Donde:

M = Momentos Flexionantes

b = 100 cm

R = 0.5 x fs x j x k

fs = fatiga de trabajo en kg/cm<sup>2</sup>

f'c = Resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1+fs}{n \times f'c}\right)}$$

$$n = \frac{Es}{Ec}$$

$$j = 1 - \frac{k}{3}$$

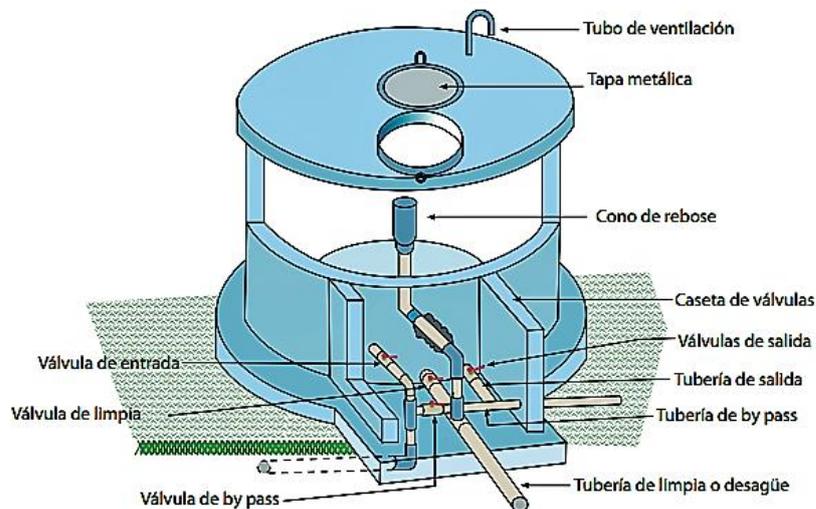


Figura N° 15: Partes internas del reservorio

Fuente: Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox (2017)

### 2.2.9 Línea de distribución

Fondo Perú-Alemania (2017) indica que: “Es un sistema de tuberías que incluye válvulas de control, estaciones reductoras de presión y otros

componentes, que en su conjunto distribuyen el agua potable a cada una de las viviendas de la población usuaria” (p.18).

a) Diseño de la línea de distribución

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018) detalla en la norma técnica los siguientes parámetros de diseño son los siguientes:

- Las redes de distribución se diseñarán para el caudal máximo horario (Qmh).
- La velocidad mínima en ningún caso podrá ser inferior a 0,30 m/s. En general se recomienda un rango de velocidad de 0,5 – 1,00 m/s. La velocidad máxima admisible será de 3 m/s.
- La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no será menor de 5 - 8 m.c.a. y la presión estática no será mayor de 30 - 40 m.c.a.
- Diámetro a utilizarse será aquel que asegure el caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red. Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm (1”), y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm ( $\frac{3}{4}$ ”) para ramales. Las conexiones domiciliarias se realizarán en diámetros de 15 o 20 mm ( $\frac{1}{2}$ ” o  $\frac{3}{4}$ ”) y las conexiones de las piletas públicas en 20 mm como mínimo. (p.156)

Existen dos tipos de diseño de redes:

i) Diseño de red mallada

La Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018) indica: “Para la determinación de los caudales en redes malladas se aplicará el método de la densidad poblacional, en el que se distribuye el caudal total de la población entre los “i” nudos proyectados” (p.128).

El caudal en el nudo es:

$$Q_i = Q_p \times P_i, \text{ donde:}$$

- $Q_i$ : Caudal en el nudo “i” en l/s.
- $Q_p$ : Caudal unitario poblacional en l/s-hab.

$$Q_p = \frac{Q_t}{P_t}$$

- Qt: Caudal máximo horario en l/s.
- Pt: Población total del proyecto en hab.
- Pi: Población del área de influencia del nudo “i” en hab.

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018):

El dimensionamiento de redes cerradas, estará controlado por dos condiciones: El flujo total que llega a un nudo es igual al que sale y la pérdida de carga entre dos puntos a lo largo de cualquier camino, es siempre la misma. Estas condiciones junto con las relaciones de flujo y pérdida de carga, nos dan sistemas de ecuaciones, los cuales pueden ser resueltos por cualquiera de los métodos matemáticos de balanceo. En sistemas anillados se admitirán errores máximos de cierre: De 0,10 m.c.a de pérdida de presión como máximo en cada malla y/o simultáneamente debe cumplirse en todas las mallas y de 0,01 l/s como máximo en cada malla y/o simultáneamente en todas las mallas. (p.128)

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018): “Tanto en este caso como en las redes ramificadas, se adjuntará memoria de cálculo, donde se detallen los diversos escenarios calculados: Para caudal mínimo, caudal máximo, presión mínima y presión máxima” (p.129)

ii) Diseño de red ramificada

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018): “En redes ramificadas se determinará el caudal por ramal a partir del método de probabilidad, que se basa en el n° de puntos de suministro y en el coeficiente de simultaneidad” (p.129).

El caudal por ramal es:

$$Q_{ramal} = k \times \sum Q_g$$

$$K = \frac{1}{\sqrt{(x-1)}}$$

dónde:

- $Q$  ramal: Caudal de cada ramal en l/s.
- $K$ : Coeficiente de simultaneidad, entre 0,20 y 1.
- $x$ : número total de grifos en el área que abastece cada ramal.
- $Q_g$ : Caudal por grifo (l/s),  $>0,10$  l/s.

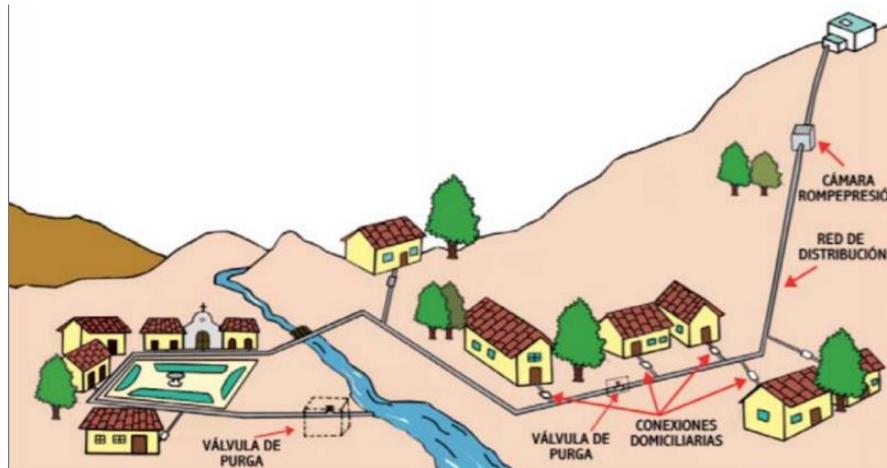


Figura N° 16: Línea de distribución

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017)

#### 2.2.10 Calidad del agua

Según Aquae Fundación (2020), afirma:

La calidad del agua es el término que describe las características químicas, físicas y biológicas del agua dependiendo del uso que se le va a dar. Para determinarla, se miden y analizan estos elementos, como, por ejemplo, la temperatura, el contenido mineral disuelto en ella y la cantidad de bacterias que tiene (.). La calidad del agua es un tema de gran relevancia en la actualidad, entre otros asuntos, por el gran crecimiento de la población mundial en los últimos años y la previsión de un aumento futuro todavía mayor. También por la expansión y desarrollo de los entornos urbanos, donde se necesita un mayor suministro de agua y un mejor control de la calidad del agua. En cuanto a las áreas rurales, es un tema central porque en determinadas zonas se presentan problemas debido al uso de fertilizantes para la agricultura que llegan a las aguas superficiales y subterráneas, creando un excedente químico que altera la calidad del agua. (p.01)

Organización Mundial de la Salud (2009) indica: “La mayoría de las enfermedades más comunes que se encuentran en comunidades traumatizadas después de un desastre, están relacionadas con el consumo de agua contaminada. La contaminación se puede dar por microorganismos o por productos químicos naturales o hechos por el hombre” (p.01).

Según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (2011), los límites máximos permisibles de parámetros: microbiológicos, parasitológicos, de calidad organoléptica, químicos orgánicos e inorgánicos están expresados en las siguientes tablas:

Tabla N°2: Lím. máx. de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 ml a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 ml a 44.5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 ml a 44.5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/100 ml a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y oquistes de protozoarios patógenos	N° org/l	0
6. Virus	UFC/ml	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/l	0

UFC= Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8/100ml

Fuente: Ministerio de Salud (2011)

Tabla N°3: Lím. máx. de parámetros de calidad organoléptica

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
------------	------------------	--------------------------

1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500
7. Sólidos totales disueltos	mg L <sup>-1</sup>	1000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1.5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0.3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0.4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0.2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2.0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3.0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

---

UCV= Unidad de color verdadero

UNT= Unidad nefelométrica de turbiedad

---

Fuente: Ministerio de Salud (2011)

Tabla N°4: Lím. máx. de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos

Parámetros inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0.020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0.010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0.700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1.500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0.003
6. Cianuro	mg CN L <sup>-1</sup>	0.070
7. Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0.7

9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0.7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0.050
11. Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1.000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0.001
13. Niquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0.020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50.00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3.00 Exposición corta 0.20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0.010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0.010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0.07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0.015

Fuente: Ministerio de Salud (2011)

Tabla N°5: Lím. máx. de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos

Parámetros orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1.000
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mg L <sup>-1</sup>	0.010
3. Aceites y grasas	mg L <sup>-1</sup>	0.5
4. Alacloro	mg L <sup>-1</sup>	0.020
5. Aldicarb	mg L <sup>-1</sup>	0.010
6. Aldrín y dieldrín	mg L <sup>-1</sup>	0.00003
7. Benceno	mg L <sup>-1</sup>	0.010
8. Clordano (total de isómeros)	mg L <sup>-1</sup>	0.0002
9. DDT (total de isómeros)	mg L <sup>-1</sup>	0.001
10. Endrín	mg L <sup>-1</sup>	0.0006
11. Gamma HCH (lindano)	mg L <sup>-1</sup>	0.002
12. Hexaclorobenceno	mg L <sup>-1</sup>	0.001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mg L <sup>-1</sup>	0.00003

14. Metoxicloro	mg L <sup>-1</sup>	0.020
15. Pentaclorofenol	mg L <sup>-1</sup>	0.009
16. 2,4-D	mg L <sup>-1</sup>	0.030
17. Acrilamida	mg L <sup>-1</sup>	0.0005
18. Epiclorhidrina	mg L <sup>-1</sup>	0.0004
19. Cloruro de vinilo	mg L <sup>-1</sup>	0.0003
20. Benzopireno	mg L <sup>-1</sup>	0.0007
21. 1,2-dicloroetano	mg L <sup>-1</sup>	0.03
22. Tetracloroetano	mg L <sup>-1</sup>	0.04

---

Fuente: Ministerio de Salud (2011)

Según Aqueae Fundación (2020), afirma que:

Una medida muy utilizada para medir la calidad del agua es el TDS (Total de Sólidos Disueltos, por sus siglas en inglés). Se trata de un método barato y sencillo de utilizar; pero, debido a su limitación para abordar todos los parámetros establecidos para la calidad del agua, se puede considerar problemático. En realidad, no es suficiente medir el TDS en el agua dado que deja de lado características muy importantes para establecer su calidad.

El TDS es el porcentaje de residuo seco que engloba sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica disueltas en el agua. Sus principales constituyentes son los cationes de calcio, magnesio, sodio y potasio y los aniones de carbonato, bicarbonato, cloro, sulfato y nitrato. El TDS se expresa en mg por unidad de volumen de agua (mg/L) o como partes por millón (ppm). (p.01)

Según la OMS (como se citó en Aqueae Fundación, 2020) el nivel de TDS ideal en agua (mg/l):

- Menos de 300: Excelente
- 300 – 600: Bueno
- 600 – 900: Regular
- 900 – 1,200: Pobre
- Más de 1,200: Inaceptable

### 2.2.11 Softwares para modelamiento hidráulico

#### a) Software EPANET

Según Tecpa (2020) detalla:

EPANET permite realizar simulaciones en periodos prolongados (uno o varios días) del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de productos químicos suspendidos en el agua, a lo largo del periodo de simulación. Incluso, permite analizarlo en varios intervalos de tiempo. (p.01)

Grupo REDHISP - Universitat Politècnica de València (2017) describe:

Dos de los requisitos fundamentales para poder construir con garantías un modelo de la calidad del agua son la potencia de cálculo y la precisión del modelo hidráulico utilizado. EPANET contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes prestaciones: No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse, las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning, contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etc. (p.02)

Grupo REDHISP - Universitat Politècnica de València (2017) refiere que la fórmula más adecuada desde el punto de vista académico es la Darcy-Weisbach, ya que es aplicable para todo tipo de regímenes y líquidos. Debido a ello, es como tal la usada en canales y tuberías de gran diámetro en donde se encuentra muy desarrollada la turbulencia por ello es la fórmula que es seleccionada por defecto. Se emplea para obtener las pérdidas de carga de entrada y salida entre los nostros con la siguiente ecuación:

$$B \times hL = A \times q$$

Donde:

hL: pérdida de carga (en unidad longitud)

q: caudal (en unidad volumen/tiempo),

A: coeficiente de resistencia

B: exponente del caudal

Grupo REDHISP - Universidad Politécnica de Valencia (2017) afirma que en la Tabla N°6 se alistan para cada una de las fórmulas de pérdidas de carga para tubería llena según el valor del exponente del caudal y el coeficiente de resistencia. EPANET el factor de fricción  $f$ , lo determina mediante distintos métodos los cuales varía según el régimen a utilizar.

Grupo REDHISP - Universidad Politécnica de Valencia (2017) detalla:

- “Para flujo laminar ( $Re < 2.000$ ) emplea la fórmula de Hagen–Poiseuille
- Para flujo turbulento ( $Re > 4.000$ ) emplea la aproximación explícita de Swamee y Jain a la fórmula de Colebrook-White
- Para el flujo de transición ( $2.000 < Re < 4.000$ ) aplica una interpolación cúbica al diagrama de Moody” (p.28).

Tabla N°6: Fórmulas de pérdida de carga para tubería llena

Fórmula	Coeficiente de Resistencia (A)	Expon. Caudal (B)
Hazen-Williams	$10.674 C^{-1.852} d^{-4.871} L^{(4)}$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L^{(5)}$	2
Chezy-Manning	$10.294 n^2 d^{-5.33} L^{(6)}$	2

C= Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams  
 $\epsilon$ = Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m)  
 $f$ = Factor de fricción (depende de  $\epsilon$ ,  $d$  y  $q$ )

Donde:  $n$ = Coeficiente de rugosidad de Manning  
 $d$ = Diámetro de la tubería (m)  
 $L$ = Longitud de la tubería (m)  
 $q$ = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

Fuente: Grupo REDHISP - Universidad Politécnica de Valencia (2017)

Grupo REDHISP - Universidad Politécnica de Valencia (2017) afirma:

Las pérdidas menores (también denominadas pérdidas localizadas) pueden interpretarse como debidas al incremento de la turbulencia que

se produce en los cambios de dirección, codos, accesorios, etc. La importancia de incluir o no tales pérdidas depende del tipo de red modelada y de la precisión de los resultados deseada. EPANET permite asociar a cada tubería un coeficiente de pérdidas menores. El valor de la pérdida será el producto de dicho coeficiente por la altura dinámica en la tubería. (p.30)

Esto es:

$$h_L = K \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

Donde:

K: Coeficiente de pérdidas menores

v: Velocidad del flujo (unidad longitud/tiempo)

g: Aceleración de la gravedad (unidad longitud/tiempo)

#### b) Software WaterCAD

Eadic (2016) afirma:

Este software nos permite llevar a cabo la simulación hidráulica de una red de abastecimiento de una localidad y de esta forma, estudiar en todo momento los consumos, posibles pérdidas de caudal o de presión y de esta forma llevar a cabo el análisis de la red y encontrar aquellos puntos que han originado esas pérdidas. (p.01)

Grabent (2020) indica:

El software cuyo algoritmo de cálculo se basa en el método del Gradiente Hidráulico, permite el análisis hidráulico de redes de agua (aunque puede usarse para cualquier fluido newtoniano) determinando las presiones en diversos puntos del sistema, así como los caudales, velocidades, pérdidas en las líneas que conforman la red hidráulica; así como otros muchos parámetros operativos derivados de los elementos presentes en el sistema como: Bombas, Válvulas de Control, Tanques, etc. a partir de las características físicas del sistema y unas condiciones de demanda previamente establecidas. (p.01)

Cotrado y Gutierrez (2019) afirman que WaterCAD realiza la modelación de redes con:

- Ecuación de Darcy-Weisbach

- Ecuación de Manning
- Ecuación de Hazen Williams

Según Saldarriaga (como se citó en Valenzuela y Orrillo, 2019) refiere que el método gradiente para el cálculo de redes de distribución de agua está basado en el hecho que, al tenerse un flujo permanente, se garantiza que se cumplan las ecuaciones de conservación de masa en cada uno de los nodos de la red y la ecuación de conservación de energía en cada uno de los circuitos de esta. En cada nodo se debe cumplir la ecuación de conservación de masa:

$$\sum_{i=1}^{NTi} Q_{ij} - Q_{Di} + Q_{ei} = 0$$

Además, Flores (2019) asegura que, la relación entre el caudal y las pérdidas por fricción debe ser no lineal, por lo que la ecuación a usar sería:

$$Q = -2 \frac{\sqrt{2gdh_i}}{\sqrt{f}} A \log_{10} \left[ \frac{k_s}{3.7d} + \frac{2.51\sqrt{f}}{\sqrt{2gd^2\sqrt{h_i}}} \right]$$

Por otra parte, Flores (2019) si se va considerar las pérdidas menores en algunas tuberías o si existe la presencia de válvulas o bombas, la ecuación tomará la siguiente forma:

$$h_i = \alpha Q_i^n + \beta Q + \gamma$$

Dónde:

- n: exponente que depende de la ecuación de fricción usada (2 si se utiliza Darcy-Weisbach)
- $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ : parámetros de características del tubo, válvula y bombas.  $\beta$ ,  $\gamma$  solo aparecen en caso estén incluidos válvulas y bombas en el tramo, caso contrario valen cero.

### 2.3 Definición de términos básicos

- Sistema de agua potable: Es un sistema que permite llevar el agua potable al consumidor en las mejores condiciones higiénicas y consta de varias partes.
- Cámara de captación: Son estructuras ubicadas en la fuente y destinadas a facilitar la derivación de los caudales demandados por la población.

- Cámara rompe presión: Son estructuras pequeñas, su función principal es reducir la presión hidrostática a cero, generando un nuevo nivel de agua y poniendo la presión dentro de los límites de trabajo de las tuberías.
- Red de conducción: Son tuberías usadas para transportar los caudales desde la obra de captación hasta el reservorio de almacenamiento.
- Válvula de aire: Son dispositivos que se instalan para controlar de forma automática la presencia de aire en las redes de conducción.
- Válvula de purga: Se colocan en los puntos bajos de las redes, para eliminar el agua cuando se hace la desinfección de las redes y para permitir la evacuación del agua siempre que sea necesario.
- Válvula de control: Regula el flujo del agua para que llegue a toda la población, así mismo cierra el paso del agua cuando se necesita hacer reparaciones, nuevas instalaciones, racionamiento, sin perjudicar a los beneficiarios.
- Reservorio: Son depósitos para almacenar agua con el propósito de compensar variaciones de consumo, atender situaciones de emergencias que se puedan presentar.
- Línea de Aducción: Es el tramo de tubería destinado a conducir el agua desde el reservorio hasta la red de distribución.
- Red de distribución: Es el conjunto de tuberías y accesorios destinadas a conducir las aguas a todos y cada uno de los usuarios a través de las calles.

## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis general

Un adecuado cálculo de parámetros de diseño para la red de agua potable de la localidad rural de Allpa Orcuna mediante la modelación del software permitirá mejorar el servicio de agua potable que abastecerá a la localidad.

#### 3.1.2 Hipótesis secundarias

- a) La localidad presenta una topografía irregular, la captación está ubicada por encima de los 3920 m.s.n.m y la población donde se desarrollan los sistemas de distribución de agua potable están entre los 3355 y 3480 m.s.n.m. La línea de conducción se desarrolla sobre una topografía de pendiente fuerte entre 40 a 55% y la población está asentada sobre una topografía de pendiente moderado a fuerte de 20% a 40%.
- b) La posible dotación de la localidad rural de Allpa Orcuna será aproximadamente de 80 l/h/d.
- c) La propuesta será en función de los resultados que puedan ser permisibles a partir del software WaterCAD v.10, el cual nos permitirá obtener una modelación óptima de tal manera que podremos abastecer continuamente a las 48 familias y 1 institución de la localidad rural de Allpa Orcuna con estricto cumplimiento de la norma.

### 3.2 Variables

#### 3.2.1 Definición conceptual de las variables

Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Algunos ejemplos de variables son el género, la presión arterial, el atractivo físico, el aprendizaje de conceptos, la religión. El concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida. Por ejemplo, la inteligencia, ya que es posible clasificar a

las personas de acuerdo con su inteligencia; no todas las personas la poseen en el mismo nivel, es decir, varían en inteligencia (Hernández, 2014).

a) Variable Independiente

Borja (2016) manifiesta que es la variable que produce el efecto o es la causa de la variable dependiente. Se la representa por la letra “X”.

- Sistema de agua potable

b) Variable dependiente

Borja (2016) sostiene que es el resultado o efecto producido por la acción de la variable independiente. Se la representa por la letra “Y”. Así se puede definir la relación  $Y=f(x)$ .

- Población de la localidad rural de Allpa Orcuna

c) Variables secundarias

- Caudal
- Topografía

### 3.2.2 Operacionalización de las variables

Según Borja (2016) indica:

Es el proceso mediante el cual se explica cómo se medirán las variables formuladas en la hipótesis, para lo cual en muchos casos habrá que descomponerlas en indicadores susceptibles de poder medirse. No podrá desarrollarse una investigación si no se emplean indicadores que, en su conjunto, miden las variables de las hipótesis planteadas. La variable siempre se aplica al grupo u objeto que se investiga, los cuales adquieren distintos valores en función de la variable estudiada. El investigador debe definir los indicadores de las variables antes de realizar la recolección de datos, y para ello deberá utilizar términos operacionales, es decir, que produzcan datos concretos, que sean cuantificables. (p.24)

Ver Matriz de Operacionalización de Variables, Anexo 4.

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 Tipo y nivel

Ramírez et al. (2018) sostiene que, la investigación aplicada se lleva a cabo para atacar problemas que demandan solución y desarrollo tecnológico que corresponda al desarrollo de tecnologías para su inserción en práctica productiva. Permite disponer de información y alternativas de solución a los problemas. Esta tiene como fundamento la creación de conocimiento.

Sampieri (2014) refiere:

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. (p.4)

La presente investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) refieren que la investigación de nivel descriptivo busca definir, medir y especificar las propiedades de las variables, cuantificar y mostrar las dimensiones de un contexto. Es decir, pretende medir o definir información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refiere.

Hernández (2014) afirma:

Los estudios explicativos están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (p.95)

La presente investigación fue de nivel descriptivo - explicativo.

### 4.2 Diseño de investigación

Borja (2016) refiere a que el diseño no experimental se basa en la obtención de información sin manipular los valores de las variables, es decir tal y como se manifiestan las variables en la realidad. Así mismo existen investigaciones en las que

a pesar que se pudieran manipular las variables, existen factores éticos que no lo hacen viable.

Sampieri (2014) afirma: “Los diseños de investigación transeccional o transversal, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede” (p.154).

La presente investigación fue no experimental con diseño transversal.

#### 4.3 Población y muestra

##### 4.3.1 Población

Según Borja (2016) afirma: “Desde un punto de vista estadístico, se denomina población al conjunto de elementos o sujetos que serán motivos de estudio” (p.30).

La población seleccionada para la investigación fueron los sistemas de agua potable de las localidades rurales de Vinchos.

##### 4.3.2 Muestra

Bernal (2010) refiere que la muestra es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio.

La muestra para la presente investigación fue el sistema de agua potable de la localidad rural de Allpa Orccuna. La muestra seleccionada es un sistema por gravedad, las líneas de conducción y distribución contarán con cámaras rompe presión (CRP) tipo 6 y 7 respectivamente, reservorio con caseta de cloración, válvulas de control, aire y purga.

La muestra se seleccionó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia.

#### 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### 4.4.1 Técnicas

Se revisó la base de datos de beneficiarios de la localidad de Allpa Orccuna, para conocer la cantidad de familias que será abastecida.

Según Borja (2016) afirma:

La observación se define como la percepción intencionada e ilustrada de un hecho o un conjunto de hechos o fenómenos. El objeto de la observación es un hecho de la realidad. Es directa ya que no se observan sentimientos sino conductas, no se observan enfermedades sino síntomas. (p.33)

La principal técnica utilizada fue la observación directa, ya que se realizó visitas y se ha recorrido la localidad rural para conocer la ubicación de la fuente de agua que está ubicada por encima de los 3920 m.s.n.m., la red de conducción entre los 3495 y 3925 m.s.n.m. y las redes de distribución entre los 3355 y 3480 m.s.n.m.

#### 4.4.2 Instrumentos

- Norma OS.100 - Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria 2006
- Norma OS.050 – Redes de distribución de agua para consumo humano 2006
- Norma OS.030 - Almacenamiento de agua para consumo humano 2006
- Norma OS.010 – Captación y conducción de agua para consumo humano 2006
- Expediente Técnico del proyecto “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y creación de unidades básicas de saneamiento en 16 localidades rurales de la comunidad de Vinchos, distrito de Vinchos - Huamanga - Ayacucho”.
- Autodesk AutoCad 2019.1.1
- Software Microsoft Excel 2019 MSO (16.0.14131.20326)
- Software WaterCAD 10.02.03.06
- Google Earth Pro 7.3.3.7786

#### 4.4.3 Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los instrumentos usados son totalmente confiables ya que estos se encuentran basados en el expediente del proyecto: “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y creación de unidades básicas de saneamiento en 16 localidades rurales de la comunidad de Vinchos, distrito de Vinchos - Huamanga - Ayacucho”. Se hace uso de los distintos softwares que poseen certificados internacionalmente, siendo esta la base de validez, ya que con ellos

mediremos las distintas variables existentes para realizar un óptimo diseño de la red de abastecimiento de agua. Se obtiene información del Reglamento Nacional de Edificaciones para la obtención de fórmulas y valores fundamentales en el diseño de la red.

#### 4.4.4 Procedimientos para la recolección de datos

Procedimiento 1: Se recopiló información sobre el levantamiento topográfico, tales como el tipo de relieve, pendiente, coordenadas UTM, cotas de la fuente de agua y de la ubicación de la localidad rural Allpa Orccuna, todas estas del expediente técnico del proyecto “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y creación de unidades básicas de saneamiento en 16 localidades rurales de la comunidad de Vinchos, distrito de Vinchos - Huamanga - Ayacucho”.

Procedimiento 2: Se necesitó conocer el número de habitantes existentes en la localidad, como las características de la población respecto a la dotación no son conocidas y no existe reglamento para dotaciones en zonas rurales, pero sí valores referenciales, se tomará dichos valores como referencia para el cálculo de la dotación diaria de agua por habitante.

Procedimiento 3: Para mejorar el sistema de agua potable existente en la zona de estudio, se propuso un diseño mejorado que se adecue a la realidad de la zona rural. Se hicieron los estudios hidráulicos y cálculos necesarios para las líneas y estructuras, con ello garantizar el abastecimiento continuo a cada vivienda, así optimizamos la nueva red diseñada, evitando filtraciones o fugas.

#### 4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Para caracterizar la topografía se ha desarrollado el levantamiento topográfico con las coordenadas obtenidas del expediente técnico: “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y creación de unidades básicas de saneamiento en 16 localidades rurales de la comunidad de Vinchos, distrito de Vinchos - Huamanga - Ayacucho”, se procede a importar los puntos al AutoCAD v.2019 para poder obtener una representación gráfica del terreno con las curvas de nivel definidas y poder realizar el trazo de la red mejorada de agua sobre el plano.

La fuente de abastecimiento se conoce del expediente técnico. Se sabe que en la localidad rural de Allpa Orccuna, existe ya un sistema de captación deteriorado.

Para definir la demanda de agua potable se debe conocer la población a abastecer y los caudales de diseño.

Para realizar el modelamiento numérico de nuestra red se debe aplicar la topografía de la zona, las cotas de todos los puntos, las demandas, etc. para poder introducirlos en el software WaterCAD v.10. Con el modelamiento numérico obtendremos datos de las velocidades en las tuberías, presiones en cada punto, entre otros datos necesarios para saber si se ha mejorado la eficiencia hidráulica de la red existente de agua potable.

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1 Topografía

El relieve de la localidad rural de Allpa Orccuna presenta una topografía irregular. La cota en donde se realizará la captación está ubicada en 3922 m.s.n.m y la población en donde se desarrolla los sistemas de distribución de agua potable oscila entre los 3350 m.s.n.m. hasta los 3480 m.s.n.m. En la localidad, la topografía es accidentada con una pendiente fuerte para la línea de conducción entre 40% a 55% y se observa que la población de la comunidad rural de Allpa Orccuna se encuentra asentada con una pendiente entre 20% a 40%. En la figura 17 se muestra la topografía de la localidad rural de Allpa Orccuna entre las coordenadas E 567100 - E 567600 y N 8544500 - N 8544600 y en la figura 18 se muestran las curvas de nivel que se encuentran entre las coordenadas E 566900 - E 567200 y N 8544500 - N 8544700. a una escala de 1/1000.

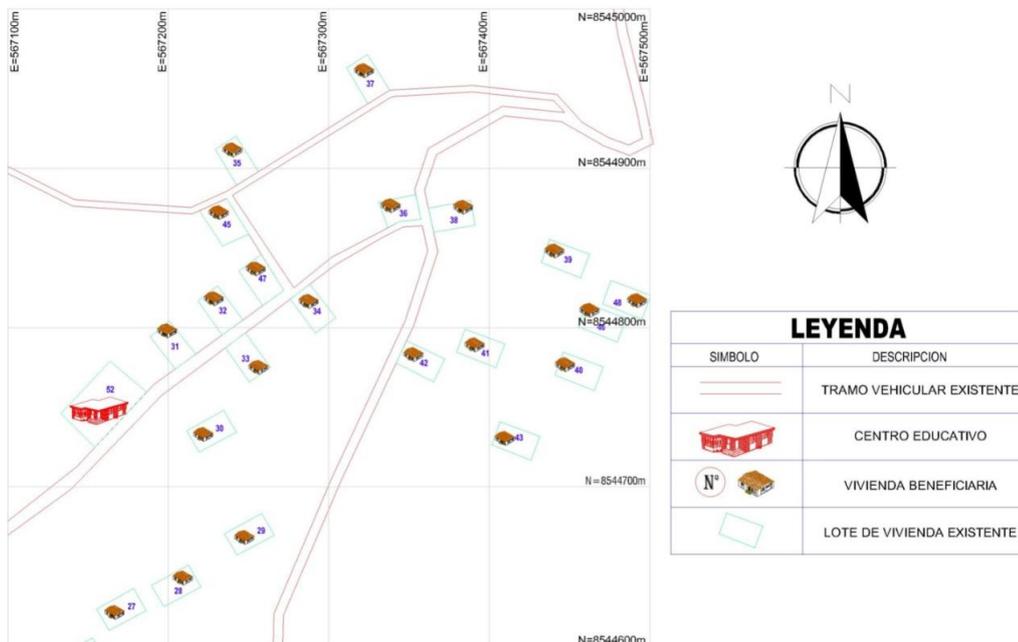


Figura N° 17: Topografía de la localidad rural de Allpa Orccuna

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

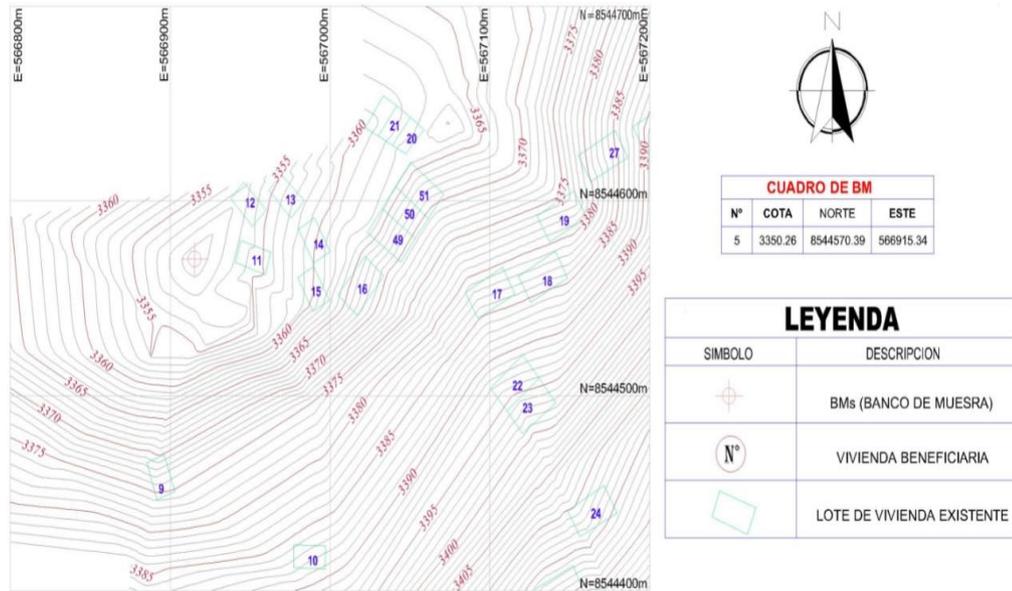


Figura N° 18: Curvas de nivel de la localidad rural de Allpa Orcuna

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

## 5.2 Población Futura

El método más utilizado para el cálculo de la población futura en las zonas rurales según el Manual de Proyectos de Agua Potable en Poblaciones Rurales del Fondo Perú-Alemania (2009) es el siguiente:

$$P_f = P_a \times \left(1 + \frac{r \times t}{100}\right)$$

Donde:

$P_f$  = Población futura

$P_a$  = Población actual

$r$  = Tasa de crecimiento anual por 100 habitantes

$t$  = Tiempo en años (periodo de diseño)

Tabla N°7: Datos para el cálculo de población futura

Localidad	N° Familias	I.E. Primaria	N° Conexiones	Densidad poblacional	Población actual
Allpa Orcuna	48	1	49	3.69	177

Fuente: Elaboración propia

La población actual fue obtenida del padrón de beneficiarios del expediente técnico mencionado anteriormente y la tasa de crecimiento promedio anual según provincia y distrito, obtenida del Compendio Estadístico de Ayacucho 2017 de la INEI durante el periodo 1993-2007, para la provincia de Huamanga y distrito de Vinchos es 1.60 %.

El periodo de diseño máximo recomendable para todos los componentes del sistema de agua potable según el Programa Nacional de Saneamiento Rural (PRONASAR) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2004) es de 20 años.

La población futura fue obtenida mediante el método de Interés Simple, reemplazando nuestros valores conocidos en la siguiente ecuación:

$$Pf= 177 \times \left(1 + \frac{(1.6 \times 20)}{100}\right)$$

$$Pf= 234 \text{ habitantes}$$

Se obtiene una población futura de 234 habitantes para la localidad rural de Allpa Orcuna, perteneciente al distrito de Vinchos.

### 5.3 Obtención de la Dotación de Agua para la Población

En la tabla N°8 se muestra el consumo de agua doméstico, en el ámbito rural, dependiendo del sistema de disposición de excretas, se puede tener en consideración estos valores:

Tabla N°8: Análisis de la Demanda

Región Geográfica	Consumo de agua doméstico, dependiendo del sistema de disposición de excretas utilizado	
	Letrinas sin arrastre hidráulico	Letrinas con arrastre hidráulico
Costa	50 a 60 l/hab/d	90 l/hab/d
Sierra	40 a 50 l/hab/d	80 l/hab/d
Selva	60 a 70 l/hab/d	100 l/hab/d

Fuente: SNIP – Ministerio de Economía y Finanzas (2011)

Según la tabla recomendada por la Guía para la formulación de proyectos de inversión exitosos del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), se optó por criterio que la dotación sea 80 l/hab/d.

Surco (2019) en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil titulada “Propuesta de sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad y letrinas de arrastre hidráulico para las comunidades de Pilco, Catarani, Huañaraya y Purumpata del distrito de Yanahuaya-Sandia-Puno”. Tesis profesional: Universidad Nacional del Altiplano. Muestra una tabla para dotación de agua según opción de saneamiento en la página 88, en la cual usa una tabla similar a la que optamos para nuestro estudio de dotación.

Como contamos con una institución educativa de nivel primaria en nuestra localidad, según la Norma Técnica I.S.010 (2006) en el artículo 6° correspondiente a dotaciones, indica que la dotación de agua para educación primaria será de 20 l/alumnos/d.

#### 5.4 Caudales de diseño

Considerando las limitaciones para determinar las variaciones de consumo en las condiciones actuales, se adoptarán las siguientes variaciones diarias y horarias proporcionadas por el Programa Nacional de Saneamiento Rural (PRONASAR) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2004) para poblaciones de hasta 2000 habitantes:

- Máximo anual de la demanda diaria (K1) = 1.30
- Máximo anual de la demanda horaria (K2) = 2.00

a) Caudal promedio anual (Qp)

$$Q_p = \frac{\text{Dotación} \times \text{Población futura}}{86400}$$

Teniendo una dotación de 80 l/hab/d y una población futura de 234 habitantes hallados previamente, reemplazando los valores en la siguiente ecuación, tenemos para el consumo doméstico:

$$Q_p = \frac{80 \times 234}{86400}$$

$$Q_p=0.217 \text{ l/s}$$

Teniendo una dotación de 20 l/alumnos/d para la institución educativa de nivel primaria y un número de 7 alumnos repartidos entre el 1° y 6° grado más 1 docente según la Estadística de la Calidad Educativa (ESCALE) del Ministerio de Educación durante el 2020, asumiendo 1 personal de limpieza más, tendríamos un total de 9 personas y reemplazando los valores en la siguiente ecuación, tenemos para el consumo de la I.E. Primaria:

$$Q_p = \frac{20 \times 9}{86400}$$

$$Q_p=0.0021 \text{ l/s}$$

Sumando ambos caudales para los distintos tipos de consumo que tendremos, se tiene:

$$Q_p=0.217 + 0.0021 \text{ l/s}$$

$$Q_p=0.219 \text{ l/s}$$

Realizando la operación, tenemos un caudal promedio anual total de 0.219 l/s.

- b) Caudal máximo diario ( $Q_{md}$ )

$$Q_{md}=Q_p \times K_1$$

La variación de consumo para este caudal ( $K_1$ ) es de 1.30, reemplazando los valores en la siguiente ecuación, tenemos:

$$Q_{md}=0.219 \times 1.30$$

$$Q_{md}=0.285 \text{ l/s}$$

Realizando la operación, tenemos un caudal máximo diario de 0.285 l/s.

- c) Caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ )

$$Q_{mh}=Q_p \times K_2$$

La variación de consumo para este caudal ( $K_2$ ) es de 2.00, reemplazando los valores en la siguiente ecuación, tenemos:

$$Q_{mh}=0.219 \times 2.00$$

$$Q_{mh}=0.438 \text{ l/s}$$

Realizando la operación, tenemos un caudal máximo horario de 0.438 l/s.

## 5.5 Trazado del sistema de agua potable

### 5.5.1 Trazado de la línea de conducción

La cota en donde se realiza la captación está ubicada en 3922 m.s.n.m en las coordenadas E 569423.47 y N 8543101.42 y se observa la línea de conducción (línea color azul) que conduce el agua desde la captación hacia el reservorio con una longitud horizontal total de 2687 metros.

En la figura 19 se muestra la ubicación del punto de captación entre las coordenadas E 569400 - E 569500 y N 8543000 – N 8543200 y un tramo del trazado que sigue la línea de conducción.

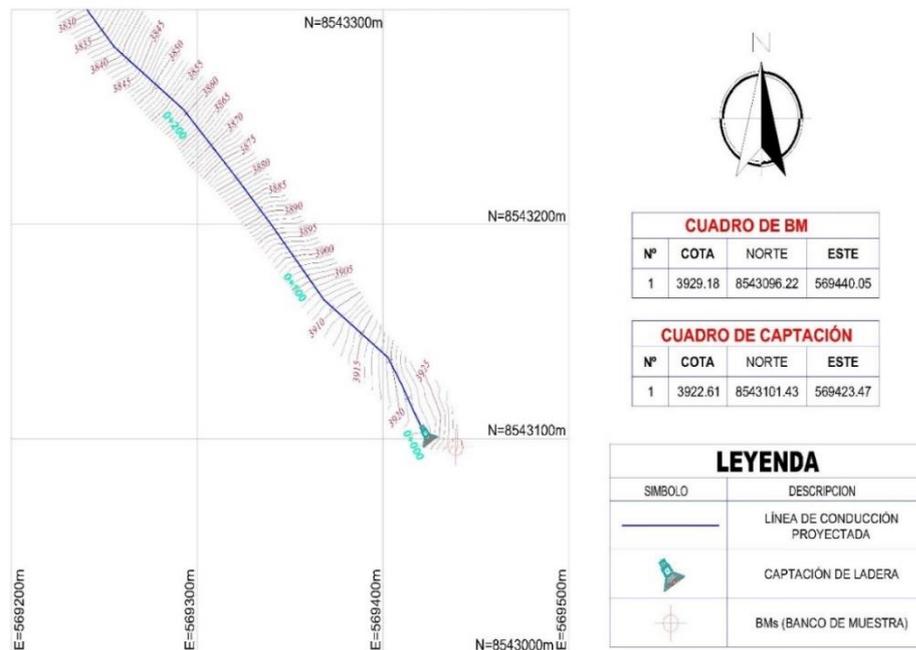


Figura N° 19: Trazado de la red de conducción desde la captación.

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

En la figura 20 se muestra el perfil longitudinal de un pequeño tramo de la línea de conducción desde la captación que comprende un total de los primeros 157.14 metros, también indica datos como progresivas, cotas, altura de corte y pendiente.

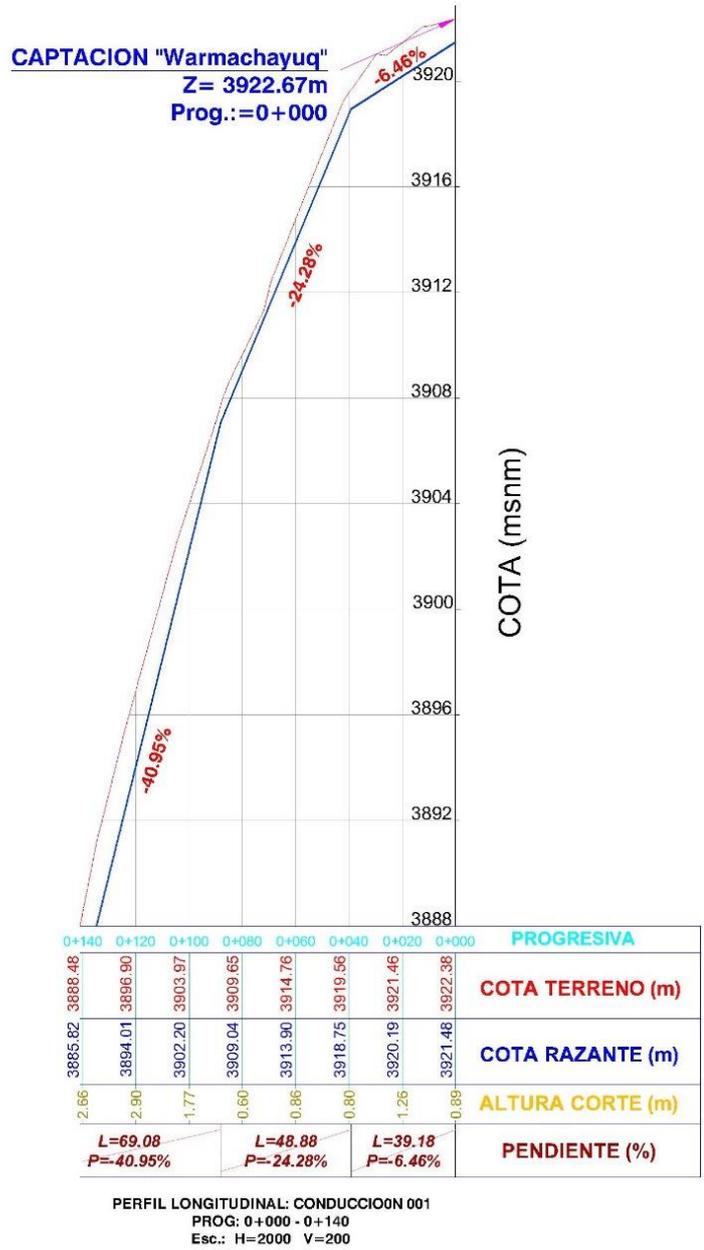


Figura N° 20: Perfil longitudinal desde la captación

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

En la figura 21 se muestra un tramo medio del trazado que sigue la línea de conducción entre las coordenadas E 568700 - E 569000 y N 8543700 - N 8544000.

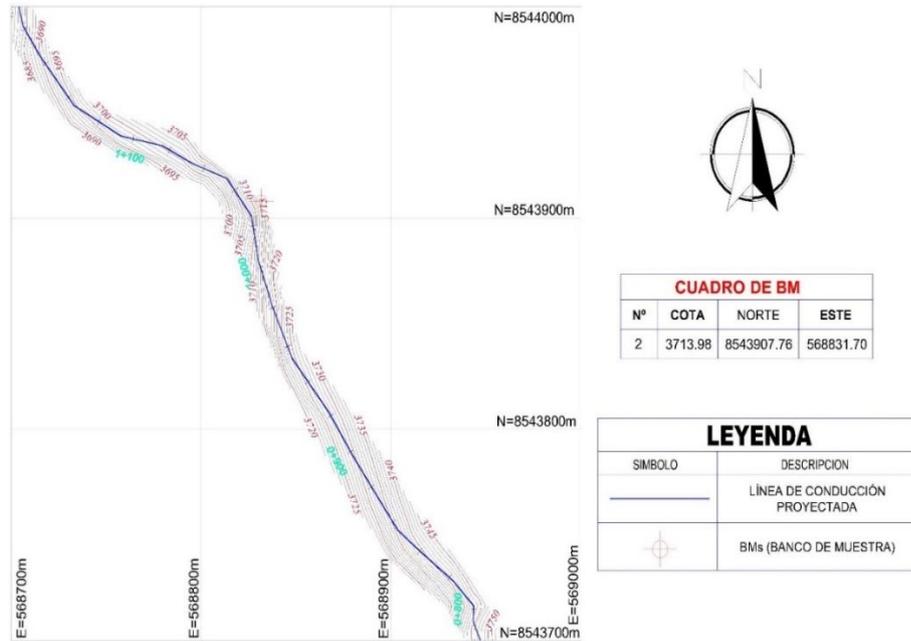


Figura N° 21: Trazado de la red de conducción de Allpa Orcuna  
Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

En la figura 22 se muestra el perfil longitudinal de un tramo de la línea de conducción comprendida desde la CRP tipo VI N°5 hasta el reservorio que tiene un total de 238.98 metros, también indica datos como progresivas, cotas, altura de corte y pendiente.

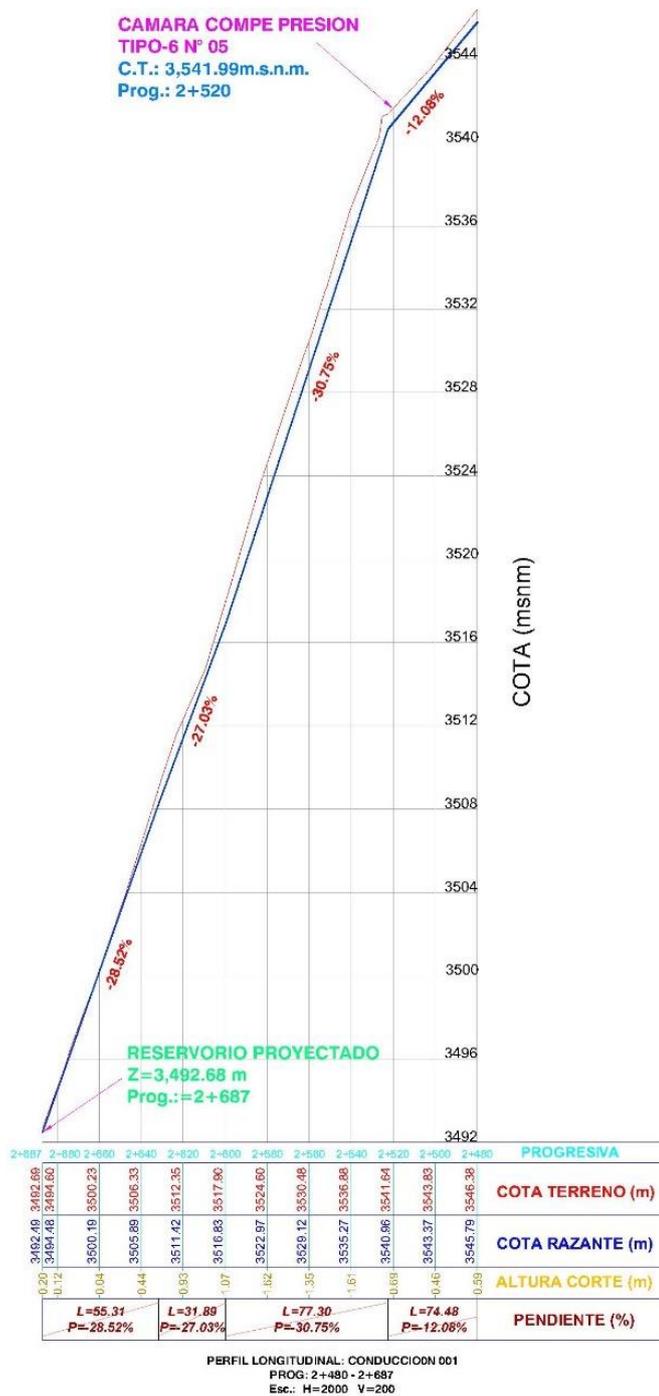


Figura N° 22: Perfil longitudinal desde la CRP N°5 hasta el reservorio

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

Debido a la carga disponible con la que se cuenta desde la cámara de captación hasta el reservorio que son en total 429.99 metros, se ha considerado proyectar 5 cámaras rompe presión (CRP) tipo VI y 4 válvulas

de aire a lo largo de todo este tramo para regular las presiones y velocidades en las tuberías.

### 5.5.2 Trazado de la línea de distribución

La cota en donde se ubicará el reservorio proyectado es de 3492 m.s.n.m en las coordenadas E 567479.03 y N 8544240.99, se observa la línea de distribución (línea color verde) que conduce agua desde el reservorio hacia la población con una longitud horizontal total de 3496.77 metros.

En la figura 23 se muestra la ubicación del punto de reservorio entre las coordenadas E 567400 - E 567500 y N 8544200 - N 8544300 y el trazado que sigue la línea de distribución (línea color amarillo).

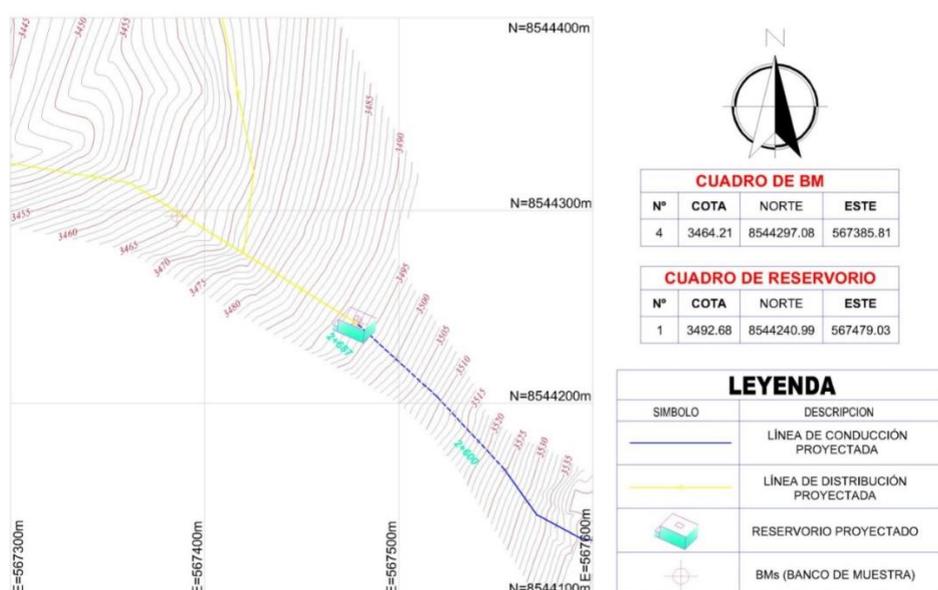


Figura N° 23: Trazado de la red de conducción hasta el reservorio

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

En la figura 24 se muestra el trazado de la línea de distribución con cada domicilio beneficiado en la localidad rural de Allpa Orcuna que esta entre las coordenadas E 566900 - E 567200 y N 8544400 - N 8544700.

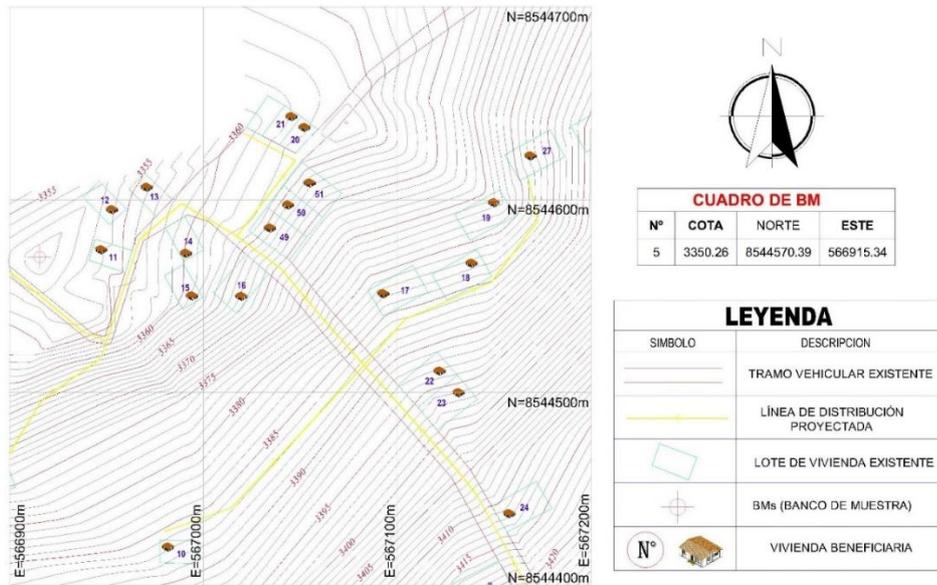


Figura N° 24: Trazado de la red de distribución llegando a la población.

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

Debido a la carga disponible con la que se cuenta desde el reservorio hasta la ubicación de la localidad rural es de 135.56 metros, se ha considerado proyectar 5 cámaras rompe presión (CRP) tipo VII, 5 válvulas de control y 5 válvulas de purga a lo largo de todo este tramo para regular las presiones y velocidades de llegada a cada domicilio.

## 5.6 Diseño hidráulico de elementos del sistema del agua potable

### 5.6.1 Aforo de fuente de agua

El manantial del cual se hará el aforo de agua es "Warmachayuq", se realizará el método volumétrico, el cual consiste en llenar un recipiente con una capacidad conocida y medir el tiempo de su llenado, para este caso se usó un recipiente de 4 litros y se realizó 4 ensayos para obtener un promedio y con ello se pueda obtener un resultado más real.

Tabla N°9: Aforo de manantial "Warmachayuq"

Item	N° de tiempo	Tiempo (seg)
1	t1	3.5
2	t2	4.8

3	t3	3.5
4	t4	4.05
Tiempo promedio (tprom)		3.96
Caudal (l/s)		1.009

Fuente: Expediente técnico del proyecto “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y creación de unidades básicas de saneamiento en 16 localidades rurales de la comunidad de Vinchos, distrito de Vinchos – Huamanga - Ayacucho” (2018)

Caudal aforado:  $Q_{total}=1.009$  l/s

Tabla N°10: Resultados de aforo y Qmd

Fuente manantial	Rendimiento época de estiaje (l/s)	Caudal requerido (l/s)
Manantial "Warmachayuq"	1.009	0.285

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

El caudal que se requiere captar es el máximo diario por lo tanto el caudal que ofrece la fuente es suficiente.

#### 5.6.2 Diseño hidráulico de captación de ladera

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Caudal máximo de la fuente ( $Q_{max}$ ): 1.210 l/s
- Caudal mínimo de la fuente ( $Q_{min}$ ): 1.009 l/s
- Caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ): 0.285 l/s

##### a) Determinación del ancho de la pantalla

Se determinará el número de orificios, así como el ancho de pantalla para la cámara húmeda de la caja de captación, siguiendo el procedimiento especificado a continuación mediante las fórmulas expresadas a continuación, en las que se detalla lo que se hallará y como se hará.

$$Q_{\max} = V_2 \times C_d \times A$$

Despejando:  $A = \frac{Q_{\max}}{V_2 \times C_d}$

Donde:

Coeficiente de descarga:  $C_d = 0.80$  (valores entre 0.60 a 0.80)

Aceleración de la gravedad:  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Carga sobre el centro del orificio:  $H = 0.48 \text{ m}$  (valores entre 0.40 a 0.50)

Velocidad de paso teórica:  $V_{2t} = C_d \times \sqrt{2gH}$

$$V_{2t} = 0.80 \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.48}$$

$$V_{2t} = 2.46 \text{ m/s} \quad (\text{en la entrada de la tubería})$$

Velocidad de paso asumida:  $V_2 = 0.60 \text{ m/s}$  (el valor máximo es 0.60 m/s, en la entrada de la tubería)

Área requerida para descarga (A):  $A = \frac{0.00121}{0.60 \times 0.80}$

$$A = 0.0025 \text{ m}^2$$

Además, sabemos que:  $D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.0025}{\pi}}$$

Diámetro de la tubería de ingreso:  $D_c = 0.06 \text{ m}$

$$D_c = 2.23 \text{ pulg}$$

Asumimos un diámetro comercial:  $D_a = 1.50 \text{ pulg}$  (se recomienda diámetros  $\leq 2''$ )

Determinamos el número de orificios en la pantalla

$$N_{\text{orif}} = \left( \frac{\text{Diámetro calculado}}{\text{Diámetro asumido}} \right)^2 + 1$$

$$N_{\text{orif}} = \left( \frac{2.23}{1.50} \right)^2 + 1$$

$$N_{\text{orif}} = 3 \text{ orificios}$$

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:

$$b = (2 \times 6D) + (N_{\text{orif}} \times D) + (3D \times (N_{\text{orif}} - 1))$$

$$b=(2 \times 6(1.50))+(3 \times 1.50)+(3(1.50) \times (3-1))$$

El ancho de la pantalla será:  $b=31.50$  pulg  $\cong 0.80$  m

En la figura 25 se puede apreciar la pantalla, teniendo acotada los resultados obtenidos, los cuales son un número total de 3 orificios de 1.5" c/u y un ancho de pantalla de 0.80 metros.

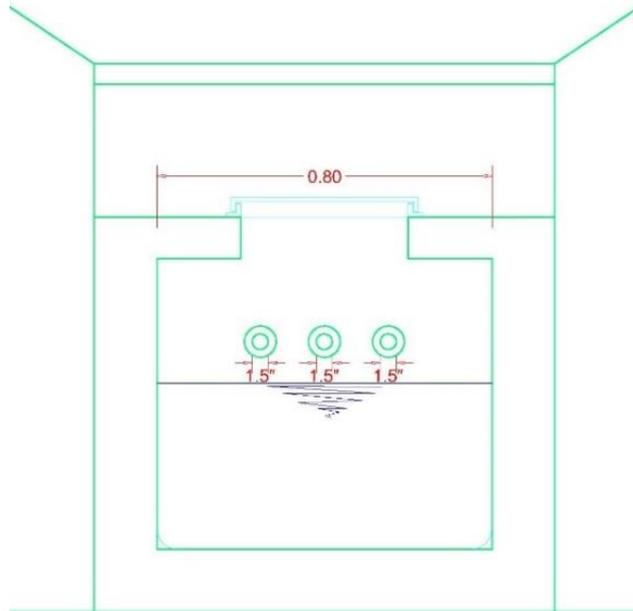


Figura N° 25: Ancho de pantalla y número de orificios

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

- b) Cálculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda

Se calculará la distancia, siguiendo el procedimiento especificado a continuación y usando las fórmulas proporcionadas para este cálculo.

Sabemos que:  $H_f=H-h_0$

Donde la carga sobre el centro del orificio es:  $H= 0.48$  m

Además:  $h_0=1.56 \times \frac{V_0^2}{2g}$

La pérdida de carga en el orificio es:  $h_0=0.0286$  m

Reemplazando valores en la fórmula:  $H_f=0.48-0.0286$

La pérdida de carga afloramiento-cámara húmeda es:  $H_f=0.45$  m

Determinamos la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda:

$$L = \frac{H_f}{0.30}$$

Reemplazando valores en la fórmula:  $L = \frac{0.45}{0.30}$

La distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda sería:

$$L = 1.50 \text{ m}$$

En la figura 26 se puede apreciar el afloramiento junto a la cámara húmeda de la caja de captación, en la que obtuvimos con los cálculos realizados una distancia entre estas de 1.50 metros.

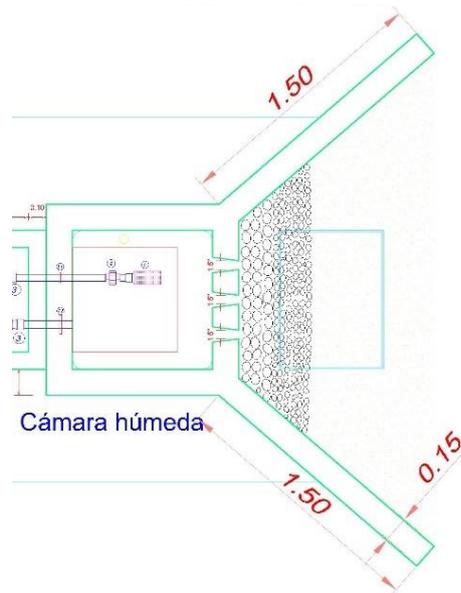


Figura N° 26: Distancia entre afloramiento y cámara húmeda

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

c) Altura de la cámara húmeda

Se calculará la altura de la cámara húmeda según consideraciones y formulas especificadas en el proceso de cálculo.

En la figura 27 se puede apreciar una representación de las alturas mínimas consideradas dentro de la cámara húmeda con una pequeña justificación de cada valor considerado.

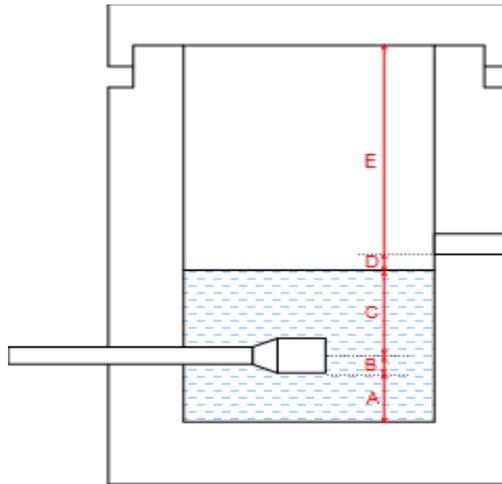


Figura N° 27: Cámara húmeda

Fuente: Programa nacional de saneamiento rural (2016)

Donde:

A: Se considera una altura mínima de 10cm que permite la sedimentación. A= 10 cm

B: Se considera la mitad del diámetro de la canastilla de salida. B= 1.91 cm

D: Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua de afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (mínima 5cm). D= 5 cm

E: Borde libre (se recomienda de 10 a 30cm). E= 30 cm

C: Altura de agua para que el gasto de salida de la captación pueda fluir por la tubería de conducción se recomienda una altura mínima de 30cm.

$$C=1.56 \times \frac{V^2}{2g} = 1.56 \times \frac{Q_{md}^2}{2g \times A^2}$$

Donde:

Caudal máximo diario:  $Q_{md}=0.000285 \text{ m}^3/\text{s}$

Reemplazando valores para el área de la tubería de salida:

$$A = \frac{\pi \times (1.50 \times 0.0254)^2}{4}$$

Área de la tubería de salida:  $A=0.00114 \text{ m}^2$

Reemplazando valores en la fórmula de C:

$$C=1.56 \times \frac{0.000285^2}{2(9.81) \times 0.00114^2}$$

El valor de C sería:  $C=0.05 \text{ m}=0.50 \text{ cm}$

Como nuestra altura C hallada es menor a la mínima, será:  $C=30 \text{ cm}$

Resumen de los datos hallados:

A= 10 cm

B= 1.91 cm

C= 30 cm

D= 5 cm

E= 30 cm

La altura total será:  $H_t=A+B+C+D+E$

Reemplazando valores:  $H_t=10+1.91+30+5+30$

El valor de la altura total es:  $H_t=76.91 \text{ cm} \cong 80 \text{ cm}$

Altura total asumida:  $H_t=0.80 \text{ m}$

En la figura 28 se muestra la pantalla de la cámara húmeda acotada, para esta se obtuvo una altura de 0.80 metros según los cálculos realizados.

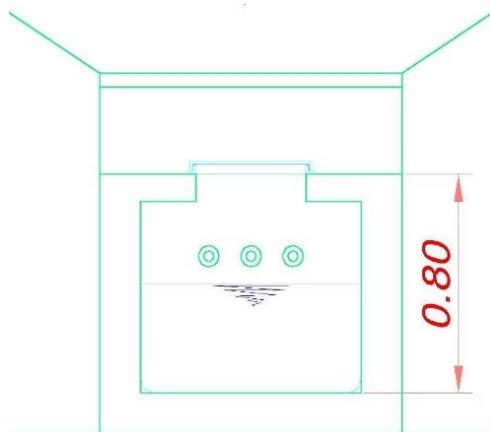


Figura N° 28: Altura total de cámara húmeda

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

d) Dimensionamiento de la canastilla

Se realizará el cálculo del diámetro, longitud y número de ranuras para la canastilla, en la figura 29 se muestra una representación de esta, acotando las partes que serán halladas.

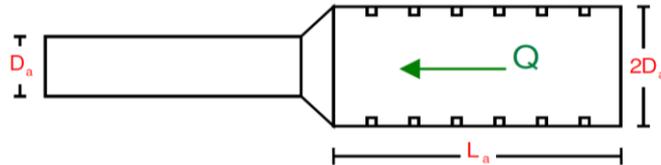


Figura N° 29: Representación de la canastilla

Fuente: Programa nacional de saneamiento rural

Siendo el  $D_a = 1.5$  pulg (obtenido del diámetro de la tubería de ingreso hallada previamente)

El diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el diámetro de la línea de conducción:

$$D_{\text{canastilla}} = 2 \times D_a$$

$$D_{\text{canastilla}} = 2 \times 1.5$$

$$D_{\text{canastilla}} = 3 \text{ pulg.}$$

Se recomienda que la longitud de la canastilla sea mayor a  $3D_a$  y menor que  $6D_a$ :

$$L = 3 \times 1.50 = 4.50 \text{ pulg.} = 11.43 \text{ cm}$$

$$L = 6 \times 1.50 = 9.00 \text{ pulg.} = 22.86 \text{ cm}$$

$$11.43 < L < 22.86$$

Se asume un valor de:  $L = 18 \text{ cm}$

Siendo las medidas de las ranuras:

Ancho de la ranura = 5 mm (medida recomendada)

Largo de la ranura = 7 mm (medida recomendada)

El área de la ranura:  $A_r = \text{Ancho} \times \text{Largo}$

$$A_r = 5 \times 7$$

$$A_r = 35 \text{ mm}^2 = 0.000035 \text{ m}^2$$

Debemos determinar el área total de las ranuras:

$$A_{\text{total}} = 2 \times A$$

Siendo el área de la sección de la tubería de salida:

$$A = \frac{\pi \times (1.50 \times 0.0254)^2}{4} = 0.00114 \text{ m}^2$$

Reemplazando valores el área total de las ranuras es:

$$A_{\text{total}} = 2 \times 0.00114 = 0.00228 \text{ m}^2$$

El valor de A total debe ser menor que el 50% del área lateral de la granada (Ag):

$$A_g = 0.5 \times D_g \times L$$

Donde:

Diámetro de la granada:

$$D_g = 3 \text{ pulg.} = 7.62 \text{ cm} = 0.0762 \text{ m}$$

Longitud de la canastilla:

$$L = 18 \text{ cm} = 0.18 \text{ m}$$

Reemplazando valores en la fórmula:

$$A_g = 0.5 \times 0.0762 \times 0.18 = 0.00686 \text{ m}^2$$

Por consiguiente:

$$A_{\text{total}} < A_g$$

Conocidos los valores, hallaremos el número de ranuras:

$$N^{\circ} \text{ ranuras} = \frac{\text{Área total de ranura}}{\text{Área de ranura}}$$

$$\text{Reemplazando valores: } N^{\circ} \text{ ranuras} = \frac{0.00228}{0.000350}$$

El número de ranuras es:  $N^{\circ} \text{ ranuras} = 65$

En la figura 30 se muestra la canastilla dentro de la cámara húmeda acotada con los valores hallados previamente para una mejor representación, teniendo como diámetro de canastilla un valor de 3" y la longitud 0.18 metros, podemos observar que representando con el numeral 1 está la canastilla de bronce, con el 4 la unión universal, con el 11 la brida rompe agua.

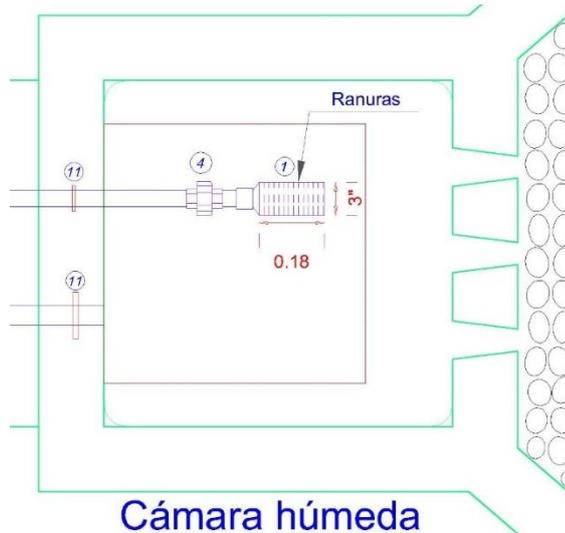


Figura N° 30: Dimensiones de canastilla

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

e) Cálculo de tubería de rebose y limpia

Se realizará el cálculo para hallar el diámetro de la tubería de rebose y limpieza, para ello se seguirá el procedimiento establecido y con las fórmulas proporcionadas.

Ambas tuberías cuentan con el mismo diámetro y se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$Dr = \frac{0.71 \times Q^{0.38}}{h_f^{0.21}}$$

Donde:

Gasto máximo de la fuente:  $Q_{max} = 1.210 \text{ l/s}$

Perdida de carga unitaria:  $h_f = 0.015 \text{ m/m}$  (valor recomendado)

Reemplazando los valores en la fórmula:  $Dr = \frac{0.71 \times 1.21^{0.38}}{0.015^{0.21}}$

El diámetro de la tubería de rebose es:  $Dr = 1.84 \text{ pulg.} \cong 2.00 \text{ pulg.}$

En la figura 31 se muestra la caja de válvulas, en ella podemos observar 2 válvulas compuerta, adaptadores, uniones universales y los niples; también podemos observar la tubería de salida del sistema de agua potable y la tubería de limpieza y rebose, según los cálculos realizados tenemos un diámetro de tubería de limpieza y rebose de 2".

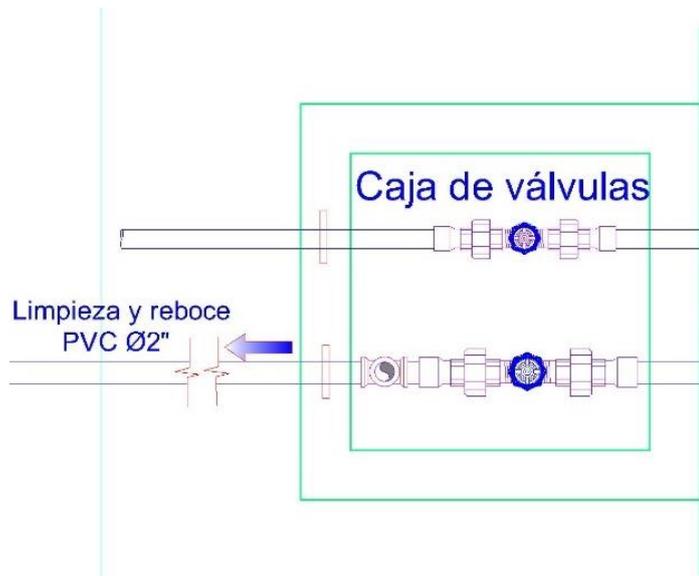


Figura N° 31: Dimensión de tubería de limpieza y rebose

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

### 5.6.3 Diseño hidráulico de la línea de conducción

#### a) Primer tramo

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Cota de cámara de captación: 3922.67 m
- Cota de 1era cámara rompe presión tipo VI proyectada: 3850.62 m
- Caudal máximo diario (Qmd): 0.285 l/s
- Longitud total del tramo (L): 220 m

La carga disponible:

$$H = \text{Cota inicio} - \text{Cota descarga} = 3922.67 - 3850.62 = 72.05 \text{ m}$$

Diámetro:  $\varnothing = 1''$  (diámetro mínimo para el caso de sistemas rurales según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018)

Dimensionamiento de la tubería:

Cálculo de gradiente hidráulica (L.G.H.)

Se cuenta con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{H}{L} = \frac{72.05}{220} = 0.3275 \text{ m/m}$$

Hallamos el diámetro tentativo:

$$D = \left[ \frac{10.646}{S} \times \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

Siendo:

S, gradiente hidráulico, en m/m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:  $D = \left[ \frac{10.646}{0.3275} \times \left( \frac{0.000285}{150} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$

$$D = 0.0136 \text{ m}$$

$$D = 0.54 \text{ pulg.} \approx 1 \text{ pulg.}$$

Pérdida de carga unitaria (hf)

Se recomienda la fórmula de Fair-Whipple para el cálculo hidráulico para diámetros menores a 2 pulg.; pero dado que la fórmula de Hazen y Williams es la ecuación con las que los fabricantes de nuestro país elaboran las tuberías menores a 2 pulg, se trabajara con la siguiente ecuación:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{Q^{1.852}}{(C^{1.852} \times D^{4.86})} \right] \times L$$

Siendo:

Hf, pérdida de carga continua, en m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{0.000285^{1.852}}{(150^{1.852} \times 0.0254^{4.86})} \right] \times 220$$

$$H_f = 3.37 \text{ m}$$

Condición:  $H \geq \sum H_f$   
 $72.05 \geq 3.37 \dots \text{OK}$

Presión estática:

$$\frac{P_2}{\gamma} = Z_1 - Z_2 - \sum H_f$$

$$\frac{P_2}{1000} = 3922.67 - 3850.62 - 3.37$$

$$P_2 = 68680 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \approx 6.868 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

b) Segundo tramo:

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Cota de 1era cámara rompe presión tipo VI proyectada: 3850.62 m
- Cota de 2da cámara rompe presión tipo VI proyectada: 3772.39 m
- Caudal máximo diario (Qmd): 0.285 l/s
- Longitud total del tramo (L): 417.75 m

La carga disponible:  $H = \text{Cota inicio} - \text{Cota descarga}$

$$H = 3850.62 - 3772.39$$

$$H = 78.23 \text{ m}$$

Diámetro:  $\emptyset = 1''$  (diámetro mínimo para el caso de sistemas rurales según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018)

Dimensionamiento de la tubería:

Cálculo de gradiente hidráulica (L.G.H.)

Se cuenta con la siguiente fórmula:  $S = \frac{H}{L}$

$$S = \frac{78.23}{417.75}$$

$$S = 0.1873 \text{ m/m}$$

Hallamos el diámetro tentativo:

$$D = \left[ \frac{10.646}{S} \times \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

Siendo:

S, gradiente hidráulico, en m/m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

$$\text{Reemplazando valores en la fórmula: } D = \left[ \frac{10.646}{0.1873} \times \left( \frac{0.000285}{150} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

$$D = 0.0153 \text{ m}$$

$$D = 0.60 \text{ pulg.} \approx 1 \text{ pulg.}$$

Pérdida de carga unitaria (hf)

Se recomienda la fórmula de Fair-Whipple para el cálculo hidráulico para diámetros menores a 2 pulg.; pero dado que la fórmula de Hazen y Williams es la ecuación con las que los fabricantes de nuestro país elaboran las tuberías menores a 2 pulg, se trabajara con la siguiente ecuación:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{Q^{1.852}}{(C^{1.852} \times D^{4.86})} \right] \times L$$

Siendo:

Hf, pérdida de carga continua, en m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{0.000285^{1.852}}{(150^{1.852} \times 0.0254^{4.86})} \right] \times 417.75$$

$$H_f = 6.40 \text{ m}$$

Condición:

$$H \geq \sum H_f$$

$$72.05 \geq 6.40 \quad \dots \text{ OK}$$

Presión estática:

$$\frac{P_2}{\gamma} = Z_1 - Z_2 - \sum H_f$$

$$\frac{P_2}{1000} = 3850.62 - 3772.39 - 6.40$$

$$P_2 = 71830 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \approx 7.183 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

c) Tercer tramo:

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Cota de 2da cámara rompe presión tipo VI proyectada: 3772.39 m
- Cota de 3era cámara rompe presión tipo VI proyectada: 3698.08m
- Caudal máximo diario (Qmd): 0.285 l/s
- Longitud total del tramo (L): 462.25 m

La carga disponible:  $H = \text{Cota inicio} - \text{Cota descarga}$

$$H = 3772.39 - 3698.08$$

$$H = 74.31 \text{ m}$$

Diámetro:  $\emptyset = 1''$  (diámetro mínimo para el caso de sistemas rurales según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018)

Dimensionamiento de la tubería:

Cálculo de gradiente hidráulica (L.G.H.)

Se cuenta con la siguiente fórmula:  $S = \frac{H}{L}$

$$S = \frac{74.31}{462.25}$$

$$S = 0.1608 \text{ m/m}$$

Hallamos el diámetro tentativo:

$$D = \left[ \frac{10.646}{S} \times \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

Siendo:

S, gradiente hidráulico, en m/m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:  $D = \left[ \frac{10.646}{0.1608} \times \left( \frac{0.000285}{150} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$   
 $D = 0.0158 \text{ m}$

$D = 0.62 \text{ pulg.} \approx 1 \text{ pulg.}$

Pérdida de carga unitaria (hf)

Se recomienda la fórmula de Fair-Whipple para el cálculo hidráulico para diámetros menores a 2 pulg.; pero dado que la fórmula de Hazen y Williams es la ecuación con las que los fabricantes de nuestro país elaboran las tuberías menores a 2 pulg, se trabajara con la siguiente ecuación:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{Q^{1.852}}{(C^{1.852} \times D^{4.86})} \right] \times L$$

Siendo:

Hf, pérdida de carga continua, en m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{0.000285^{1.852}}{(150^{1.852} \times 0.0254^{4.86})} \right] \times 462.25$$

$H_f = 7.08 \text{ m}$

Condición:  $H \geq \sum H_f$

$72.05 \geq 7.08 \quad \dots \text{ OK}$

Presión estática:

$$\frac{P_2}{\gamma} = Z_1 - Z_2 - \sum H_f$$

$$\frac{P_2}{1000} = 3772.39 - 3698.08 - 7.08$$

$$P_2 = 67230 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \approx 6.723 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

d) Cuarto tramo:

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Cota de 3era cámara rompe presión tipo VI proyectada: 3698.08 m
- Cota de 4ta cámara rompe presión tipo VI proyectada: 3622.52 m
- Caudal máximo diario (Qmd): 0.285 l/s
- Longitud total del tramo (L): 560 m

La carga disponible:  $H = \text{Cota inicio} - \text{Cota descarga}$

$$H = 3698.08 - 3622.52$$

$$H = 75.56 \text{ m}$$

Diámetro:  $\varnothing = 1''$  (diámetro mínimo para el caso de sistemas rurales según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018)

Dimensionamiento de la tubería:

Cálculo de gradiente hidráulica (L.G.H.)

Se cuenta con la siguiente fórmula:  $S = \frac{H}{L}$

$$S = \frac{75.56}{560}$$

$$S = 0.1349 \text{ m/m}$$

Hallamos el diámetro tentativo:

$$D = \left[ \frac{10.646}{S} \times \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

Siendo:

S, gradiente hidráulico, en m/m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:  $D = \left[ \frac{10.646}{0.1349} \times \left( \frac{0.000285}{150} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$

$$D = 0.0164 \text{ m}$$

$$D = 0.64 \text{ pulg.} \approx 1 \text{ pulg.}$$

Pérdida de carga unitaria (hf)

Se recomienda la fórmula de Fair-Wipple para el cálculo hidráulico para diámetros menores a 2 pulg.; pero dado que la fórmula de Hazen y

Williams es la ecuación con la que los fabricantes de nuestro país elaboran las tuberías menores a 2 pulg, se trabajara con la siguiente ecuación:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{Q^{1.852}}{(C^{1.852} \times D^{4.86})} \right] \times L$$

Siendo:

$H_f$ , pérdida de carga continua, en m.

$Q$ , caudal en m<sup>3</sup>/s

$D$ , diámetro interior en m (ID)

$C$ , coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC ( $C=150$ )

$L$ , longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{0.000285^{1.852}}{(150^{1.852} \times 0.0254^{4.86})} \right] \times 560$$

$$H_f = 8.58 \text{ m}$$

Condición:  $H \geq \sum H_f$

$$72.05 \geq 8.58 \quad \dots \text{OK}$$

Presión estática:

$$\frac{P_2}{\gamma} = Z_1 - Z_2 - \sum H_f$$

$$\frac{P_2}{1000} = 3698.08 - 3622.52 - 8.58$$

$$P_2 = 66980 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \approx 6.698 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

e) Quinto tramo:

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Cota de 4ta cámara rompe presión tipo VI proyectada: 3622.52 m
- Cota de 5ta cámara rompe presión tipo VI proyectada: 3541.99 m
- Caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ): 0.285 l/s
- Longitud total del tramo ( $L$ ): 857.06 m

La carga disponible:  $H = \text{Cota inicio} - \text{Cota descarga}$

$$H = 3622.52 - 3541.99$$

$$H=80.53 \text{ m}$$

Diámetro:  $\emptyset = 1''$  (diámetro mínimo para el caso de sistemas rurales según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018)

Dimensionamiento de la tubería:

Cálculo de gradiente hidráulica (L.G.H.)

Se cuenta con la siguiente fórmula:  $S = \frac{H}{L}$

$$S = \frac{80.53}{857.06}$$

$$S = 0.0940 \text{ m/m}$$

Hallamos el diámetro tentativo:

$$D = \left[ \frac{10.646}{S} \times \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

Siendo:

S, gradiente hidráulico, en m/m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:  $D = \left[ \frac{10.646}{0.0940} \times \left( \frac{0.000285}{150} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$

$$D = 0.0176 \text{ m}$$

$$D = 0.69 \text{ pulg.} \approx 1 \text{ pulg.}$$

Pérdida de carga unitaria (hf)

Se recomienda la fórmula de Fair-Wipple para el cálculo hidráulico para diámetros menores a 2 pulg.; pero dado que la fórmula de Hazen y Williams es la ecuación con las que los fabricantes de nuestro país elaboran las tuberías menores a 2 pulg, se trabajara con la siguiente ecuación:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{Q^{1.852}}{(C^{1.852} \times D^{4.86})} \right] \times L$$

Siendo:

Hf, pérdida de carga continua, en m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{0.000285^{1.852}}{(150^{1.852} \times 0.0254^{4.86})} \right] \times 857.06$$
$$H_f = 13.12 \text{ m}$$

Condición:  $H \geq \sum H_f$

$$| \quad 72.05 \geq 13.12 \quad \dots \text{ OK}$$

Presión estática:

$$\frac{P_2}{\gamma} = Z_1 - Z_2 - \sum H_f$$
$$\frac{P_2}{1000} = 3622.52 - 3541.99 - 13.12$$
$$P_2 = 67410 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \approx 6.741 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

f) Sexto tramo:

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Cota de 5ta cámara rompe presión tipo VI proyectada: 3541.99 m
- Cota de reservorio proyectada: 3492.68 m
- Caudal máximo diario (Qmd): 0.285 l/s
- Longitud total del tramo (L): 169.93 m

La carga disponible:  $H = \text{Cota inicio} - \text{Cota descarga}$

$$H = 3541.99 - 3492.68$$

$$H = 49.31 \text{ m}$$

Diámetro:  $\emptyset = 1''$  (diámetro mínimo para el caso de sistemas rurales según la "Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural" del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018)

Dimensionamiento de la tubería:

Cálculo de gradiente hidráulica (L.G.H.)

Se cuenta con la siguiente fórmula:  $S = \frac{H}{L}$

$$S = \frac{49.31}{169.93}$$

$$S = 0.2902 \text{ m/m}$$

Hallamos el diámetro tentativo:

$$D = \left[ \frac{10.646}{S} \times \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

Siendo:

S, gradiente hidráulico, en m/m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:  $D = \left[ \frac{10.646}{0.2902} \times \left( \frac{0.000285}{150} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$

$$D = 0.0140 \text{ m}$$

$$D = 0.55 \text{ pulg.} \approx 1 \text{ pulg.}$$

Pérdida de carga unitaria (hf)

Se recomienda la fórmula de Fair-Whipple para el cálculo hidráulico para diámetros menores a 2 pulg.; pero dado que la fórmula de Hazen y Williams es la ecuación con las que los fabricantes de nuestro país elaboran las tuberías menores a 2 pulg, se trabajara con la siguiente ecuación:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{Q^{1.852}}{(C^{1.852} \times D^{4.86})} \right] \times L$$

Siendo:

Hf, pérdida de carga continua, en m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{0.000285^{1.852}}{(150^{1.852} \times 0.0254^{4.86})} \right] \times 169.93$$

$$H_f = 2.60 \text{ m}$$

Condición:

$$H \geq \sum H_f$$

$$72.05 \geq 2.60 \quad \dots \text{OK}$$

Presión estática:

$$\frac{P_2}{\gamma} = Z_1 - Z_2 - \sum H_f$$

$$\frac{P_2}{1000} = 3541.99 - 3492.68 - 2.60$$

$$P_2 = 46710 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \approx 4.671 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Al realizar el cálculo para cada tramo comprendido entre cada rompe presión proyectada, se ha obtenido un diámetro mínimo para cada tramo de 25 mm (1”), con lo cual se diría que el diámetro para nuestra línea de conducción será el de 1”, pero según la norma OS.010 de “Captación y conducción de agua para consumo humano” y por recomendación del ingeniero asesor y su experiencia en el área, se usará tuberías de clase igual o inferior a 7.5 de un diámetro de tubería de 85.30 mm (3”), debido a que se está en presencia de una zona rural y el desnivel que existe en la elevación entre la captación y reservorio.

En la figura 32 se muestra la sección longitudinal para el diámetro de tubería hallada previamente.

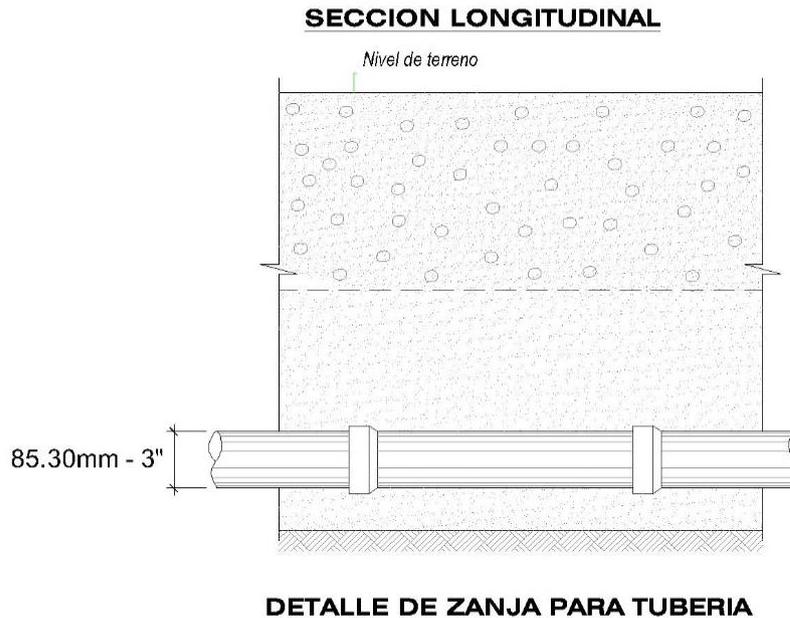


Figura N° 32: Sección longitudinal para zanja de tubería de conducción

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

#### 5.6.4 Diseño hidráulico del reservorio

##### a) Volumen de almacenamiento

En zonas rurales como lo es nuestra zona de estudio:

Para el volumen de almacenamiento por regulación (Se considera 25% de la demanda diaria promedio anual).

$$V_r = 0.25 \times Q_p \times \frac{86400}{1000}$$

Donde:

El caudal promedio anual:  $Q_p = 0.219 \text{ l/s}$

Reemplazando valores en la fórmula:  $V_r = 0.25 \times 0.219 \times \frac{86400}{1000}$

El volumen de regulación es:  $V_r = 4.73 \text{ m}^3$

Según la norma OS.100, para habilitaciones urbanas en poblaciones menores de 10,000 habitantes, no se considera obligatoria demanda contra incendio. Para el volumen de reserva no se justifica un volumen adicional, por ello se considera:

El volumen total de almacenamiento será:  $V_{alm} = V_r$

Reemplazando valores en la fórmula:  $V_{alm} = 4.73 \text{ m}^3$

Se asume un volumen de reservorio de:  $V_{alm} = 5.00 \text{ m}^3$

b) Dimensionamiento

Se asume un ancho interno:  $a=2.00$  m

Se asume un largo interno:  $l=2.00$  m

La altura útil del agua se obtendrá como:  $h = \frac{5 \text{ m}^3}{2 \times 2 \text{ m}^2}$

$$h=1.25 \text{ m}$$

Relación del ancho de la base y la altura:

$$j = \frac{a}{h}$$

$$j = \frac{2.00}{1.25}$$

$$j=1.60$$

Como nuestro valor hallado se encuentra entre 0.50 y 3.00 esta OK.

Borde libre recomendado:  $BL=0.30$  m

Altura total interna:  $H=h+BL$

$$H=1.25+0.30$$

$$H=1.55 \text{ m}$$

En la figura 33 se muestra el reservorio acotado en base a los resultados previamente hallados, se observa un base de 2.00 m, una altura útil de agua de 1.25 m, además de un borde libre de 0.30 m, haciendo una altura total del reservorio de 1.55 m.

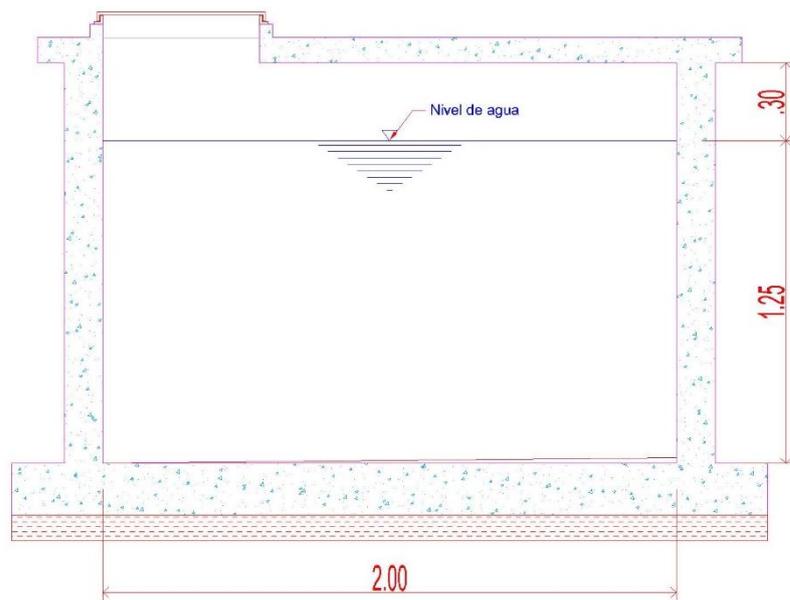


Figura N° 33: Dimensiones del reservorio apoyado

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

Tiempo de almacenamiento ( $T_a$ ):

Convertimos las unidades del caudal máximo diario:

$$Q_{md} = 0.285 \frac{l}{s} \times \frac{1 m^3}{1000 l} \times \frac{3600 \text{ seg}}{1 h} = 1.026 \text{ m}^3/h$$

$$T_a = \frac{5 \text{ m}^3}{1.026 \text{ m}^3/h}$$

El tiempo de almacenamiento es:  $T_a = 4.87 \text{ h}$

c) Diseño de tuberías de ingreso

Como nuestro diámetro de la línea de conducción hallado para todo el tramo es de 2", entonces, el diámetro de la tubería de ingreso al reservorio es de 2".

d) Diseño de tuberías de salida

Está definida por el diámetro de la línea de aducción hallada, entonces, el diámetro de la tubería de salida del reservorio es de 1".

e) Diseño de tuberías de limpieza y rebose

Según la norma I.S. 010 en el artículo 8° en el inciso "m", nos indica que el diámetro del tubo de rebose no deberá ser menor de 2" para una capacidad del depósito de 5000 litros, es decir 5 metros cúbicos, el cual es nuestro caso.

f) Dimensionamiento de la canastilla

Para este dimensionamiento, contamos con los siguientes datos:

- Diámetro interno de tubería de salida: Como nuestra tubería es de 1", el diámetro interno de esta es  $D_{cs} = 29.40 \text{ mm}$
- La longitud de la canastilla: Se adopta que sea 5 veces el diámetro de salida  $c = 5$
- Área de ranura de con diámetro de 7mm:  $A_r = 38.48 \text{ mm}^2$

Hallamos la longitud de la canastilla:

$$L_c = D_{cs} \times c$$

$$L_c = 29.40 \times 5$$

$$L_c = 147 \text{ mm} \approx 0.15 \text{ m}$$

Hallamos el diámetro de la canastilla:

$$Dc=2 \times Dsc$$

$$Dc=2 \times 29.40$$

$$Dc=58.80 \text{ mm} \approx 0.059 \text{ m}$$

Hallamos la longitud de circunferencia canastilla:

$$pc=\pi \times Dc$$

$$pc=\pi \times 58.80$$

$$pc=184.73 \text{ mm} \approx 0.185 \text{ m}$$

Hallamos el número de ranuras en el diámetro de la canastilla, espaciados 15mm:

$$Nr=\frac{pc}{15}$$

$$Nr=\frac{184.73}{15}$$

$$Nr=12 \text{ ranuras}$$

Hallamos el área total de ranuras:

$$At=2 \times \pi \times \frac{Dsc^2}{4}$$

$$At=1357.73 \text{ mm}^2$$

Hallamos el número total de ranuras:

$$R=\frac{At}{Ar}$$

$$R=\frac{1357.73}{38.48}$$

$$R=35 \text{ ranuras}$$

En la figura 34 se muestra la representación de las tuberías de entrada de 1", salida 1", limpieza 2", así como la canastilla con una longitud de 15cm y un total de ranuras de 35, según los cálculos hallados previamente. Dentro de la caja de válvulas se puede observar con numeral 1 la canastilla de PVC, con 2 la unión SP, con el 3 la unión universal, con el 4 el adaptador UPR, con el 5 una válvula compuerta de bronce, con el 6 y 15 una brida rompe agua, con el 7 un codo, con el 8 una tee, con el 11 una válvula flotadora.

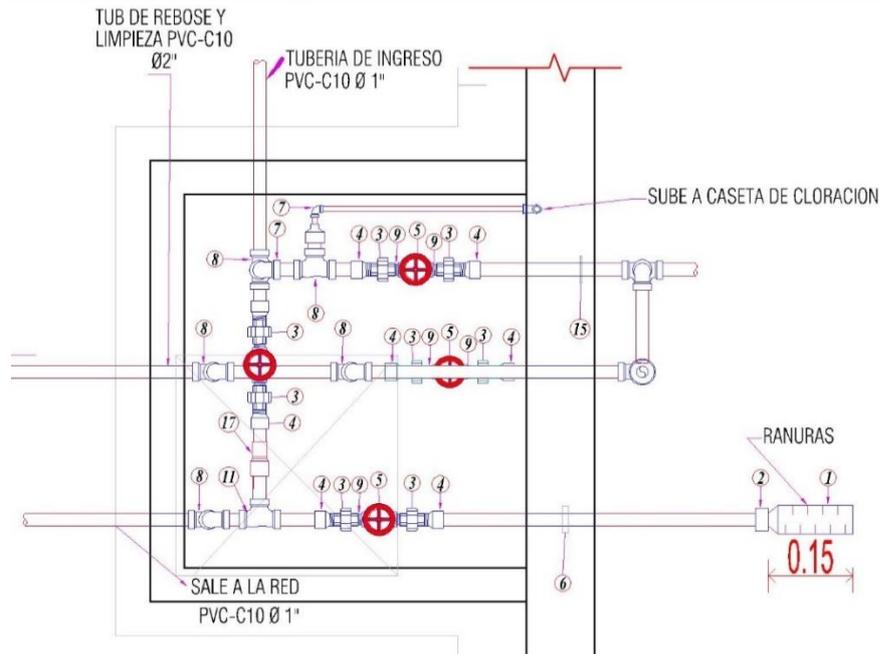


Figura N° 34: Representación de las tuberías en la caja de válvulas  
Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

### 5.6.5 Diseño estructural del reservorio

#### a) Espesor para los muros

Según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018; nos indica que para un adecuado comportamiento la norma ACI 350-06 de Diseño sísmico de estructuras de hormigón que contienen líquido, recomienda un espesor mínimo de muro de 15 a 20 cm (para conseguir por lo menos 5cm de recubrimiento) y que haya una separación máxima de 30 cm en el refuerzo.

Debido a esto, para nuestro diseño consideramos un espesor de:

$$em = 15 \text{ cm}$$

#### b) Espesor de losa de fondo

Se considera un espesor de losa de fondo de 20 cm y un solado de 10cm, debiendo ser esta altura no menor a 30 cm según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018.

Entonces consideramos:

$$z=10 \text{ cm}$$

$$ef=20 \text{ cm}$$

Tenemos una altura total de cimentación:

$$hc = z+ef$$

$$hc = 10+20 \text{ cm}$$

$$hc = 30 \text{ cm}$$

c) Espesor de losa de techo

Se considera un espesor para la losa de techo de 10cm, que consideramos suficiente para la estructura y el volumen que contendrá, entonces:

$$et=10 \text{ cm}$$

d) Alero de losa de fondo

Se considera un alero de 20 cm en ambos extremos para la losa de fondo del reservorio.

En la figura 35 se muestra el reservorio acotado según los cálculos hallados para los espesores de muro y así poder tener una mejor representación gráfica.

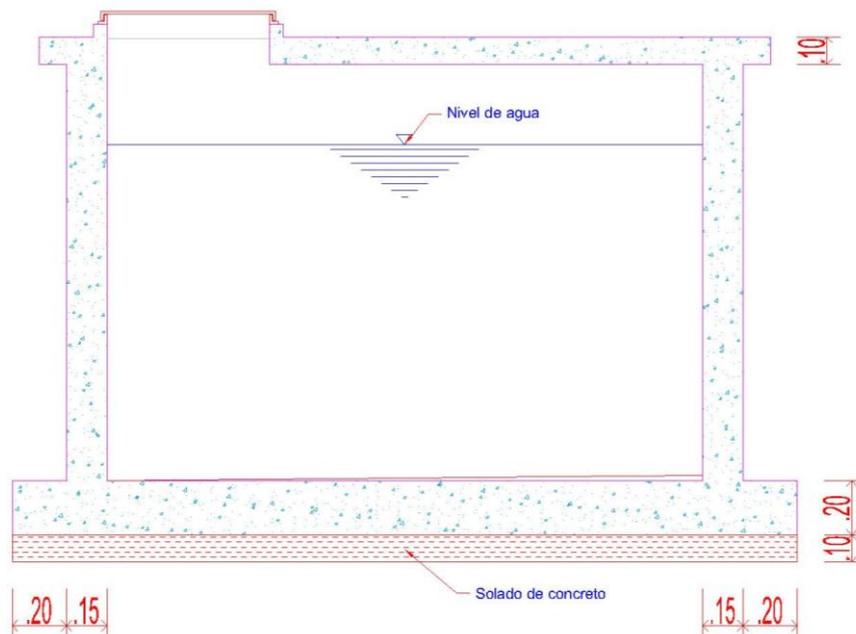


Figura N° 35: Dimensionamiento de los espesores de los distintos muros

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

### 5.6.6 Diseño hidráulico de la línea de aducción

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Cota de reservorio proyectado : 3492.68 m
- Cota de 1era domicilio : 3473.31 m
- Caudal máximo horario (Qmh): 0.438 l/s
- Longitud total del tramo (L) : 69.20 m

La carga disponible:  $H = \text{Cota inicio} - \text{Cota descarga}$

$$H = 3492.68 - 3473.31$$

$$H = 19.37 \text{ m}$$

Diámetro:  $\varnothing = 1''$  (diámetro mínimo para el caso de sistemas rurales según la “Guía de opciones tecnológicas de sistemas de saneamiento para el ámbito rural” del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018)

Dimensionamiento de la tubería:

Cálculo de gradiente hidráulica (L.G.H.)

Se cuenta con la siguiente fórmula:  $S = \frac{H}{L}$

$$S = \frac{19.37}{69.20}$$

$$S = 0.280 \text{ m/m}$$

Hallamos el diámetro tentativo:

$$D = \left[ \frac{10.646}{S} \times \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$$

Siendo:

S, gradiente hidráulico, en m/m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:  $D = \left[ \frac{10.646}{0.280} \times \left( \frac{0.000438}{150} \right)^{1.852} \right]^{\frac{1}{4.87}}$

$$D=0.0166 \text{ m}$$

$$D=0.65 \text{ pulg.} \approx 1 \text{ pulg.}$$

Pérdida de carga unitaria (hf)

Se recomienda la fórmula de Fair-Wipple para el cálculo hidráulico para diámetros menores a 2 pulg.; pero dado que la fórmula de Hazen y Williams es la ecuación con las que los fabricantes de nuestro país elaboran las tuberías menores a 2 pulg, se trabajara con la siguiente ecuación:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{Q^{1.852}}{(C^{1.852} \times D^{4.86})} \right] \times L$$

Siendo:

Hf, pérdida de carga continua, en m.

Q, caudal en m<sup>3</sup>/s

D, diámetro interior en m (ID)

C, coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

- PVC (C=150)

L, longitud del tramo, en m

Reemplazando valores en la fórmula:

$$H_f = 10.674 \times \left[ \frac{0.000438^{1.852}}{(150^{1.852} \times 0.0254^{4.86})} \right] \times 69.20$$

$$H_f = 2.35 \text{ m}$$

Condición:

$$H \geq \sum H_f$$

$$72.05 \geq 2.35 \quad \dots \text{ OK}$$

En la figura 36 se muestra la sección longitudinal para el diámetro de tubería de aducción hallada previamente, la cual comprende el tramo desde el reservorio hasta el primer nodo, desde el cual se empezara con la distribución hacia los domicilios, para lo cual se calculó un diámetro de 25 mm (1") previamente, pero según la Norma OS.050 de "Redes de distribución de agua para consumo humano" el diámetro mínimo es de 75 mm (3") para uso de vivienda, de igual manera por recomendación del ingeniero asesor y su experiencia en el área, se usará tuberías de clase igual o inferior a 7.5 y de un diámetro de tubería de 85.30 mm (3").

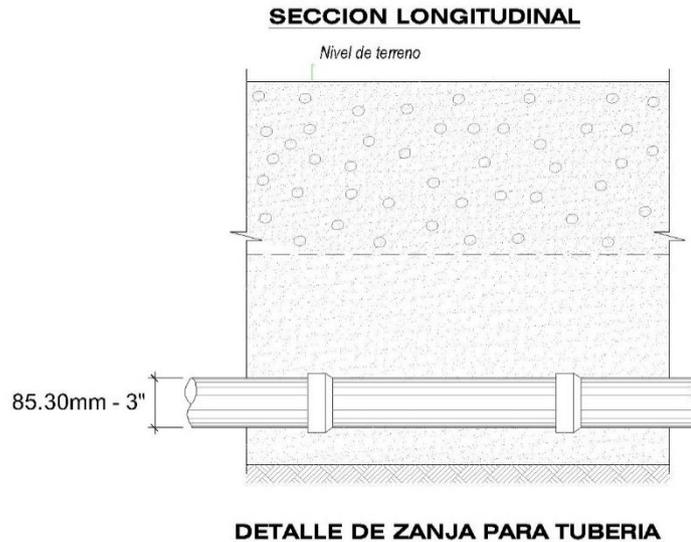


Figura N° 36: Sección longitudinal para línea de aducción

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

#### 5.6.7 Diseño hidráulico de la línea de distribución

Para el diseño necesitaremos los siguientes datos:

- Caudal máximo horario (Q<sub>mh</sub>): 0.438 l/s
- Longitud total del tramo (L) : 3991.30 m

El rango de velocidad recomendada será:

$$0.60 \text{ m/s} < V < 3.00 \text{ m/s}$$

Los diámetros mínimos de las tuberías según la Norma OS.050 de “Redes de distribución de agua para consumo humano” es de 75 mm (3”) para uso de vivienda y en casos excepcionales se usarán tuberías de 50 mm (2”) de diámetro, pero por recomendación del ingeniero asesor y su experiencia en el área, se usará tuberías de clase igual o inferior a 7.5 con un diámetro para los ramales principales de 70.40 mm (2 1/2”) y para los sub-ramales de 57.80 mm (2”), porque se está en presencia de una zona rural inferior a los 300 habitantes.

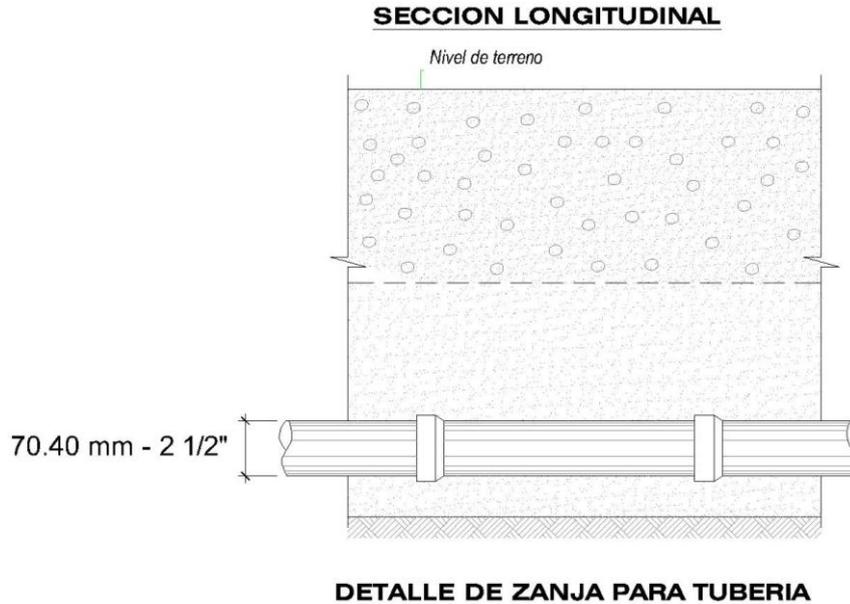


Figura N° 37: Sección longitudinal para ramales en red de distribución.

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

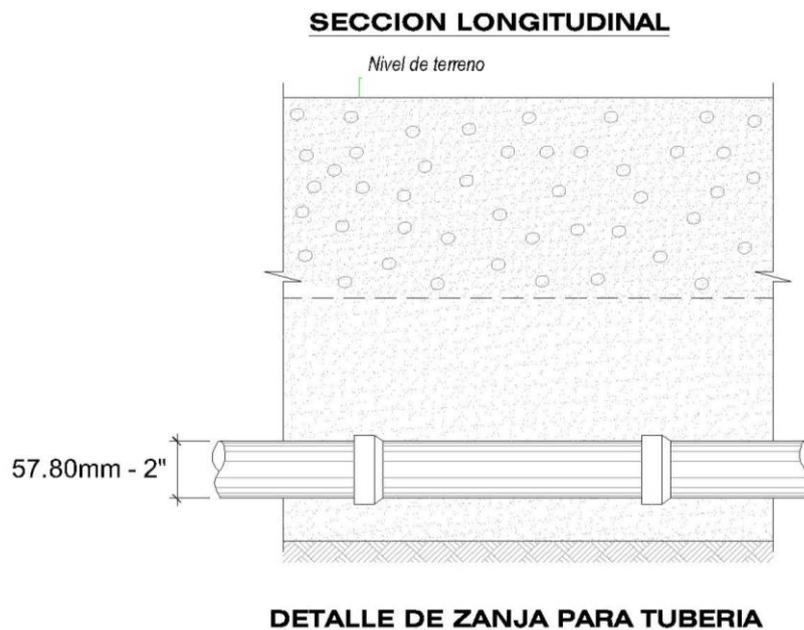


Figura N° 38: Sección longitudinal para sub-ramales en red de distribución

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

### 5.7 Conexión domiciliaria

La conexión domiciliaria será con tuberías de 1/2" y se conectará a la unidad básica de saneamiento (UBS) de cada beneficiario para que mediante esta estructura tengan el acceso al agua potable.

En la figura 39 se muestra la entrada de la acometida domiciliar a la UBS de cada beneficiario de la localidad, esta cuenta con una llave de paso conectada a cada aparato sanitario que servirá para cerrar la entrada de agua en caso de alguna avería.

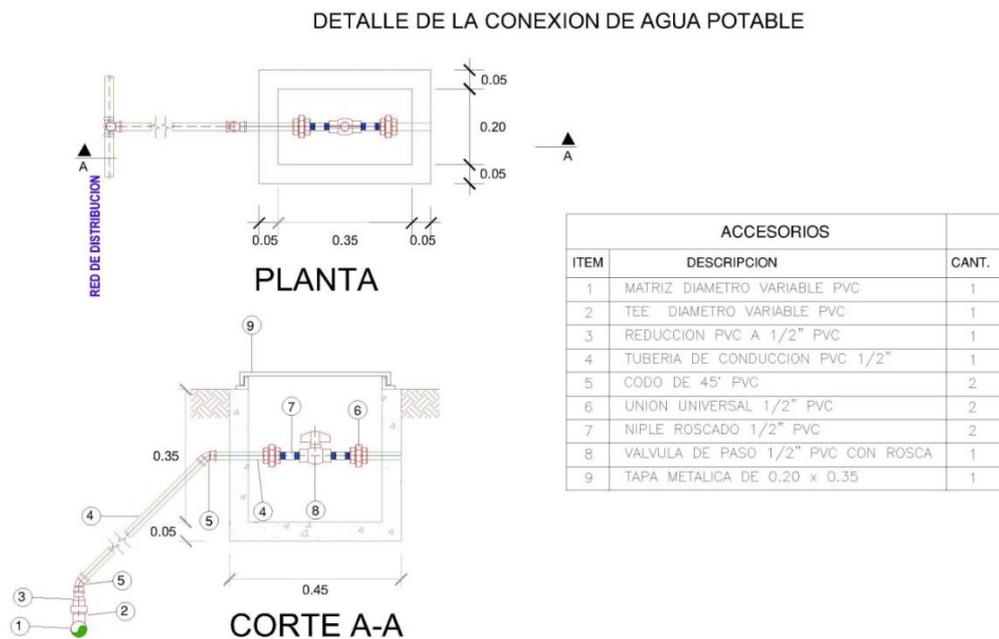


Figura N° 39: Conexión domiciliar

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

### 5.8 Resumen de elementos que integran el sistema de agua potable

En la tabla N°12, se muestra la ficha técnica para tuberías de agua fría a presión de la empresa PAVCO, esta nos muestra los diámetros más comerciales y para diferentes clases existentes.

Tabla N°11 : Ficha técnica PAVCO tuberías agua fría para clase 7.5

Diámetro Exterior		Longitud total (metros)	Clase 7.5 108 PSI (7.5 bar)	
Nominal (pulg)	Real (mm)		Espesor (mm)	Peso (kg/tubo)
1/2"	21.0	5.00	-	-
3/4"	26.5	5.00	-	-
1"	33.0	5.00	-	-
1 1/4"	42.0	5.00	1.80	1.758

1 1/2"	48.0	5.00	1.80	2.020
2"	60.0	5.00	2.20	3.088
2 1/2"	73.0	5.00	2.60	4.444
3"	88.5	5.00	3.20	6.625
4"	114.0	5.00	4.10	10.944
6"	168.0	5.00	6.10	23.995
8"	219.0	5.00	-	-

Fuente: PAVCO (2018)

En la tabla N°13, se muestra el resumen de todos los componentes que conforman el sistema de agua potable de la localidad, en ella se observa las unidades y cantidades que fue proyectada para cada una, además se calculó número de tuberías a hallar para cada línea según la longitud proyectada.

Tabla N°12: Resumen del sistema de agua potable

Sistema de agua potable Allpa Orccuna			
Ord.	Descripción	Und.	Cant.
a.	Sistema de captación de ladera	glb	1.00
b.	Línea de conducción	m	2728.81
c.	Número de tuberías C7.5 - Ø 85.30 mm (3") x 5.00 m	und	546
d.	Cámara rompe presión tipo VI	und	5.00
e.	Válvula de aire	und	4.00
f.	Reservorio apoyado 5.00 m <sup>3</sup>	glb	1.00
g.	Red de distribución	m	3991.30
h.	Número de tuberías C7.5 - Ø 70.40 mm (2 1/2") x 5.00 m	und	719
i.	Número de tuberías C7.5 - Ø 57.80 mm (2") x 5.00 m	und	80
j.	Bomba	und	1.00
k.	Cámara rompe presión tipo VII	und	2.00
l.	Válvula de control	und	4.00
m.	Válvula de purga	und	3.00

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

## 5.9 Sistema de agua potable mediante software WaterCAD

### 5.9.1 Primera Propuesta

#### a) Demanda para cada nodo

En la tabla N°14, se muestra las demandas halladas para cada nodo en base al caudal máximo horario y el número de lotes que abastecerá el nodo, esta demanda es colocada en el software WaterCAD para el modelamiento del sistema de agua potable de la localidad rural de Allpa Orccuna.

Tabla N°13: Demanda para el software

Línea de distribución			
Nodo	Lotes	Qmh/lote	Demanda (l/s)
J-1	0	0.009	0.000
J-22	1	0.009	0.009
J-2	0	0.009	0.000
J-3	0	0.009	0.000
J-33	2	0.009	0.018
J-4	4	0.009	0.036
J-25	3	0.009	0.027
J-5	2	0.009	0.018
J-26	1	0.009	0.009
J-27	2	0.009	0.018
J-6	2	0.009	0.018
J-28	3	0.009	0.027
J-30	1	0.009	0.009
J-34	1	0.009	0.009
J-7	2	0.009	0.018
J-15	1	0.009	0.009
J-8	3	0.009	0.027
J-18	3	0.009	0.027

J-17	1	0.009	0.009
J-9	4	0.009	0.036
J-19	4	0.009	0.036
J-12	5	0.009	0.045
J-20	1	0.009	0.009
J-21	3	0.009	0.027
<b>Total</b>	<b>49</b>		<b>0.438</b>

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

En la figura 41 y 42, se muestra las redes de distribución en donde figuran los 49 domicilios beneficiarios, también se aprecian los nodos denotados con la letra “J”, así como también figura la cota a la que se encuentra. En el cuadro de la parte derecha se puede observar un resumen del número de lotes establecidos para cada nodo.

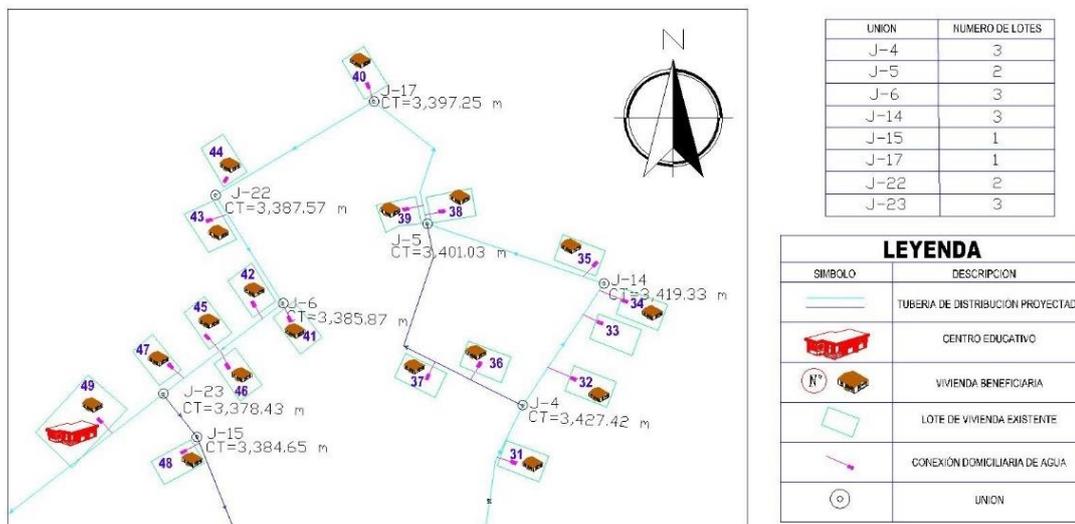


Figura N° 40: Detalle de nodos en red de distribución

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

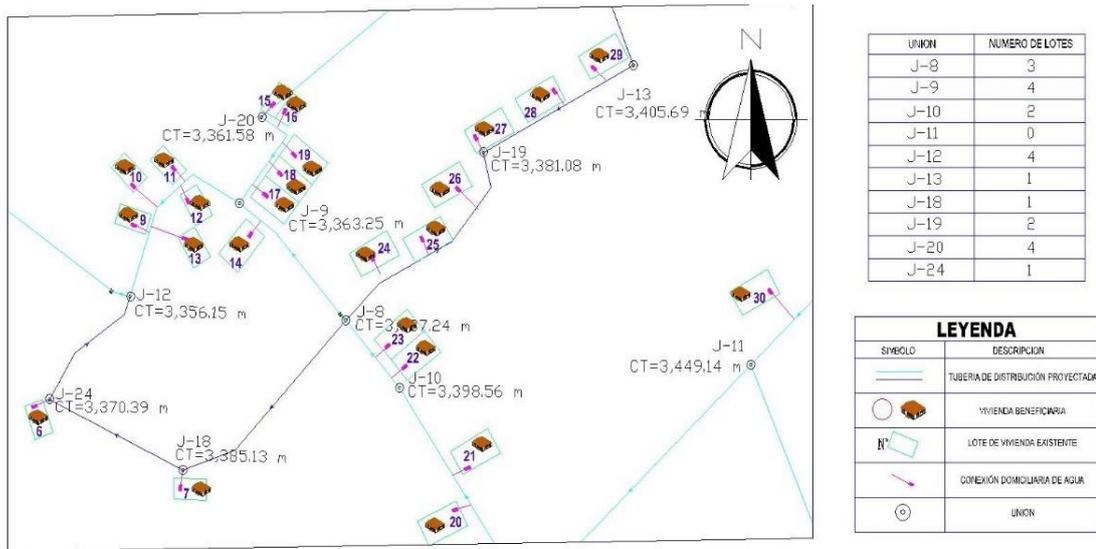


Figura N° 41: Esquema de nodos en la red de distribución

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

b) Modelación

En la Figura N° 43, se muestra el modelado que se hizo en el software WaterCAD de la red de conducción (línea color verde) y la red de distribución (línea color azul y fucsia)

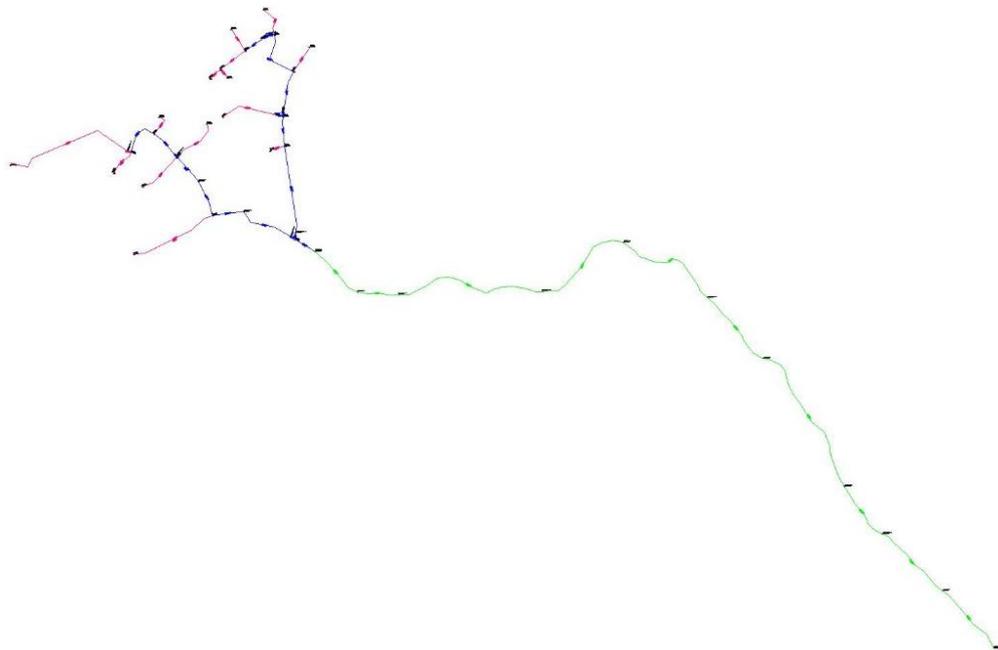


Figura N° 42: Línea de conducción y distribución en WaterCAD

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 44, se muestra la línea de conducción completa modelada con un diámetro de 85.30 mm en el software WaterCAD.

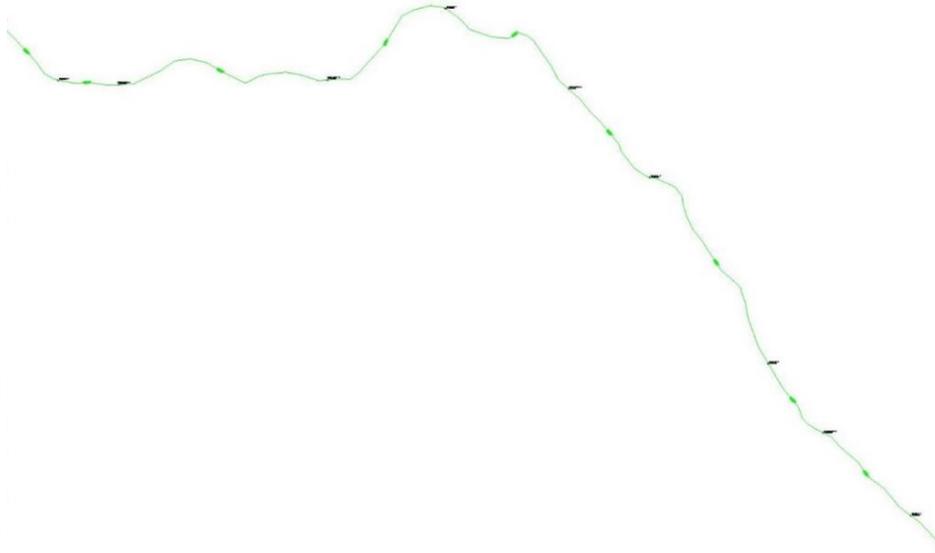


Figura N° 43: Línea de conducción en WaterCAD

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 45, se muestra la red de distribución completa modelada con un diámetro de 57.80 mm (línea color azul) y 46.20 mm (línea color fucsia) en el software WaterCAD.

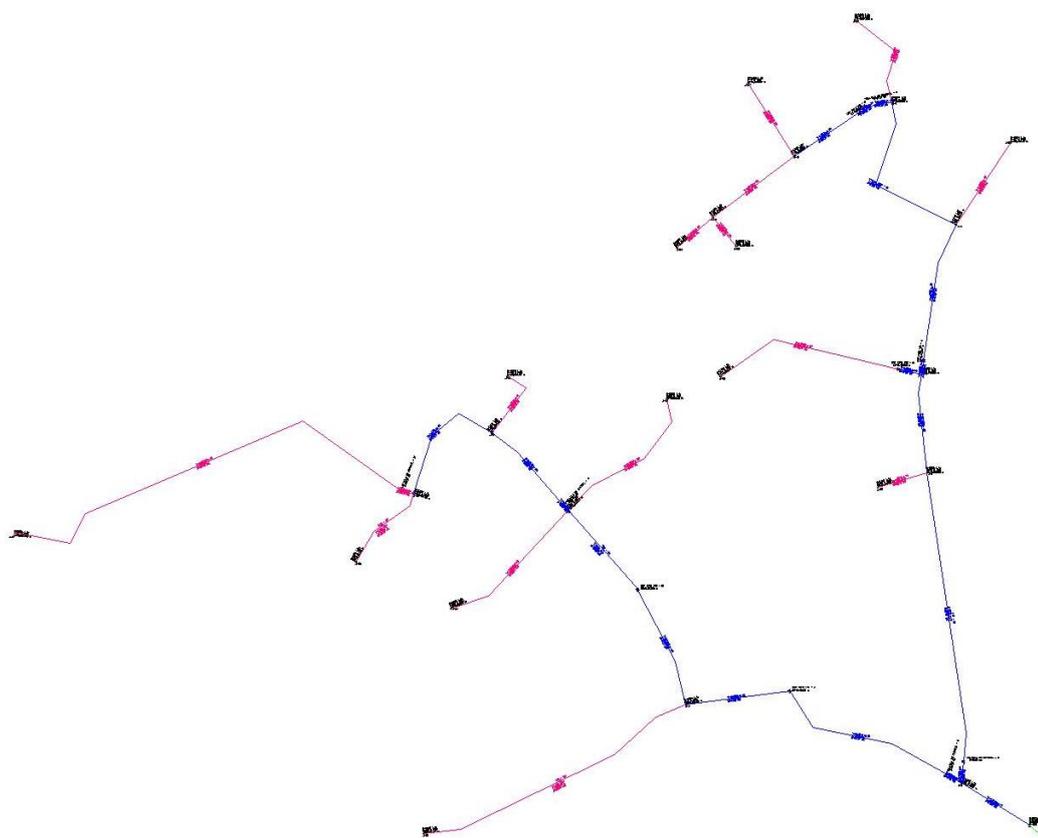


Figura N° 44: Red de distribución en WaterCAD

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 46, se muestra la red de distribución completa modelada con un diámetro de 57.80 mm (línea color azul) y 46.20 mm (línea color fucsia) en el software WaterCAD junto a las curvas de nivel con una equidistancia de 1 metro de la localidad rural de Allpa Orcuna.

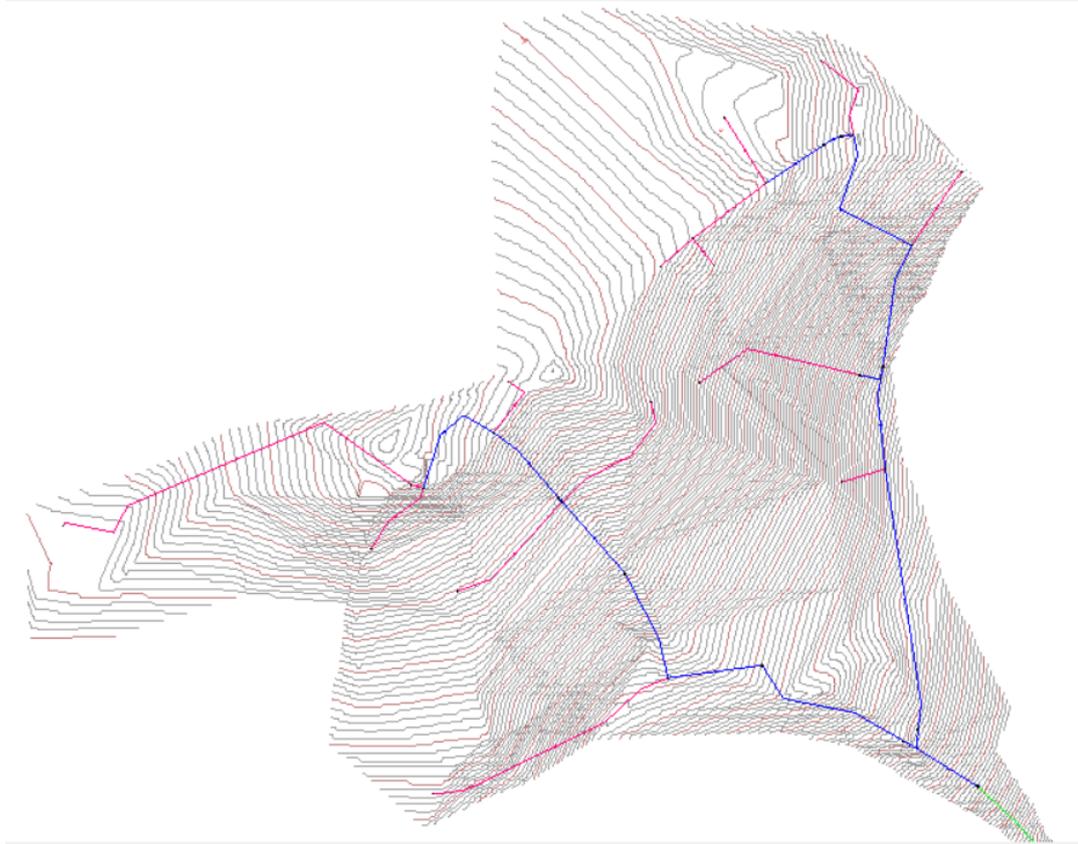


Figura N° 45: Red de distribución junto a las curvas de nivel en WaterCAD

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 47, se muestra el primer tramo de la línea de conducción en el cual observamos la captación junto a su información como coordenadas y cota, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenido para esta tubería en el software WaterCAD.

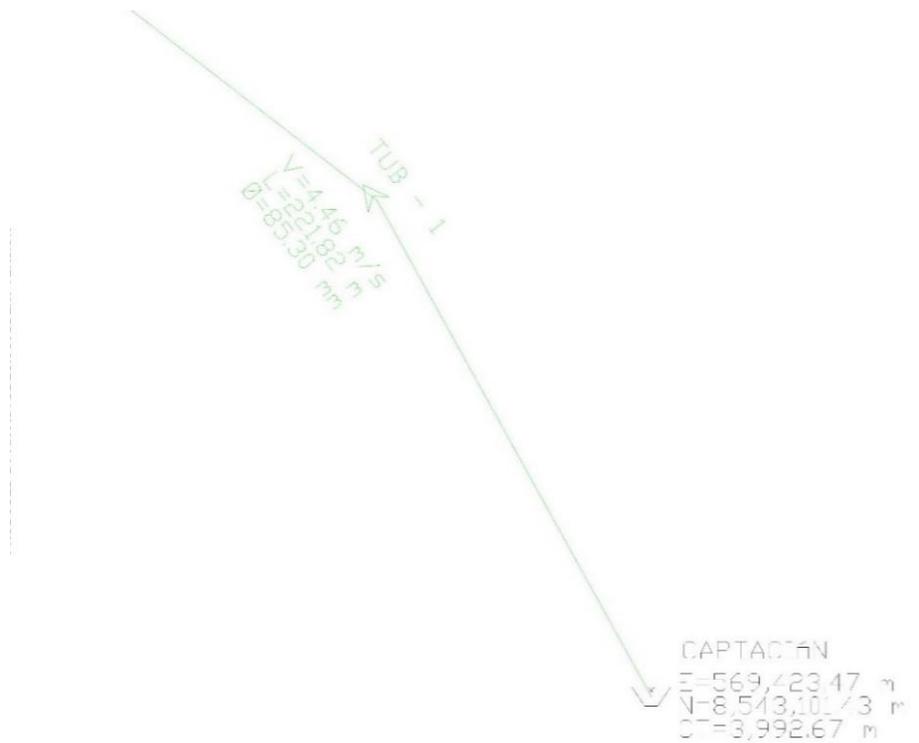


Figura N° 46: Inicio de la red de conducción en WaterCAD

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la figura N° 48, se muestra un tramo de la línea de conducción en el cual observamos la válvula de aire y cámara rompe presión tipo VI junto a la cota en la que se encuentra, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenido para la tubería comprendida entre estas 2 obras de arte en el software WaterCAD.

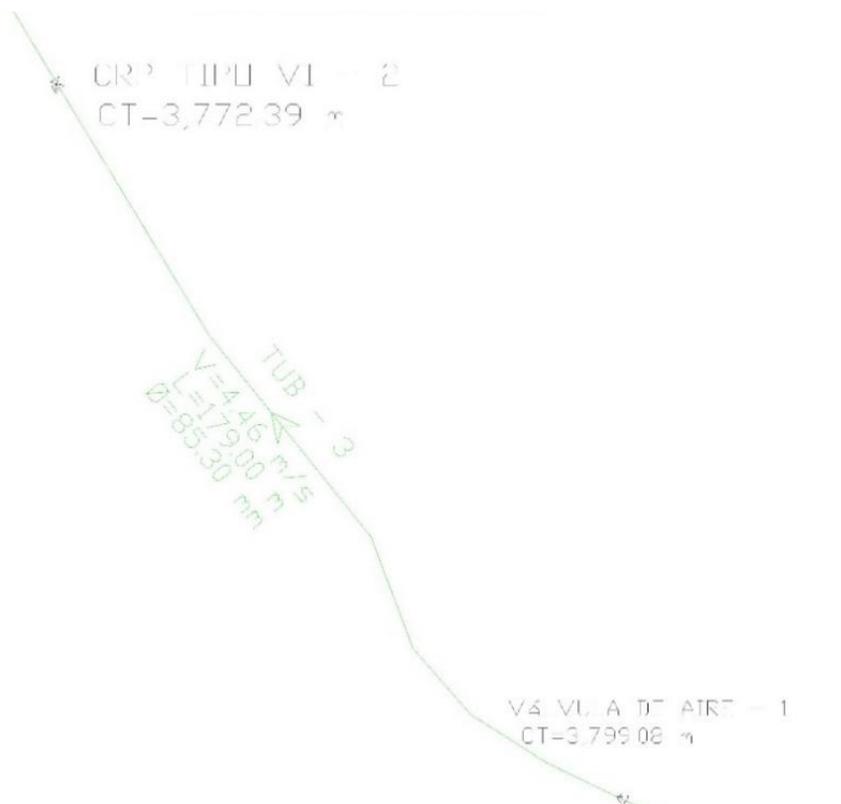


Figura N° 47: Tramo de línea de conducción

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 49, se muestra el primer tramo de la red de distribución en el cual observamos el reservorio con algunas válvulas de control junto a su información como coordenadas y cota, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenidos para las tuberías y las presiones en los nodos “J”, hallados en el software WaterCAD.

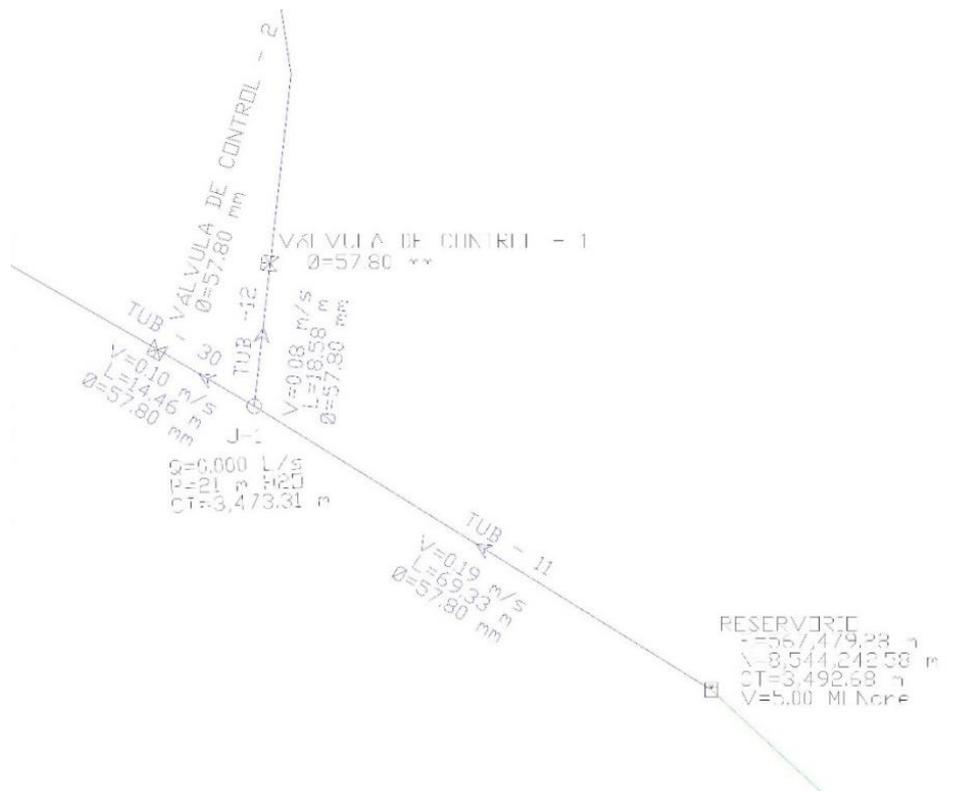


Figura N° 48: Inicio de la red de distribución en WaterCAD

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 50, se muestra un tramo de la red de distribución en el cual observamos las cámaras rompe presión tipo VII junto a su información como cota, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenidos para las tuberías y las presiones en los nodos “J”, hallados en el software WaterCAD.

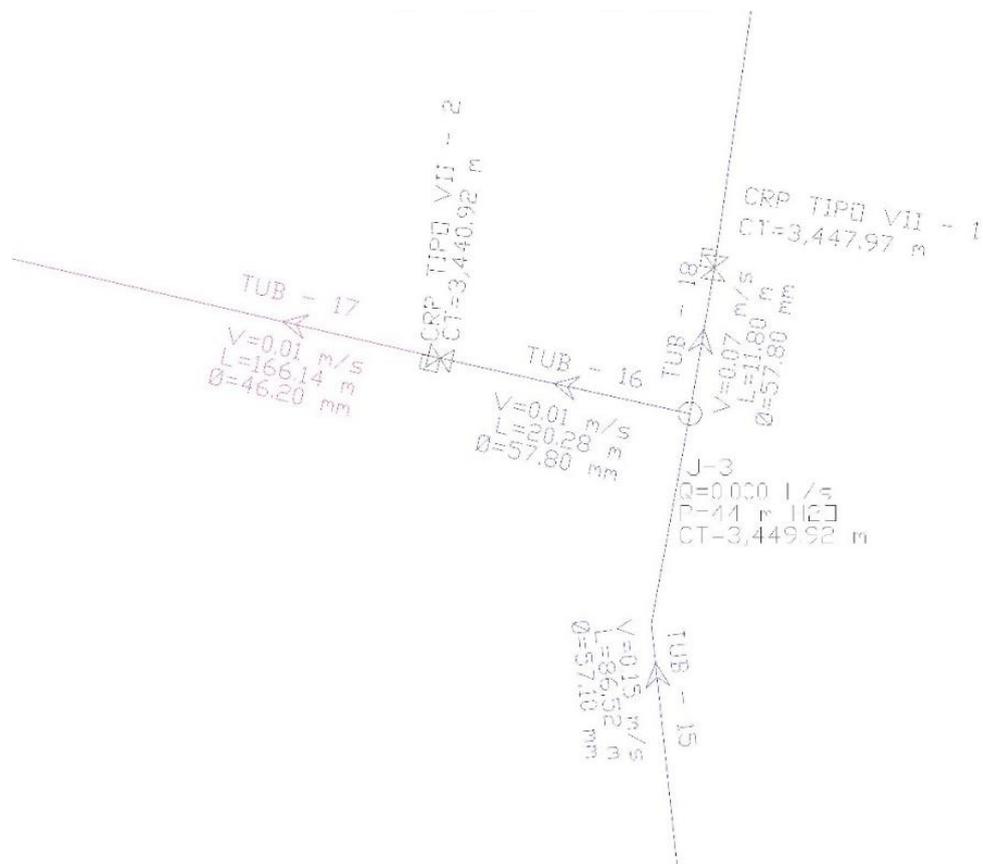


Figura N° 49: Tramo de la red de distribución

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 51, se muestra un tramo de la red de distribución en el cual observamos las cámaras rompe presión tipo VII con las válvulas de control, junto a su información como cota, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenidos para las tuberías y las presiones en los nodos “J”, hallados en el software WaterCAD.



Figura N° 50: Tramo de la red de distribución

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 52, se muestra la ventana del resumen de cálculos en el software WaterCAD que se obtuvo al mandar a calcular el modelado finalizado, se observa que no sale ningún mensaje de error o advertencia, con lo cual se concluye que se hizo un correcto modelado para todo el sistema de agua potable.

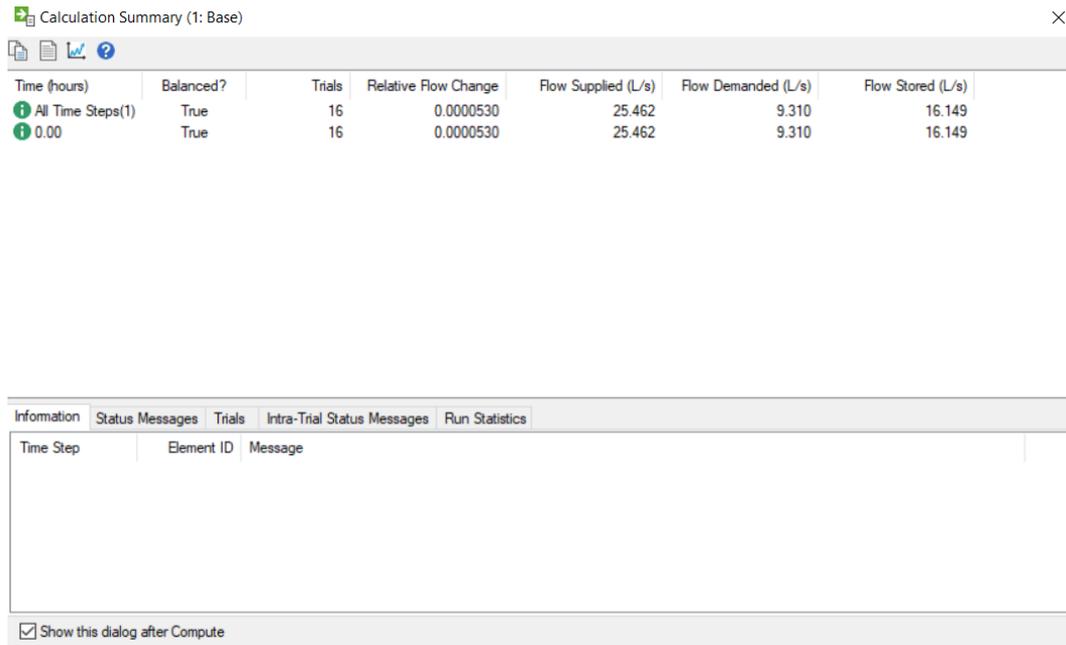


Figura N° 51: Pantalla del software para el cálculo del modelado

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

c) Resultados

En la Tabla N°15, se muestra el “JUCTION TABLE” obtenido mediante el software WaterCAD, en el que figura para cada nodo los resultados como el grado hidráulico y la presión.

Tabla N°14: Tabla de resultados para cada nodo

Nodo	Elevación (m)	Q (L/s)	G.H (m)	P (m H2O)
J-1	3,473.31	0.00	3,494.17	21
J-2	3,455.55	0.00	3,494.13	38
J-3	3,449.92	0.00	3,494.11	44
J-4	3,427.45	0.04	3,447.95	20
J-5	3,401.00	0.02	3,447.95	47
J-6	3,385.86	0.02	3,396.98	11
J-7	3,433.49	0.02	3,440.98	7
J-8	3,387.57	0.03	3,407.87	20
J-9	3,363.46	0.04	3,407.86	44

J-12	3,357.12	0.05	3,407.86	51
J-15	3,411.31	0.01	3,440.98	30
J-17	3,385.13	0.01	3,407.87	23
J-18	3,381.09	0.03	3,407.87	27
J-19	3,360.46	0.04	3,407.86	47
J-20	3,371.13	0.01	3,407.86	37
J-21	3,384.29	0.03	3,407.85	24
J-22	3,440.98	0.01	3,494.13	53
J-25	3,419.46	0.03	3,447.95	28
J-26	3,397.25	0.01	3,447.95	51
J-27	3,387.57	0.02	3,396.98	9
J-28	3,378.44	0.03	3,396.97	18
J-30	3,384.65	0.01	3,396.97	12
J-33	3,395.00	0.02	3,440.92	46
J-34	3,375.48	0.01	3,396.97	21

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Tabla N°16, se muestra el “PIPE TABLE” obtenido mediante el software WaterCAD, en el que figura para cada tubería los resultados como el coeficiente de Hazen-Williams, el caudal y la velocidad. Las velocidades no cumplen el rango establecido en el proyecto, producto del escaso caudal que brinda la fuente de agua para lograr cumplir las velocidades mínimas según norma.

Tabla N°15: Tabla de resultados para cada tubería

Etiqueta	L (m)	Nodo de inicio	Nodo final	D (mm)	Q (L/s)	V (m/s)
TUB - 15	88.32	J-2	J-3	57.80	0.211	0.08
TUB - 21	150.91	J-4	J-5	57.80	0.121	0.05
TUB - 36	117.19	J-9	J-12	57.80	0.091	0.03
TUB - 37	254.26	J-7	J-15	46.20	0.010	0.01
TUB - 38	137.46	J-8	J-17	46.20	0.010	0.01
TUB - 39	141.91	J-8	J-18	46.20	0.030	0.02
TUB - 41	79.50	J-9	J-19	46.20	0.040	0.02
TUB - 43	79.46	J-12	J-20	46.20	0.010	0.01
TUB - 14	43.74	J-2	J-22	46.20	0.010	0.01
TUB - 16	27.62	CRP TIPO VII - 2	J-3	57.80	-0.020	0.01
TUB - 20	84.13	J-4	J-25	46.20	0.030	0.02
TUB - 22	91.01	J-5	J-26	46.20	0.010	0.01
TUB - 28	72.30	J-6	J-27	46.20	0.020	0.01
TUB - 26	86.61	J-6	J-28	46.20	0.050	0.03
TUB - 29	33.08	J-28	J-30	46.20	0.010	0.01
TUB - 11	69.20	RESERVORIO	J-1	84.30	0.492	0.09
TUB - 1	220.00	CAPTACIÓN	CRP TIPO VI - 1	85.30	25.462	4.46

TUB - 2	245.15	CRP TIPO VI - 1	VÁL. DE AIRE - 1	85.30	25.463	4.46
TUB - 3	172.60	VÁL. DE AIRE - 1	CRP TIPO VI - 2	85.30	25.463	4.46
TUB - 4	462.25	CRP TIPO VI - 2	CRP TIPO VI - 3	85.30	25.463	4.46
TUB - 5	240.88	CRP TIPO VI - 3	VÁL. DE AIRE - 2	85.30	25.462	4.46
TUB - 6	319.12	VÁL. DE AIRE - 2	CRP TIPO VI - 4	85.30	25.462	4.46
TUB - 7	300.47	CRP TIPO VI - 4	VÁL. DE AIRE - 3	85.30	25.461	4.46
TUB - 8	439.53	VÁL. DE AIRE - 3	VÁL. DE AIRE - 4	85.30	25.461	4.46
TUB - 9	117.06	VÁL. DE AIRE - 4	CRP TIPO VI - 5	85.30	25.461	4.46
TUB - 10	169.93	CRP TIPO VI - 5	RESERVORIO	85.30	25.462	4.46
TUB - 18	22.03	J-3	CRP TIPO VII - 1	57.80	0.191	0.07
TUB - 19	112.51	CRP TIPO VII - 1	J-4	57.80	0.191	0.07
TUB - 25	66.80	CRP TIPO VII - 3	J-6	57.80	0.090	0.03
TUB - 32	89.97	CRP TIPO VII - 4	J-7	57.80	0.271	0.1
TUB - 33	111.14	J-7	CRP TIPO VII - 5	57.80	0.241	0.09
TUB - 34	89.01	CRP TIPO VII - 5	J-8	57.80	0.241	0.09
TUB - 23	11.90	J-5	VÁL. DE CONTROL - 3	57.80	0.091	0.03
TUB - 24	19.20	VÁL. DE CONTROL - 3	CRP TIPO VII - 3	57.80	0.090	0.03
TUB - 12	19.62	J-1	VÁL. DE CONTROL - 1	57.80	0.221	0.08
TUB - 13	251.21	VÁL. DE CONTROL - 1	J-2	57.80	0.221	0.08
TUB - 30	19.15	J-1	VÁL. DE CONTROL - 2	57.80	0.271	0.1

TUB - 31	157.49	VÁL. DE CONTROL - 2	CRP TIPO VII - 4	57.80	0.271	0.1
TUB - 46	7.86	J-8	VÁL. DE CONTROL - 4	57.80	0.171	0.07
TUB - 35	86.24	VÁL. DE CONTROL - 4	J-9	57.80	0.171	0.07
TUB - 44	15.77	J-12	VÁL. DE CONTROL - 10	46.20	0.031	0.02
TUB - 45	380.09	VÁL. DE CONTROL - 10	J-21	46.20	0.030	0.02
TUB - 17	160.95	CRP TIPO VII - 2	J-33	46.20	0.020	0.01
TUB - 27	44.20	J-28	J-34	46.20	0.010	0.01

---

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la tabla N°17 se muestra el “PSV TABLE” obtenido mediante el software WaterCAD, en el que figura para cada cámara rompe presión tipo VI su elevación, diámetro y sus resultados obtenidos como, caudal, grado hidráulico, y sus pérdidas.

Tabla N°16: Tabla de resultados para las CRP tipo VI

Etiqueta	Elev. (m)	D (mm)	G.H (Inicial) (m)	P (Inicial) (m H2O)	Q (L/s)	G.H (De) (m)	G.H (Para) (m)	Headloss (m)
CRP TIPO VI - 1	3,850.6	85.30	3,850.62	0	25.46	3,953.2	3,953.2	0
CRP TIPO VI - 2	3,772.4	85.30	3,772.39	0	25.46	3,878.4	3,878.4	0
CRP TIPO VI - 3	3,698.0	85.30	3,698.08	0	25.46	3,795.7	3,795.7	0
CRP TIPO VI - 4	3,622.5	85.30	3,622.52	0	25.46	3,695.4	3,695.4	0

CRP TIPO VI - 5	3,541.9	85.30	3,541.99	0	25.46	3,541.9	3,524.6	17.33
-----------------	---------	-------	----------	---	-------	---------	---------	-------

---

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Tabla N°18 se muestra el “PRV TABLE” obtenido mediante el software WaterCAD, en el que figura para cada cámara rompe presión tipo VII su elevación, diámetro y los resultados obtenidos, tales como, caudal, grado hidráulico, y sus pérdidas.

Tabla N°17: Tabla de resultados para CRP tipo VII

Etiqueta	Elev. (m)	D (mm)	G.H (Inicial) (m)	P (Inicial) (m H2O)	Q (L/s)	G.H (De) (m)	G.H (Para) (m)	Headloss (m)
CRP TIPO VII - 1	3,447.97	57.10	3,447.97	0	0.191	3,494.11	3,447.97	46.14
CRP TIPO VII - 2	3,440.92	57.10	3,440.92	0	0.020	3,494.11	3,440.92	53.19

CRP TIPO VII - 3	3,396.98	57.10	3,396.98	0	0.09	3,447.94	3,396.98	50.96
CRP TIPO VII - 4	3,441.00	57.10	3,441.00	0	0.271	3,494.13	3,441.00	53.13
CRP TIPO VII - 5	3,407.89	57.10	3,407.89	0	0.241	3,440.95	3,407.89	33.06

---

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

## 5.9.2 Propuesta de mejora

### a) Demanda para cada nodo

En la Tabla N°19, se muestra las demandas halladas para cada nodo en base al caudal máximo horario de la fuente inicial, el cual es 0.438 l/s y de la bomba, la cual suministra 11.50 l/s, sumando ambos un total de 11.941 l/s, también se muestra el número de lotes que abastecerá cada nodo, esta demanda es colocada en el software WaterCAD para el modelamiento del sistema de agua potable de la localidad rural de Allpa Orcuna.

Tabla N°18: Demanda para cada nodo

Nodo	Lotes	Qmh/lote	Demanda (l/s)
J-1	0	0.244	0.000
J-2	1	0.244	0.244
J-3	1	0.244	0.244
J-4	3	0.244	0.731
J-5	2	0.244	0.487
J-6	3	0.244	0.731
J-7	2	0.244	0.487
J-8	3	0.244	0.731
J-9	4	0.244	0.975
J-10	2	0.244	0.487
J-11	0	0.244	0.000
J-12	4	0.244	0.975
J-13	1	0.244	0.244
J-14	3	0.244	0.731
J-15	1	0.244	0.244
J-16	1	0.244	0.244
J-17	1	0.244	0.244
J-18	1	0.244	0.244
J-19	2	0.244	0.487
J-20	4	0.244	0.975

J-21	4	0.244	0.975
J-22	2	0.244	0.487
J-23	3	0.244	0.731
J-24	1	0.244	0.244
<b>Total</b>	<b>49</b>		<b>11.938</b>

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

b) Modelación

En la Figura N°53, se muestra el modelado que se hizo en el software WaterCAD de la red de conducción (línea color verde) y la red de distribución (línea color azul y fucsia)

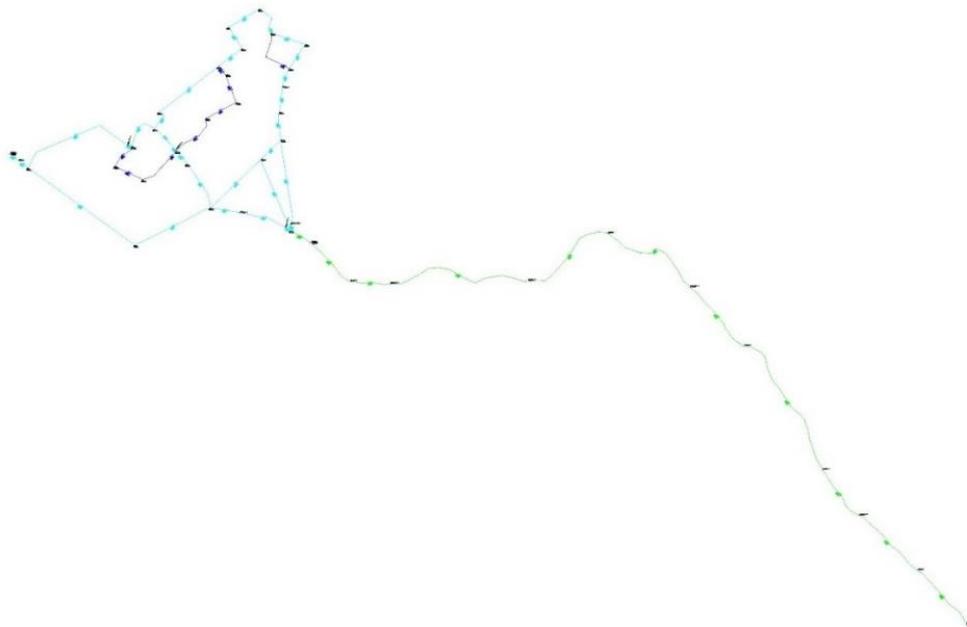


Figura N° 52: Sistema de agua potable de la localidad rural de Allpa Orcuna

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 54, se muestra la línea de conducción completa modelada con un diámetro de 85.30 mm en el software WaterCAD.

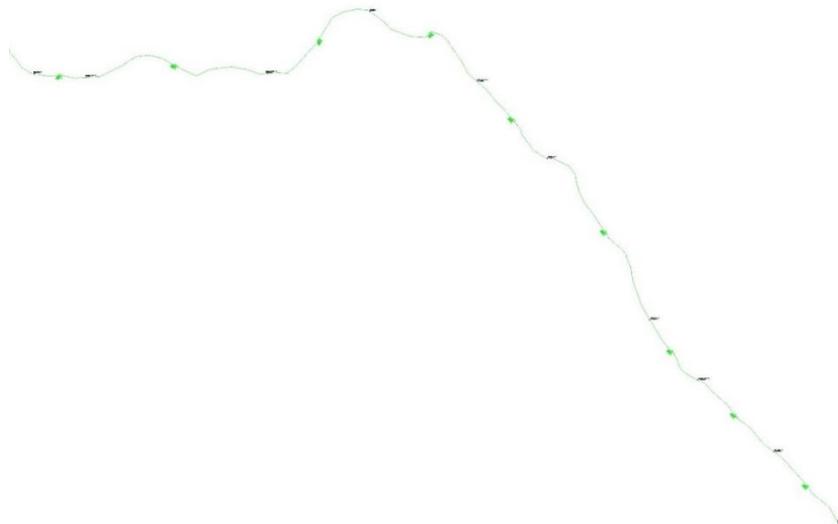


Figura N° 53: Línea de conducción de la localidad

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 55, se muestra la red de distribución completa modelada con un diámetro de 70.40 mm (línea color celeste) y 57.80 mm (línea color azul) en el software WaterCAD.

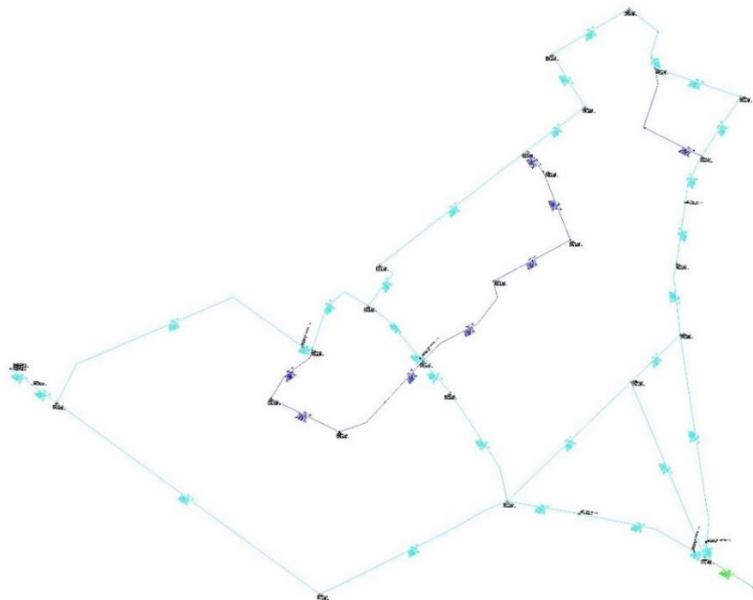


Figura N° 54: Red de distribución de la localidad

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 56, se muestra la red de distribución completa modelada con un diámetro de 57.80 mm (línea color azul) y 46.20 mm (línea color fucsia) en el software WaterCAD junto a las curvas de nivel con una equidistancia de 1 metro de la localidad rural de Allpa Orcuna.

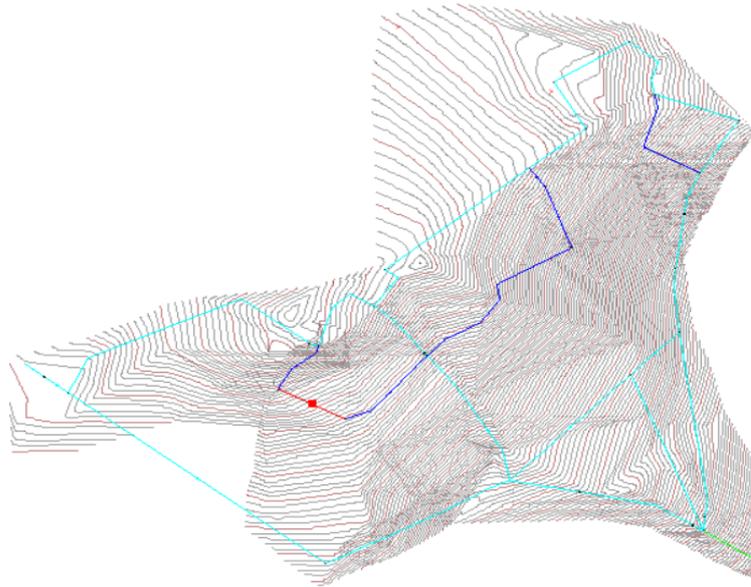


Figura N°55: Curvas de nivel en red de distribución

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 57, se muestra el primer tramo de la línea de conducción en el cual observamos la captación junto a su información como coordenadas y cota, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenido para esta tubería en el software WaterCAD.

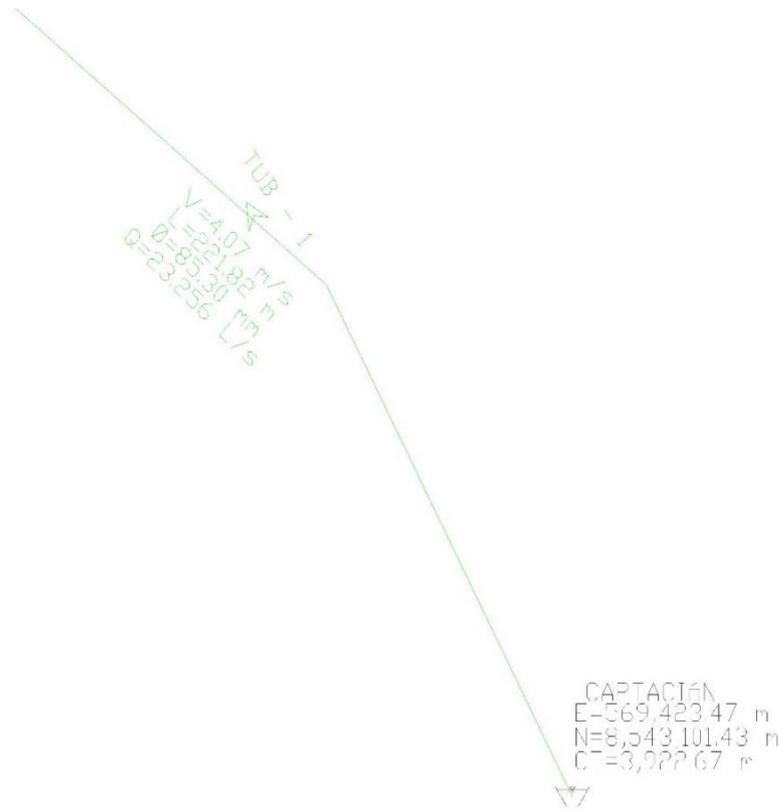


Figura N°56: Inicio de la línea de conducción

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 58, se muestra un tramo de la línea de conducción en el cual observamos la válvula de aire y cámara rompe presión tipo VI junto a la cota en la que se encuentra, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenido para la tubería comprendida entre estas 2 obras de arte en el software WaterCAD.

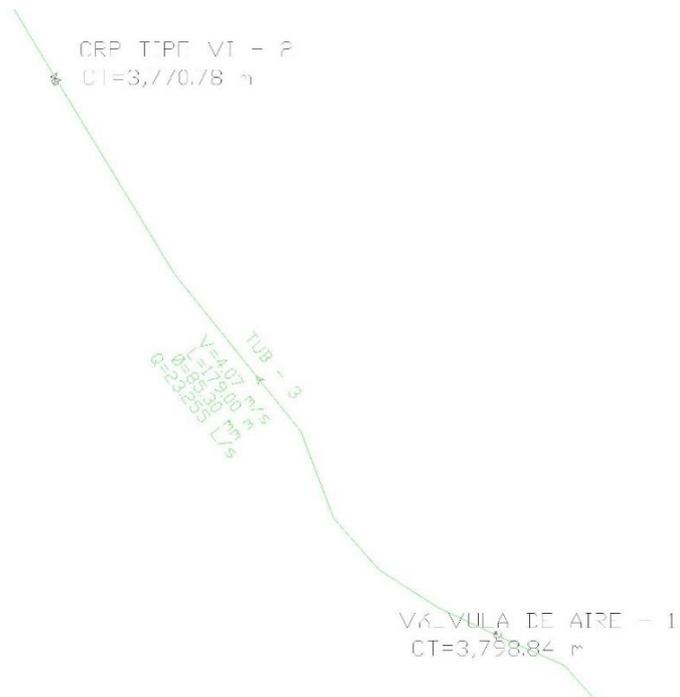


Figura N° 57: Tramo de la línea de conducción

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 59, se muestra el último tramo de la línea de conducción en el cual observamos el reservorio junto a la cota en la que se encuentra, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenido para la tubería que llega a esta estructura en el software WaterCAD.

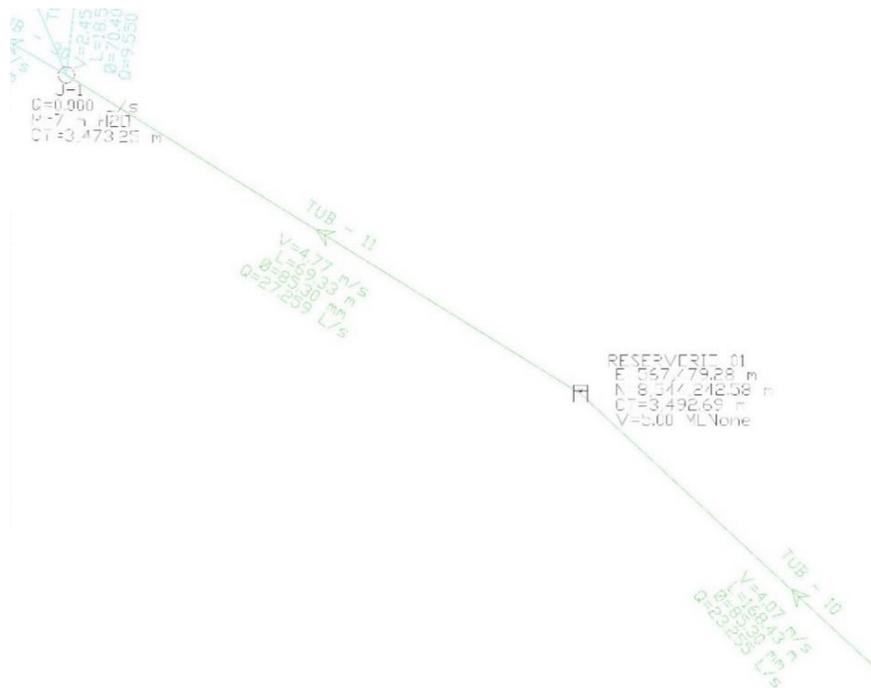


Figura N° 58: Último tramo de la línea de conducción

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 60, se muestra un tramo de la red de distribución en el cual observamos 2 nodos con información como demanda, presión y cotas, presión, también se ve los resultados de velocidad ya obtenidos para las tuberías, hallados en el software WaterCAD.

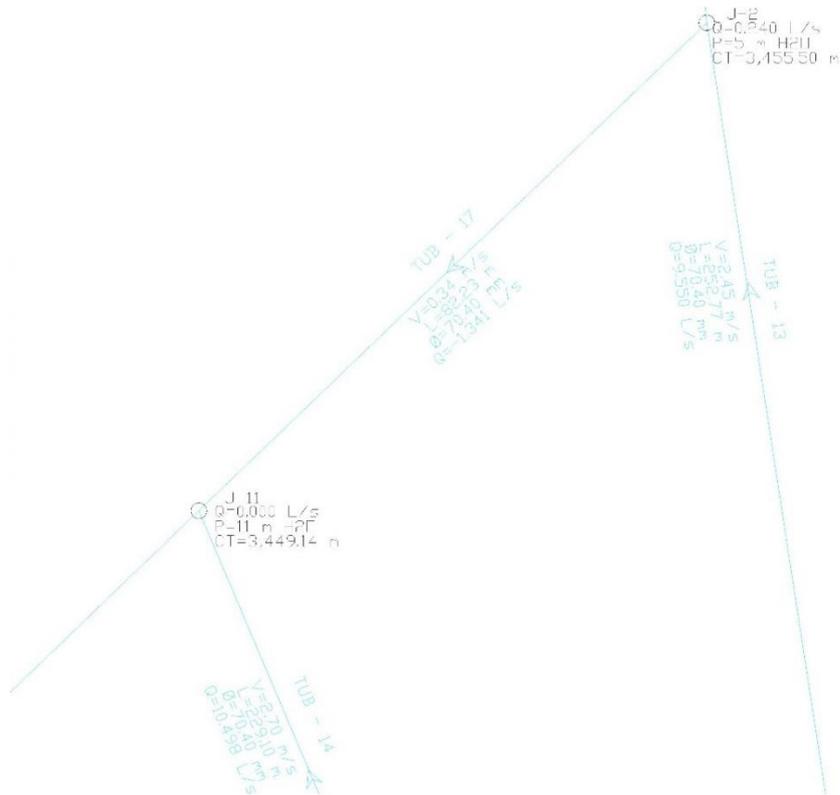


Figura N° 59: Tramo de la red de distribución

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N°61, se muestra un tramo de la red de distribución en el cual observamos las válvulas de control junto a su información como cota, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenidos para las tuberías y las presiones en los nodos “J”, hallados en el software WaterCAD.

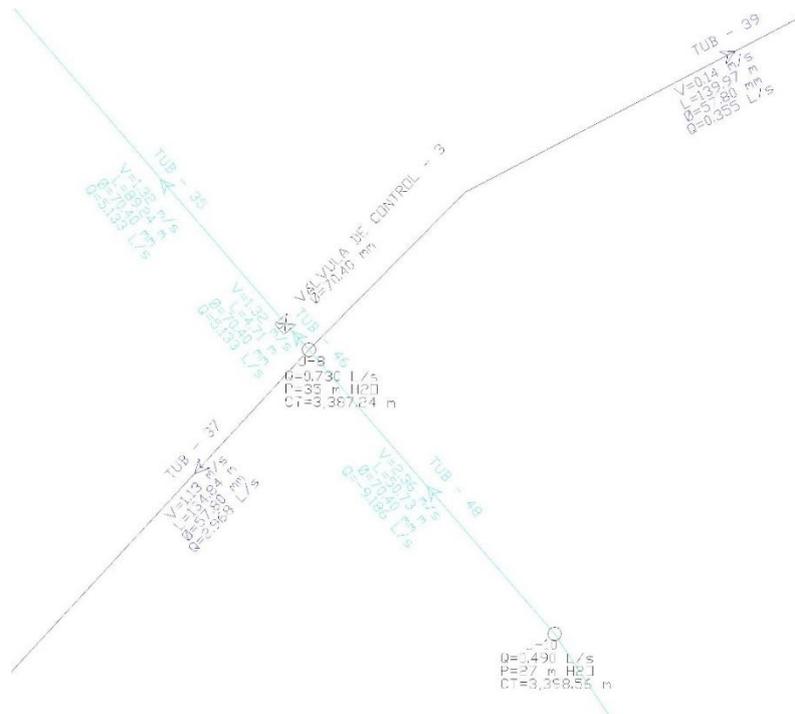


Figura N° 60: Tramo de la red de distribución

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 62, se muestra un tramo de la red de distribución en el cual observamos las cámaras rompe presión tipo VII con las válvulas de control, junto a su información como cota, también se ve los resultados de velocidad, ya obtenidos para las tuberías y las presiones en los nodos “J”, hallados en el software WaterCAD.

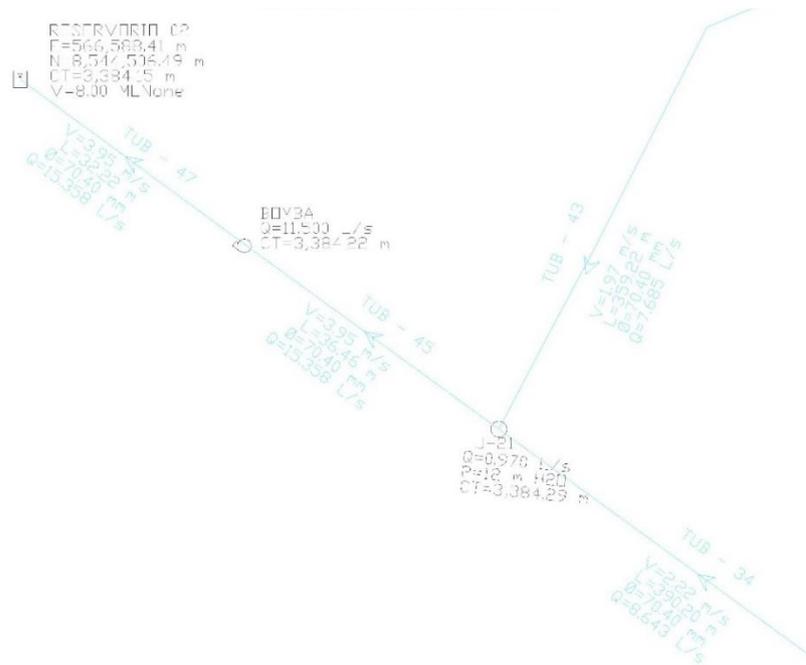


Figura N° 61: Tramo de la red de distribución donde se ubica la bomba

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la Figura N° 63, se muestra la ventana del resumen de cálculos en el software WaterCAD que se obtuvo al mandar a calcular el modelado finalizado para la 2da propuesta, se observa que no sale ningún mensaje de error o advertencia, con lo cual se concluye que se hizo un correcto modelado para todo el sistema de agua potable.

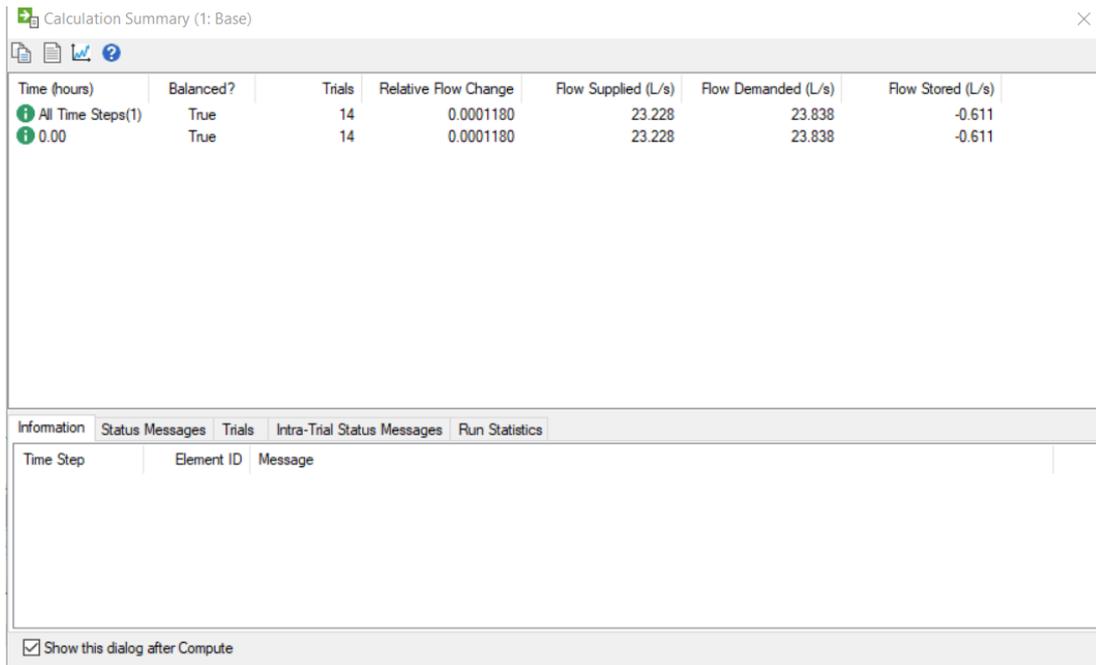


Figura N° 623: Pantalla de software para el cálculo del modelado

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

c) Resultados

En la tabla N°20, se muestra el “PUMP TABLE” obtenido mediante el software WaterCAD, en el cual figura la elevación, grado hidráulico, caudal total y su cabezal de bomba.

Tabla N°19: Detalle de la bomba utilizada

Etiqueta	Elev. (m)	G.H (Succión) (m)	G.H (Descarga) (m)	Q (Total) (L/s)
Bomba	3,384.22	3,390.29	3,392.52	15.311

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la tabla N°21, se muestra el “JUCTION TABLE” obtenido mediante el software WaterCAD, en el que figura para cada nodo los resultados como su elevación, demanda, grado hidráulico y la presión.

Tabla N°20: Resumen para cada nodo en la red de distribución

Nodo	Elev. (m)	Q (L/s)	G.H (m)	P (m H2O)
J-1	3,473.25	0.00	3,480.17	7
J-2	3,455.50	0.24	3,460.08	5
J-3	3,449.78	0.24	3,455.39	6
J-4	3,427.42	0.73	3,433.75	6
J-5	3,401.03	0.49	3,430.99	30
J-6	3,385.87	0.73	3,423.78	38
J-7	3,433.17	0.49	3,437.12	4
J-8	3,387.24	0.73	3,422.28	35
J-9	3,363.25	0.97	3,420.06	57
J-10	3,398.56	0.49	3,425.78	27
J-11	3,449.14	0.00	3,459.92	11
J-12	3,356.15	0.97	3,416.20	60
J-13	3,405.69	0.24	3,422.22	16
J-14	3,419.33	0.73	3,432.31	13
J-15	3,384.65	0.24	3,422.26	38
J-16	3,411.31	0.24	3,420.62	9
J-17	3,397.25	0.24	3,428.33	31
J-18	3,385.13	0.24	3,419.21	34
J-19	3,381.08	0.49	3,422.21	41
J-20	3,361.58	0.97	3,420.39	59
J-21	3,384.29	0.97	3,396.56	12
J-22	3,387.57	0.49	3,425.43	38
J-23	3,378.43	0.73	3,422.30	44
J-24	3,370.39	0.24	3,417.47	47

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la tabla N°22, se muestra el “PIPE TABLE” obtenido mediante el software WaterCAD, en el que figura para cada tubería los resultados como el coeficiente de Hazen-Williams, el caudal y la velocidad. Las velocidades no cumplen el rango establecido en el proyecto, producto del escaso caudal que brinda la fuente de agua para lograr cumplir las velocidades mínimas según norma.

Tabla N°21: Tabla de tuberías para el sistema de agua potable

Etiqueta	L (m)	Nodo de inicio	Nodo final	D (mm)	H-W Coef.	Q(L/s)	V (m/s)
TUB - 1	221.82	CAPTACIÓN	CRP TIPO VI - 1	85.30	150	23.256	4.07
TUB - 2	240.96	CRP TIPO VI - 1	VÁL. DE AIRE - 1	85.30	150	23.255	4.07
TUB - 3	179	VÁL. DE AIRE - 1	CRP TIPO VI - 2	85.30	150	23.255	4.07
TUB - 4	457.24	CRP TIPO VI - 2	CRP TIPO VI - 3	85.30	150	23.255	4.07
TUB - 5	241.44	CRP TIPO VI - 3	VÁL. DE AIRE - 2	85.30	150	23.255	4.07
TUB - 6	318.94	VÁL. DE AIRE - 2	CRP TIPO VI - 4	85.30	150	23.255	4.07
TUB - 7	298.98	CRP TIPO VI - 4	VÁL. DE AIRE - 3	85.30	150	23.255	4.07
TUB - 8	440.93	VÁL. DE AIRE - 3	VÁL. DE AIRE - 4	85.30	150	23.255	4.07
TUB - 9	119.61	VÁL. DE AIRE - 4	CRP TIPO VI - 5	85.30	150	23.255	4.07
TUB - 10	168.43	CRP TIPO VI - 5	RESERVORIO 01	85.30	150	23.255	4.07
TUB - 11	69.33	RESERVORIO 01	J-1	85.30	150	27.259	4.77

TUB - 12	18.58	J-1	VÁL. CONTROL - 1	70.40	150	9.550	2.45
TUB - 13	252.77	VÁL. CONTROL - 1	J-2	70.40	150	9.550	2.45
TUB - 14	229.1	J-1	J-11	70.40	150	10.498	2.7
TUB - 15	86.52	J-2	J-3	70.40	150	7.969	2.05
TUB - 16	206.45	J-7	J-11	70.40	150	-11.839	3.04
TUB - 17	82.23	J-11	J-2	70.40	150	-1.341	0.34
TUB - 18	73.69	J-3	CRP TIPO VII - 1	70.40	150	7.729	1.99
TUB - 19	59.9	CRP TIPO VII - 1	J-4	70.40	150	7.729	1.99
TUB - 20	85.63	J-4	J-14	70.40	150	4.329	1.11
TUB - 21	151.9	J-5	J-4	57.80	150	-2.670	1.02
TUB - 22	108.45	J-5	J-14	70.40	150	-3.599	0.92
TUB - 23	90.37	J-5	J-17	70.40	150	5.779	1.48
TUB - 24	107.22	J-22	J-17	70.40	150	-5.539	1.42
TUB - 25	74.5	J-6	J-22	70.40	150	-5.049	1.3
TUB - 26	87.43	J-6	J-23	70.40	150	4.319	1.11
TUB - 27	32.13	J-23	J-15	57.80	150	0.615	0.23
TUB - 28	88.66	J-15	J-13	57.80	150	0.375	0.14
TUB - 29	104.9	J-13	J-19	57.80	150	0.135	0.05
TUB - 30	14.46	J-1	VÁL. CONTROL - 2	70.40	150	7.210	1.85
TUB - 31	146.98	VÁL. CONTROL - 2	CRP TIPO VII - 2	70.40	150	7.210	1.85

TUB - 32	87.83	CRP TIPO VII - 2	J-7	70.40	150	7.210	1.85
TUB - 33	251.41	J-16	J-7	70.40	150	-8.883	2.28
TUB - 34	390.2	J-16	J-21	70.40	150	8.643	2.22
TUB - 35	89.24	VÁL. CONTROL - 3	J-9	70.40	150	5.133	1.32
TUB - 36	115.81	J-9	J-12	70.40	150	6.167	1.58
TUB - 37	134.84	J-8	J-18	57.80	150	2.968	1.13
TUB - 38	91.51	J-24	J-18	57.80	150	-2.728	1.04
TUB - 39	139.97	J-8	J-19	57.80	150	0.355	0.14
TUB - 40	79.12	J-12	J-24	57.80	150	-2.488	0.95
TUB - 41	149.18	J-7	J-10	70.40	150	9.676	2.49
TUB - 42	68.08	J-9	J-20	70.40	150	-2.004	0.51
TUB - 43	359.22	VÁL. CONTROL - 4	J-21	70.40	150	7.685	1.97
TUB - 44	11.96	J-12	VÁL. CONTROL - 4	70.40	150	7.685	1.97
TUB - 45	36.46	J-21	BOMBA	70.40	150	15.358	3.95
TUB - 46	4.71	J-8	VÁL. CONTROL - 3	70.40	150	5.133	1.32
TUB - 47	32.22	BOMBA	RESERVORIO 2	70.40	150	15.358	3.95
TUB - 48	50.73	J-8	J-10	70.40	150	-9.186	2.36
TUB - 49	223.65	J-23	J-20	70.40	150	2.974	0.76

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la tabla N°23, se muestra el “PSV TABLE” obtenido mediante el software WaterCAD, en el que figura los resultados obtenidos para cada cámara rompe presión tipo VI, tales como, caudal, grado hidráulico, y sus pérdidas.

Tabla N°22: Tabla para cámaras rompe presión tipo VI en línea de conducción

Etiqueta	Elev. (m)	D (mm)	G.H (Inicial) (m)	P (Inicial) (m H2O)	Q (L/s)	G.H (de) (m)	G.H (para) (m)	Headloss (m)
CRP TIPO VI - 1	3,850.62	85.30	3,850.62	0	23.255	3,889.37	3,889.37	0
CRP TIPO VI - 2	3,772.39	85.30	3,772.39	0	23.255	3,826.13	3,826.13	0
CRP TIPO VI - 3	3,698.08	85.30	3,698.08	0	23.255	3,756.16	3,756.16	0
CRP TIPO VI - 4	3,622.52	85.30	3,622.52	0	23.255	3,671.39	3,671.39	0
CRP TIPO VI - 5	3,541.99	85.30	3,541.99	0	23.255	3,541.65	3,519.95	21.7

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

En la tabla N°24, se muestra el “PRV TABLE” obtenido mediante el software WaterCAD, en el que figura los resultados obtenidos para cada cámara rompe presión tipo VII, tales como, elevación, diámetro, caudal, grado hidráulico y sus pérdidas.

Tabla N°23: Tabla para cámara rompe presión tipo VII para red de distribución

Etiqueta	Elev. (m)	D (mm)	G.H (Inicial) (m)	P (Inicial) (m H2O)	Q (L/s)	G.H (de) (m)	G.H (para) (m)	Headloss (m)
CRP TIPO VII - 1	3,439.39	70.40	3,440.00	0	7.729	3,454.29	3,439.39	14.89
CRP TIPO VII - 2	3,441.08	70.40	3,441.00	0	7.21	3,472.38	3,441.08	31.3

Fuente: Elaboración propia usando el software WaterCAD v.10

## 5.10 Análisis de resultado

La topografía de la localidad rural de Allpa Orcuna es irregular, la cota en donde se ubica la captación es de 3922 m.s.n.m., el intervalo en donde se desarrolla el sistema de distribución oscila entre los 3350 m.s.n.m hasta 3480 m.s.n.m., lo que propicia ser una zona accidentada con pendientes variables de 40% a 55% para la línea de conducción y 20% a 40% para la red de distribución, esto es un indicativo de que la topografía de nuestro terreno no necesariamente es adecuada para el trazado de un sistema de agua potable, ya que los desniveles junto a las pendientes con las que se cuentan, hace que se tengan que proyectar un mayor número de elementos para el sistema, tales como, cámaras rompe presión y válvulas.

Para el año 2021, la población beneficiada es de 48 familias, quiere decir un total 177 habitantes y para el año 2041 (horizonte del proyecto) con una tasa de crecimiento promedio anual de 1.60 % para el distrito de Vinchos según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se halló una población futura de 234 habitantes mediante el método de interés simple.

La dotación de agua para la población de la localidad rural es considerada según la guía para la formulación de proyectos de inversión exitosas del Ministerio de Economía y Finanzas (2011) de 80 l/hab/d, para la región geográfica sierra en donde el sistema de disposición de excretas es de letrinas con arrastre hidráulico. Así mismo, se considera una dotación de 20 l/alumnos/d según la Norma Técnica I.S 0.10 de “Instalaciones sanitarias para edificaciones” (2006), ya que en la localidad existe una institución educativa de nivel primaria.

Los caudales de diseño a utilizar fueron determinados mediante el cálculo de un caudal promedio anual ( $Q_p$ ) para la dotación de 80 l/hab/d y población futura de 234 habitantes, el cual fue de 0.217 l/s, mientras que para la institución educativa de nivel primaria que cuenta con una dotación de 20 l/alumnos/d se consideró 7 alumnos repartidos entre 1° y 6° grado más 1 docente, esto según la Estadística de la Calidad Educativa (ESCALE) del Ministerio de Educación y se asumió 1 personal de limpieza, siendo un total de 9 habitantes, con ello se obtuvo un caudal promedio anual para la institución de 0.0021 l/s, siendo el caudal promedio anual total de 0.219 l/s. Así mismo, el caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ) obtenido es de 0.285 l/s y el máximo horario ( $Q_{mh}$ ) de 0.438 l/s.

La línea de conducción diseñada para el sistema de agua potable da inicio en la cota 3922 m.s.n.m con una longitud horizontal de tramo de tubería de 2687 metros y una carga desde la captación al reservorio de 429.99 metros, debido a ello, con la finalidad de regular las presiones en las tuberías se ha considerado proyectar 5 cámaras rompe presión (CRP) tipo VI y 4 válvulas de aire a lo largo de todo este tramo.

La línea de distribución trazada para el sistema de agua potable da inicio en la cota en donde se ubica el reservorio proyectado 3492 m.s.n.m, con una longitud horizontal de tramo de tubería de 3991.30 metros y una carga desde el reservorio hasta la ubicación de la localidad de 135.56 metros, debido a ello, con la finalidad de regular las presiones y el abastecimiento domestico se ha considerado proyectar 2 cámaras rompe presión (CRP) tipo VII, 4 válvulas de control y 3 válvulas de purga a lo largo de todo este tramo.

La fuente de abastecimiento de la localidad rural de Allpa Orcuna es captada del manantial “Warmachayuq”, el que, mediante el método volumétrico, que consiste en llenar un recipiente con una capacidad conocida y medir el tiempo de su llenado, se logró obtener del promedio de 4 ensayos realizados un caudal de aforo de 1.009 l/s, siendo este caudal suficiente para abastecer el caudal máximo diario (Qmd) según lo demostrado.

El diseño hidráulico de captación de ladera se obtuvo del numeral 5 de la Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural (2018) siendo los valores obtenidos tomados en cuenta según las consideraciones y formulas específicas brindadas por la misma, inicialmente el ancho de pantalla mediante la determinación de numero de orificios siendo este de 3 con medida de 1.5 pulgadas cada uno, logrando obtener el ancho de pantalla de 0.80 metros. Se obtuvo también la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda siendo este valor obtenido con los cálculos de 1.50 metros. Además, se determinó la altura de la cámara húmeda y el dimensionamiento de la canastilla, siendo la altura calculada de 0.80 metros y la canastilla diseñada de 65 ranuras con un diámetro de canastilla de 3 pulgadas y una longitud de 0.18 metros. Así mismo, se calculó el diámetro de la tubería de rebose y limpieza de 2 pulgadas.

El diseño hidráulico de la línea de conducción se determinó mediante seis tramos, desde la captación de manantial hasta el reservorio proyectado siendo comprendido cada tramo por las cámaras rompe presión tipo VI proyectadas, se ha obtenido un diámetro de 1 pulgada para cada uno de los seis tramos proyectados, con lo cual se diría que el diámetro para nuestra línea de conducción será el de 1", pero según la norma OS.010 de "Captación y conducción de agua para consumo humano" (2006) y por recomendación del ingeniero asesor y su experiencia en el área, se usará tuberías de clase igual o inferior a 7.5 de un diámetro de tubería de 85.30 mm (3") debido al desnivel que existe en la elevación entre la captación y reservorio.

Para el diseño hidráulico del reservorio, se determinó el volumen de almacenamiento que según la Norma OS.100 de "Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria" (2006) existen restricciones con respecto a los volúmenes adicionales a considerar por ello el volumen de reservorio asumido es de 5 metros cúbicos, valor necesario para el dimensionamiento en donde se observa una base de 2 metros, una altura de agua de 1.25 metros, un borde libre de 0.30 metros y una altura total del reservorio de 1.55 metros. Se obtuvo un tiempo de almacenamiento de 4.87 horas. Además, el diámetro de la tubería de ingreso al reservorio es de 3 pulgadas misma medida obtenida de la línea de conducción, el diámetro de la tubería de salida es de 70.40 mm o 2 ½ pulgada, diámetro de la tubería de limpieza de 2 pulgadas, así como la canastilla con una longitud de 15 cm y un total de ranuras de 35. Así mismo, se considera un espesor de losa de fondo de 20 centímetros, un solado de 10 centímetros y un espesor de muros de 15 centímetros para un adecuado comportamiento en estructuras que contienen líquido según la norma ACI 350.06.

a) Línea de conducción

En la tabla N°25, se muestra la comparación de resultados para las velocidades que se encuentran en las tuberías de la línea de conducción, se concluye que en este tramo todas las velocidades están dentro del rango permisible según la Norma OS.010 de Captación y conducción de agua para consumo humano (2006).

Tabla N°24: Comparación de resultados para velocidad en línea de conducción

Etiqueta	D (mm)	V (m/s)	Rango permisible según Norma OS.010	Conclusión
TUB - 1	85.30	4.07	0.60 - 5.00 m/s	cumple
TUB - 2	85.30	4.07	0.60 - 5.00 m/s	cumple
TUB - 3	85.30	4.07	0.60 - 5.00 m/s	cumple
TUB - 4	85.30	4.07	0.60 - 5.00 m/s	cumple
TUB - 5	85.30	4.07	0.60 - 5.00 m/s	cumple
TUB - 6	85.30	4.07	0.60 - 5.00 m/s	cumple
TUB - 7	85.30	4.07	0.60 - 5.00 m/s	cumple
TUB - 8	85.30	4.07	0.60 - 5.00 m/s	cumple
TUB - 9	85.30	4.07	0.60 - 5.00 m/s	cumple
TUB - 10	85.30	4.07	0.60 - 5.00 m/s	cumple

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

Como se puede observar en la tabla N°24, para todas las tuberías pertenecientes a la línea de conducción, las velocidades se encuentran dentro del rango permisible, es decir, cumplen con la Norma OS.010 (2006).

b) Red de distribución

En la tabla N°26, se muestra la comparación de resultados para las velocidades que se encuentran en las tuberías de la red de distribución, se concluye que en este tramo hay velocidades, las cuales no están dentro del rango permisible, pero la gran mayoría de tuberías si cumple con estos rangos, según la Norma OS.050 de Captación y conducción de agua para consumo humano (2006).

Tabla N°25: Comparación de resultados para velocidad para red de distribución

Etiqueta	D (mm)	V (m/s)	Rango permisible según Norma OS.050	Conclusión
TUB - 11	85.30	4.77	0.60-5.00 m/s	cumple
TUB - 12	70.40	2.45	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 13	70.40	2.45	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 14	70.40	2.70	0.60-3.00 m/s	cumple

TUB - 15	70.40	2.05	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 16	70.40	2.94	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 17	70.40	0.34	0.60-3.00 m/s	no cumple
TUB - 18	70.40	1.99	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 19	70.40	1.99	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 20	70.40	1.11	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 21	57.80	1.02	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 22	70.40	0.92	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 23	70.40	1.48	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 24	70.40	1.42	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 25	70.40	1.30	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 26	70.40	1.11	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 27	57.80	0.23	0.60-3.00 m/s	no cumple
TUB - 28	57.80	0.14	0.60-3.00 m/s	no cumple
TUB - 29	57.80	0.05	0.60-3.00 m/s	no cumple
TUB - 30	70.40	1.85	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 31	70.40	1.85	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 32	70.40	1.85	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 33	70.40	2.28	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 34	70.40	2.22	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 35	70.40	1.32	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 36	70.40	1.58	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 37	57.80	1.13	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 38	57.80	1.04	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 39	57.80	0.14	0.60-3.00 m/s	no cumple
TUB - 40	57.80	0.95	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 41	70.40	2.49	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 42	70.40	0.51	0.60-3.00 m/s	no cumple
TUB - 43	70.40	1.97	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 44	70.40	1.97	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 45	70.40	3.95	0.60-5.00 m/s	cumple
TUB - 46	70.40	1.32	0.60-3.00 m/s	cumple

TUB - 47	70.40	3.95	0.60-5.00 m/s	cumple
TUB - 48	70.40	2.36	0.60-3.00 m/s	cumple
TUB - 49	70.40	0.76	0.60-3.00 m/s	cumple

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

Como se puede observar en la tabla N°25, para todas las tuberías pertenecientes a la red de distribución, las velocidades en su mayoría cumplen, para los tramos en los cuales la velocidad no cumple, se recomienda unir el tramo con otro que pueda suministrarle mayor caudal, también disminuir el diámetro de dichas tuberías, para que así estas velocidades puedan aumentar y cumplir con los valores mínimos que recomienda la Norma OS.050 (2006) y el ingeniero asesor.

c) Presiones en el sistema de agua potable

En la tabla N°27, se muestra la comparación de resultados para las presiones que se encuentran en las tuberías de todo el sistema de agua potable propuesto, se concluye que en este tramo hay presiones, las cuales no están dentro del rango permisible, pero la gran mayoría de nodos si cumple con estos rangos, según la Norma OS.050 de Captación y conducción de agua para consumo humano (2006).

Tabla N°26: Comparación de resultados para presiones en nodos

Nodo	P (m H2O)	Rango permisible según Norma OS.050	Conclusión
J-1	7	5-50 mca	cumple
J-2	5	5-50 mca	cumple
J-3	6	5-50 mca	cumple
J-4	6	5-50 mca	cumple
J-5	30	5-50 mca	cumple
J-6	38	5-50 mca	cumple
J-7	4	5-50 mca	no cumple
J-8	35	5-50 mca	cumple

J-9	57	5-50 mca	no cumple
J-10	27	5-50 mca	cumple
J-11	11	5-50 mca	cumple
J-12	60	5-50 mca	no cumple
J-13	16	5-50 mca	cumple
J-14	13	5-50 mca	cumple
J-15	38	5-50 mca	cumple
J-16	9	5-50 mca	cumple
J-17	31	5-50 mca	cumple
J-18	34	5-50 mca	cumple
J-19	41	5-50 mca	cumple
J-20	59	5-50 mca	no cumple
J-21	12	5-50 mca	cumple
J-22	38	5-50 mca	cumple
J-23	44	5-50 mca	cumple
J-24	47	5-50 mca	cumple

---

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

Como se puede observar en la tabla N°26, para todos los nodos del sistema de agua potable las presiones en su mayoría cumplen, para los nodos en los cuales la presión no cumple, se recomienda unir el nodo con otro, así cerrar la red y que hacer que circule un mayor caudal, también es recomendable colocar cámaras rompe presión tipo VII para aliviar estas presiones y poder cumplir con los valores mínimos que recomienda la Norma OS.050 (2006) y el ingeniero asesor.

#### 5.11 Contrastación de hipótesis

##### a) Hipótesis general:

Un adecuado cálculo de parámetros de diseño para la red de agua potable de la localidad rural de Allpa Orcuna mediante la modelación del software permitirá mejorar el servicio de agua potable que abastecerá a la localidad.

Se pudo verificar la hipótesis general de la investigación mediante la modelación en el software WaterCAD v.10, brindando como resultado un óptimo diseño para el sistema de agua potable de la localidad rural de Allpa Orcuna que permite mejorar el servicio de agua potable, desde la captación del manantial hasta la última vivienda beneficiaria ubicada en la zona, con excepción de algunos tramos en los cuales no se logra cumplir con el rango permisible de valores según norma. Por tanto, no se ha demostrado el cumplimiento total de la hipótesis planteada.

b) Hipótesis específica 1:

La localidad presenta una topografía irregular, la captación está ubicada por encima de los 3920 m.s.n.m. y las poblaciones donde se desarrollan los sistemas de distribución de agua potable están entre los 3355 y 3480 m.s.n.m. La línea de conducción se desarrolla sobre una topografía de pendiente fuerte entre 40 a 55% y la población está asentada sobre una topografía de pendiente moderado a fuerte de 20% a 40%.

Al caracterizar la topografía de la localidad rural de Allpa Orcuna se concluye que la topografía es irregular, la cota donde se ubica la captación es de 3922 m.s.n.m., oscilando el intervalo de cotas en donde se desarrolla los sistemas de distribución oscila entre los 3350 m.s.n.m hasta 3480 m.s.n.m, lo que propicia ser una zona accidentada con pendientes variables de 40% a 55% para la línea de conducción y 20% a 40% para la línea de distribución. Por tanto, se ha demostrado el cumplimiento total de la hipótesis planteada.

c) Hipótesis específica 2:

La posible dotación de la localidad rural de Allpa Orcuna podría ser aproximadamente 80 l/hab/d.

Habiendo analizado la dotación de agua potable para la localidad según la guía para la formulación de proyectos de inversión exitosas del Ministerio de Economía y Finanzas (2011) para la región geográfica sierra en donde el sistema de disposición de excretas es de letrinas con arrastre hidráulico y además tomando como referencia una tesis del año 2019 realizada en el departamento de Puno, se concluye que la dotación es de 80 l/hab/d. Así mismo, se considera una dotación de 20 l/alumnos/d según la Norma Técnica I.S 0.10 (2006), ya que en el lugar existe una institución educativa de nivel

primaria. Por tanto, se ha demostrado el cumplimiento total de la hipótesis planteada.

d) Hipótesis específica 3:

La propuesta será en función de los resultados que puedan ser permisibles a partir del software WaterCAD v.10, el cual nos permitirá obtener una modelación óptima de tal manera que podremos abastecer continuamente a las 48 familias y 1 institución de la localidad rural de Allpa Orcuna con estricto cumplimiento de la norma.

A partir de la modelación del sistema de agua potable de la localidad rural de Allpa Orcuna en el software WaterCAD v.10, se identifica la mejor propuesta que cumpla con todos los requerimientos de la Norma OS.010 (2006) y la Norma OS.050 (2006) para el diseño de la red, logrando abastecer continuamente mediante una red mixta a las 48 familias y 1 institución que son abastecidas por dos reservorios y una bomba para toda la zona, teniendo como excepción algunos tramos en los cuales no se logra cumplir los rangos permisibles de valores según norma. Por tanto, no se ha demostrado el cumplimiento total de la hipótesis planteada.

## CONCLUSIONES

1. Se caracterizó la topografía en la localidad rural de Allpa Orccuna, en la cual se obtuvo como resultado que la zona presenta un relieve irregular, la cota en donde se ubica la captación es 3922 m.s.n.m y el espacio en donde se desarrolla el sistema de distribución oscilando entre valores de los 3350 m.s.n.m hasta 3480 m.s.n.m. La topografía es accidentada con una pendiente fuerte entre 40% a 55% para el tramo en donde se proyectará la línea de conducción y se observa que la población se encuentra asentada en un terreno con pendiente entre 20% a 40%. Se concluye que la topografía de la localidad no es del todo adecuada para un sistema de abastecimiento de agua potable, ya que dificulta realizar un buen trazado para las líneas de conducción y las redes de distribución, debido a que al tener grandes desniveles y unas pendientes elevadas, tendremos que proyectar más elementos para el sistema, tales como, cámaras rompe presión tipo VI, VII, válvulas de aire, control y purga; para que con ayuda de estas podamos regular las presiones y velocidades en el sistema propuesto y poder dar un abastecimiento continuo del agua potable a los beneficiarios.
2. Se determinó la población futura mediante el método de interés simple, la cual es uno de los métodos más utilizados para zonas rurales, la localidad cuenta con una población actual de 177 habitantes y una tasa de crecimiento promedio anual de 1.60 % para el distrito de Vinchos, dando como resultado una población futura 234 habitantes. La dotación de agua potable determinada para la población de localidad rural, la cual, para la región geográfica sierra, además teniendo en cuenta un clima frío y que cuenten con letrinas con arrastre hidráulico, es de 80 l/hab/d y para la institución educativa de nivel primaria con la que cuenta la localidad se determinó según Norma IS.010 (2006) una dotación de agua de 20 l/alumnos/d.
3. Se realizó dos propuestas, de la cual fue seleccionada la segunda como la mejor propuesta mediante el uso del software WaterCAD, el cual posibilitó la modelación del sistema de agua potable de la localidad rural de Allpa Orccuna, usando tuberías de clase 7.5 con un diámetro para la línea de conducción de 85.30 mm (3") y para las redes de distribución en los ramales principales un diámetro de 70.40 mm (2 1/2") y en los secundarios un diámetro de 57.80 mm (2"), teniendo para la línea de conducción

un longitud total 2728.81 metros y para la red de distribución de 3991.30 metros, también se colocó una caudal máximo horario por lote ( $Q_{mh}/lote$ ) de 0.244 l/s, dando como resultados en el software presiones entre los 5 a 50 m.c.a las cuales están dentro del rango permisible según Norma OS.050 (2006); respecto a las velocidades obtenidas en las tuberías de la línea de conducción, la cual fue de 4.07 m/s, estas son aceptables ya que se encuentran dentro del rango permisible según Norma OS.010 (2006); las velocidades obtenidas en las tuberías de la red de distribución, están dentro de un rango de 0.60 a 2.94 m/s que se encuentran dentro del rango permisible según Norma OS.050 (2006). Se concluye que la propuesta de mejora que se presentó, el cual suministró un caudal de 11.5 l/s más a la red con ayuda de una nueva fuente y una bomba, mejoro los valores de velocidades y presiones en comparación a la primera propuesta, esto quiere decir que se mejora la eficiencia hidráulica del sistema de agua potable y este es más optimo en comparación al sistema existente de la localidad; aun así, se tiene tramos para los cuales se planteara recomendaciones a seguir para mejorar estos valores y ponerlos dentro del rango permisible según las normas indicadas.

## RECOMENDACIONES

1. Para la propuesta de mejora del modelado, se recomienda en los tramos en los cuales la presión supera los 50 m.c.a colocar cámara rompe presión tipo VII para poder aliviar estas presiones. Para los tramos en los cuales las tuberías tienen una velocidad muy baja, se recomienda suministrarle mayor caudal uniéndolas con tramos en los cuales el caudal es mayor, también disminuir el diámetro de dichas tuberías sin que sea inferior al mínimo requerido por norma, para que así estas velocidades puedan elevarse; estas recomendaciones se dan para poder cumplir con el rango de valores que nos indica la norma OS.050 (2006) y el ingeniero asesor.
2. Para el tema constructivo de nuestro sistema de agua potable, se recomienda que en las zanjas que se hagan para la instalación de tuberías, éstas sigan las especificaciones indicadas, como el dimensionamiento de la zanja, la colocación de la cama de apoyo con material zarandeado, correctas uniones e instalación de las tuberías, seguidamente del relleno con material zarandeado hasta determinada altura.
3. Se recomienda que se realice estrictamente la prueba hidráulica y la desinfección por tramos, para evitar problemas posteriores de fugas o filtraciones por malas conexiones, finalmente luego de que la prueba hidráulica sea exitosa se procede al relleno y compactado de la zanja con material propio.
4. Se recomienda para futuras investigaciones, tomar como base el mejoramiento del sistema de agua potable realizado en base al modelado efectuado mediante el software WaterCAD v.10 y de acuerdo a las conclusiones realizadas poder mejorar y optimizar futuros proyectos de agua potable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, R. (2004). *Agua potable para poblaciones rurales*. Lima, Perú: Asociación Servicios Educativos Rurales.
- Aquae Fundación. (2020). *Efectos del cambio climático sobre el agua*. Recuperado de [www.fundacionaquae.org](http://www.fundacionaquae.org)
- Aquae Fundación. (2020). *¿Cuál es la calidad perfecta del agua?* Recuperado de [www.fundacionaquae.org](http://www.fundacionaquae.org)
- Borja, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Cabezas, C. (2018). Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 35(2). <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3761>
- Cancho, Ll. (2017). *Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y disposición sanitaria de excretas con biodigestores en anexo Tambo A, distrito de Vinchos - Huamanga - Ayacucho* (tesis de pregrado). Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Perú.
- Carrillo, I, & Quimbiamba, E. (2018). *Rediseño y optimización hidráulica del sistema de agua potable de los barrios Mushuñan e Inchalillo Alto, Parroquia Sangolquí, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha* (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
- Condori, J, & Asqui, C. (2018). *Evaluación de la dotación de agua para el proyecto: “Mejoramiento de servicios de agua y saneamiento en la comunidad de Kunurana del distrito de santa rosa – Melgar – Puno”* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Construcción y Saneamiento. (2016). *En el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. Recuperado de [http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/agua\\_saneamiento/agua\\_y\\_saneamiento.html](http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/agua_saneamiento/agua_y_saneamiento.html)

- Cotrado, K, & Gutiérrez, G. (2019). *Evaluación de la red existente de agua potable del subsector de distribución 24 en el distrito coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia y región de Tacna* (tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna, Perú.
- Cubillos, L, & Naranjo, J. (2018). *Diseño hidráulico de obras civiles para la captación y tratamiento de agua cruda del sistema de acueducto centro poblado la Magdalena municipio de Quebradanegra, Cundinamarca* (tesis de pregrado). Universidad Católica, Colombia.
- Domínguez, J. (2010). El acceso al agua y saneamiento: Un problema de capacidad institucional local. Análisis en el estado de Veracruz. *Gestión y política pública*, 19(2). Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/>
- El agua potable apta para el consumo es esencial. (2016). En *Koshland Science Museum*. Recuperado de <https://www.koshland-science-museum.org/>
- Equipo Comunicación. (2016). *WaterCAD, el software para obras hidráulicas*. Recuperado de <https://www.eadic.com/>
- Essap. (2016). *La importancia del agua potable*. Recuperado de <http://www.essap.com.py/>
- Fondo Perú Alemania Deuda por Desarrollo. (2009). *Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales*. Recuperado de <https://sswm.info/>
- Fondo Perú Alemania Deuda por Desarrollo. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Recuperado de <https://sswm.info/>
- Gastañaga, M. (2018). Agua, saneamiento y salud. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 35(2). <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3732>
- Gobierno regional de Ayacucho. (2018). *Plan regional de saneamiento de Ayacucho 2018–2021*. Recuperado de

<http://direccionsaneamiento.vivienda.gob.pe/Planes%20Regionales%20de%20Saneamiento/PRS%20AYACUCHO.pdf>

- González, T. (2013). *Evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable y disposición de excretas de la población del corregimiento de Monterrey, municipio de Simití, departamento de Bolívar, proponiendo soluciones integrales al mejoramiento de los sistemas y la salud de la comunidad* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Grabent. (2020). *WaterCAD / GEM*. Recuperado de <http://grabentbolivia.com/>
- Guaman, J, & Taris, M. (2017). *Diseño del sistema para el abastecimiento del agua potable de la comunidad de Mangacuzana, cantón Cañar, provincia de Cañar* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- Guibo, J. (Mayo de 2012). Capítulo. 3b - Formulación- Aspecto técnicos de Saneamiento. En L. Castilla (Presidencia), *Curso formulación y evaluación en PIP del sector saneamiento*. Conferencia llevada a cabo en Ministerio de economía y finanzas dirección general de política de inversiones, Perú.
- Gutiérrez, E. (2006). *Diseño de un sistema de agua potable para una comunidad rural en el estado de Puebla* (tesis de pregrado). Universidad de las Américas Puebla, México.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F., México. Interamericana editores.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). *Perú: Mapa del déficit de agua y saneamiento básico a nivel distrital, 2007* (867). Recuperado de <https://www.inei.gob.pe>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Ayacucho compendio estadístico 2017* (1491). Recuperado de <https://www.inei.gob.pe>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Perú: Formas de acceso al agua y saneamiento*. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe>
- Lossio, M. (2012). *Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones* (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Perú.

- Machado, A. (2018). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del Centro poblado Santiago, distrito de Chalaco, Morropon - Piura* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Perú.
- Ministerio de Salud (1994). *Abastecimiento de agua y saneamiento para poblaciones rurales y urbano-marginales*. Recuperado de <http://bvs.minsa.gob.pe/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Recuperado de <https://www3.vivienda.gob.pe>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA*. Recuperado de <https://www.gob.pe/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. Recuperado de <https://www.gob.pe/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). *Compendio normativo de saneamiento*. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Diagnóstico de la situación de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos del sector vivienda, construcción y saneamiento*. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe>
- Naciones Unidas. (2019). *Más de 2000 millones de personas no tienen acceso a agua potable ni saneamiento básico*. Recuperado de <https://news.un.org/>
- Oblitas, L. (2010). *Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes de éxito*. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. Recuperado de <https://www.acnur.org/>
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Medición del cloro residual en el agua*. Recuperado de <http://www.disaster-info.net/>
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Guía para el diseño y construcción de reservorios apoyados*. Recuperado de <https://www.paho.org/es/peru>

- Oxfam. (s.f.). *Entre 7 y 8 millones de peruanos no tienen acceso a agua potable*. Recuperado de <https://peru.oxfam.org/>
- Rossmann, L. (2002). Análisis hidráulico y de calidad en redes de distribución de Agua. *Epanet 2.0 en español*, 2 (12). Recuperado de <https://www.iiama.upv.es/>
- Salud Arequipa. (2021). *Norma OS.100*. Recuperado de <https://www.saludarequipa.gob.pe/>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (s. f.). *Líneas de Conducción por gravedad*. Recuperado de <https://sswm.info/>
- Peñaranda, C. (28 de enero de 2019). Más de 4 millones de peruanos no cuentan con red pública de agua. *La cámara*, (863), p.7.
- Prado, T. (2016). *Mejoramiento del sistema de agua potable en las comunidades de Veracruz y Totos ubicado en Totos, Cangallo - Ayacucho* (tesis de pregrado). Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Perú.
- Quispe, D. (13 de marzo de 2020). Más de 7 millones de peruanos sin agua potable. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe>
- Quispe, H. (2020). *Ampliación y mejoramiento del sistema de saneamiento básico integral en la comunidad de Umana provincia de Paucartambo – Cusco* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
- Sánchez, M. (2020, 23 de marzo). Día mundial del agua: Más de tres millones de peruanos no tienen acceso a agua. *Aquafondo*. Recuperado de <https://aquafondo.org.pe>
- Schuster, J. (2017). *50 años de programa de agua potable rural en Chile: Un análisis institucional y normativo en el marco de la reforma del sector* (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2004). *La calidad del agua potable en el Perú* (9). Recuperado de <https://www.sunass.gob.pe>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2020). *Proyecto inicial del Reglamento de Calidad de la Prestación de los Servicios de Saneamiento en las Pequeñas Ciudades* (4). Recuperado de <https://www.sunass.gob.pe>

- Tisnado, J. (2014). *Evaluación de la dotación per-cápita para el abastecimiento de agua potable en la población concentrada del distrito de Vilavila - Lampa - Puno* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Unicef. (2019). *1 de cada 3 personas en el mundo no tiene acceso a agua potable*. Recuperado de <https://www.unicef.org/>
- Unicef. (s.f.). *Agua, Saneamiento e Higiene*. Recuperado de <https://www.unicef.org/>
- Valenzuela, M, & Orrillo, G. (2021). *Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable en la localidad de Paucartambo – Cusco* (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú.
- Vierendel. (4 Ed.). (2009). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/>
- World Resources Institute. (2015). *Aqueduct projected water stress country rankings*. Recuperado de <https://files.wri.org/>
- Zanabria, J. (2015). *Abastecimiento de agua potable y alcantarillado para el asentamiento humano San Agustín* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Perú.

## ANEXOS

### Anexo 1: Cronograma de actividades

Tabla N°278: Cronograma de actividades

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE LA INVESTIGACIÓN																														
		MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SETIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE									
"Mejoramiento del Servicio de Agua Potable en la localidad rural de Allpa Orccuna, distrito		ACTIVIDADES																														
CAPITULO 1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
CAPITULO 2	MARCO TEÓRICO				2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
CAPITULO 3	SISTEMA DE HIPOTESIS Y VARIABLES							2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
CAPITULO 4	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN										2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
CAPITULO 5	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN													2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES																2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
	RESUMEN / INTRODUCCIÓN																			2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
	REVISION DE BORRADOR DE TESIS																						2	3	4	1	2	3	4			
	LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES																									2	3	4	1	2	3	4
	EMPASTADO DE TESIS																												2	3	4	
	SUTENTACIÓN DE TESIS																															

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

Anexo 2: Presupuesto (Asignación de recursos)

Tabla N°289: Presupuesto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO		
				UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
01.00	RECURSOS HUMANOS					
01.01	Metodología	PERSONA	2.00	3000.00	6000.00	
01.02	Especialista	PERSONA	2.00	3000.00	6000.00	12000.00
02.00	SERVICIOS					
02.01	Impresiones, ploteos	Unid	100.00	0.30	30.00	
02.02	Movilidad a campo	Glb	8.00	30.00	240.00	
02.03	Acceso a internet (60 GB)	GB	60.00	7.84	470.40	740.40
03.00	RECURSOS FISICOS					
03.01	Lapicero	Unid	4.00	1.00	4.00	
03.02	Papel (medio paquete)	Glb	0.50	12.00	6.00	
03.03	Refrigerio en campo	Glb	4.00	6.00	24.00	
03.04	Otros materiales	Glb	1.00	20.00	20.00	54.00
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>					S./	<b>12794.40</b>

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

### Anexo 3: Matriz de Consistencia

Tabla N°29: Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICAS/INSTRUMENTOS
¿Cómo mejorar la eficiencia hidráulica del sistema de agua potable en la localidad rural de Allpa Orccuna, distrito de Vinchos - Ayacucho?	Mejorar el servicio de agua potable de la localidad rural de Allpa Orccuna.	Un adecuado cálculo de parámetros de diseño para la red de agua potable de la localidad rural de Allpa Orccuna mediante la modelación del software permitirá mejorar el servicio de agua potable que abastecerá a la localidad.			Técnicas: Se realizó la documentación de fuentes de información como la base de datos de beneficiarios de la localidad de Allpa Orccuna, para conocer la cantidad de familias que será abastecida. Instrumentos: * Expediente Técnico del proyecto “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y creación de unidades básicas de saneamiento en 16 localidades rurales de la comunidad de Vinchos, distrito de Vinchos - Huamanga - Ayacucho”. * Software Microsoft Excel 2019 MSO (16.0.14131.20326) * Autodesk AutoCAD 2019.1.1 * Google Earth 7.3.3.7786 * Software WaterCAD 10.02.03.06
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS			
<p>PE1: ¿Cuáles son las características topográficas del área de estudio?</p> <p>PE2: ¿Cuál es la dotación de agua potable de la localidad rural de Allpa Orccuna?</p> <p>PE3: ¿Cómo proponer un sistema de servicio de agua potable óptimo?</p>	<p>OE1: Caracterizar la topografía de la localidad rural de Allpa Orccuna.</p> <p>OE2: Determinar la dotación de agua potable en la localidad rural de Allpa Orccuna.</p> <p>OE3: Proponer un sistema de servicio de agua potable óptimo para la localidad rural de Allpa Orccuna.</p>	<p>HE1: La localidad presenta una topografía irregular, la captación está ubicada por encima de los 3920 m.s.n.m y las poblaciones donde se desarrollan los sistemas de distribución de agua potable están entre los 3355 y 3480 m.s.n.m. La línea de conducción se desarrolla sobre una topografía de pendiente fuerte entre 40 a 55% y la población está asentada sobre una topografía de pendiente moderado a fuerte de 20% a 40%.</p> <p>HE2: La posible dotación de la localidad rural de Allpa Orccuna podría ser aproximadamente 80 l/hab/d.</p> <p>HE3: La propuesta será en función de los resultados que puedan ser permisibles a partir del software WaterCAD v.10, el cual nos permitirá obtener una modelación óptima de tal manera que podremos abastecer continuamente a las 48 familias y 1 institución de la localidad rural de Allpa Orccuna con estricto cumplimiento de la norma.</p>	<p>* Cámara de captación</p> <p>* Línea de conducción</p> <p>* Reservorio</p> <p>* Línea de aducción</p> <p>* Línea de distribución</p>	<p>* Diametro de la tubería de la linea de conducción,</p> <p>* aducción y distribución</p> <p>* Capacidad en m3 del reservorio</p> <p>* Dimensionamiento del reservorio</p>	

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

Anexo 4: Matriz de Operacionalización de Variables

Tabla N°30: Matriz operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ITEM
Sistema de agua potable	Viene a ser el conjunto de instalaciones y estructuras empleados para la captación, conducción de agua, almacenamiento y distribución de agua potable.	*Diseño hidraulico	*Captación de ladera *Red de conducción *Red de distribución *Reservorio *Cámara rompe presión	*Norma OS.100 - Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria 2006 *Norma OS.050 – Redes de distribución de agua para consumo humano 2006 *Norma OS.030 - Almacenamiento de agua para consumo humano 2006 *Norma OS.010 – Captación y conducción de agua para consumo humano 2006	*Métodos de cálculo de redes de distribución *Modelamiento hidráulico
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES		ITEM
Población de la localidad rural de Allpa Orcuna	Localidad compuesta por una población actual de 177 habitantes y que contará con 48 familias y 1 institución beneficiadas, ubicada en el distrito de Vinchos, Ayacucho.	*Cálculo de población futura.	*Población futura *Topografía	*Expediente Técnico del proyecto “Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y creación de unidades básicas de saneamiento (UBS) en 16 localidades rurales de la comunidad de Vinchos, distrito de Vinchos - Huamanga - Ayacucho” *Software WaterCAD 10.02.03.06 *Software Microsoft Excel 2019 MSO (16.0.14131.20326) *Autodesk AutoCAD 2019.1.1 *Google Earth Pro 7.3.3.7786	*Metodos de cálculo de población futura *Levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia usando el software Excel v.2019

## Anexo 5: Perfil longitudinal línea de conducción

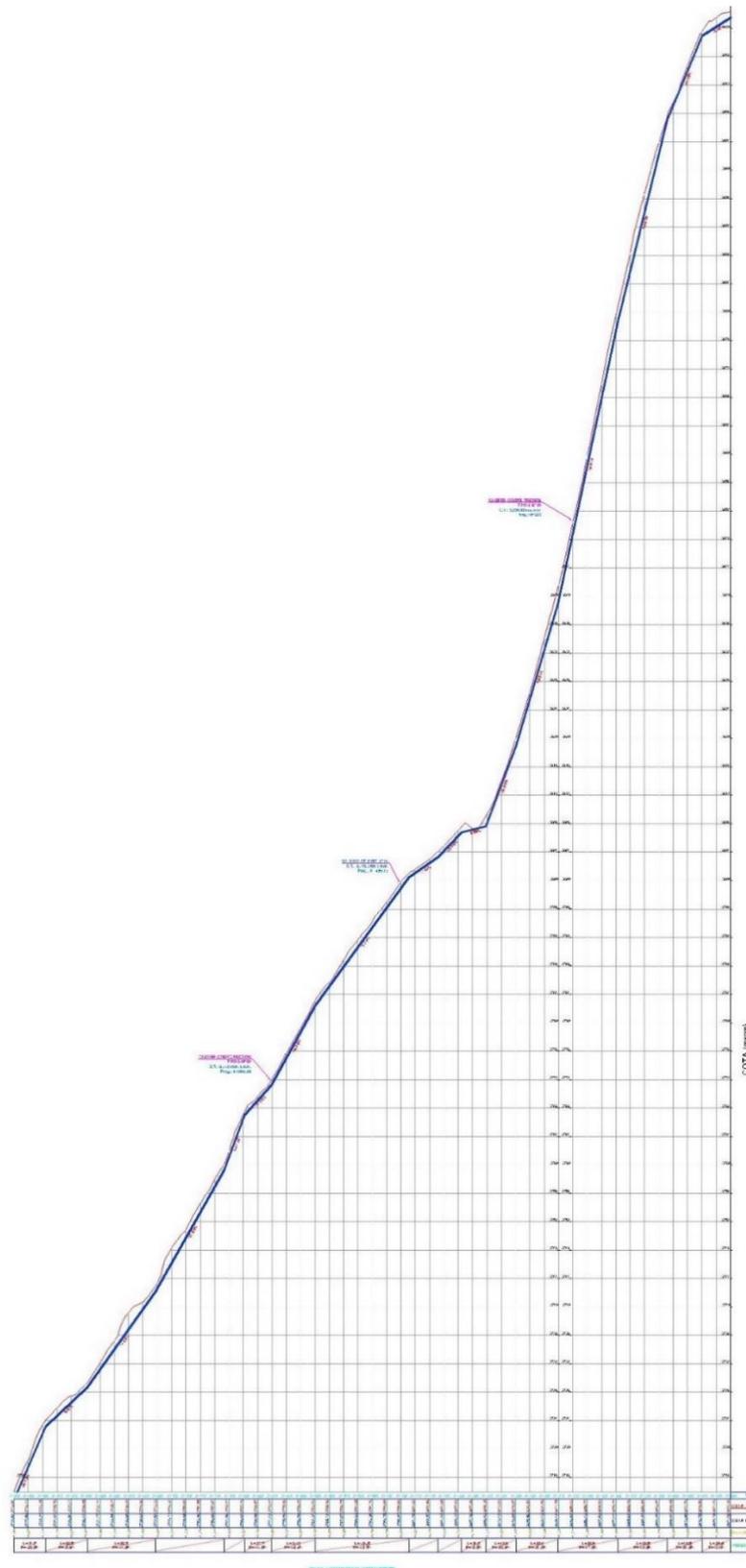


Figura N° 634: Perfil longitudinal línea de conducción, del 0+000 al 1+000

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

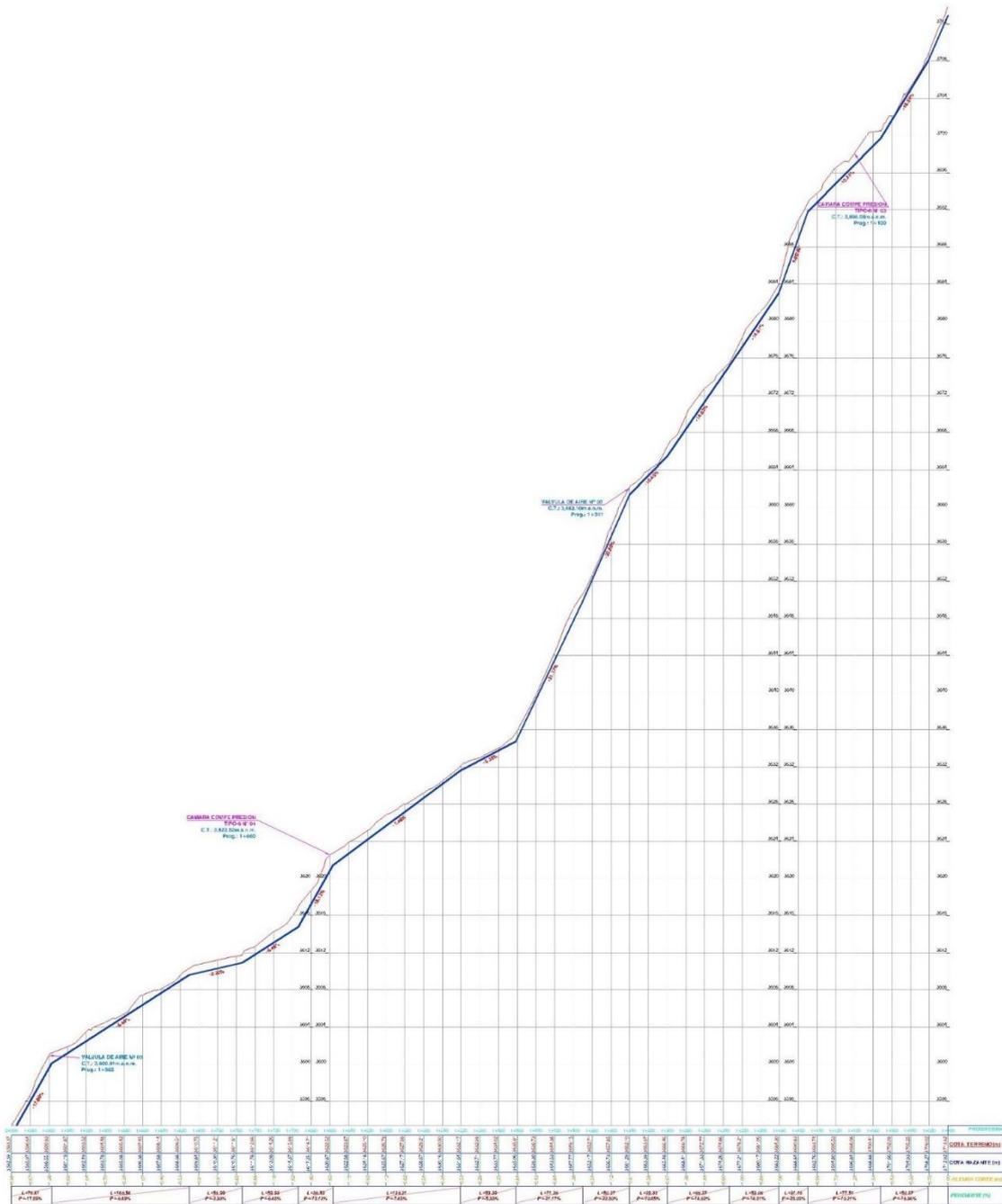


Figura N° 645: Perfil longitudinal línea de conducción, del 1+000 al 2+000

Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

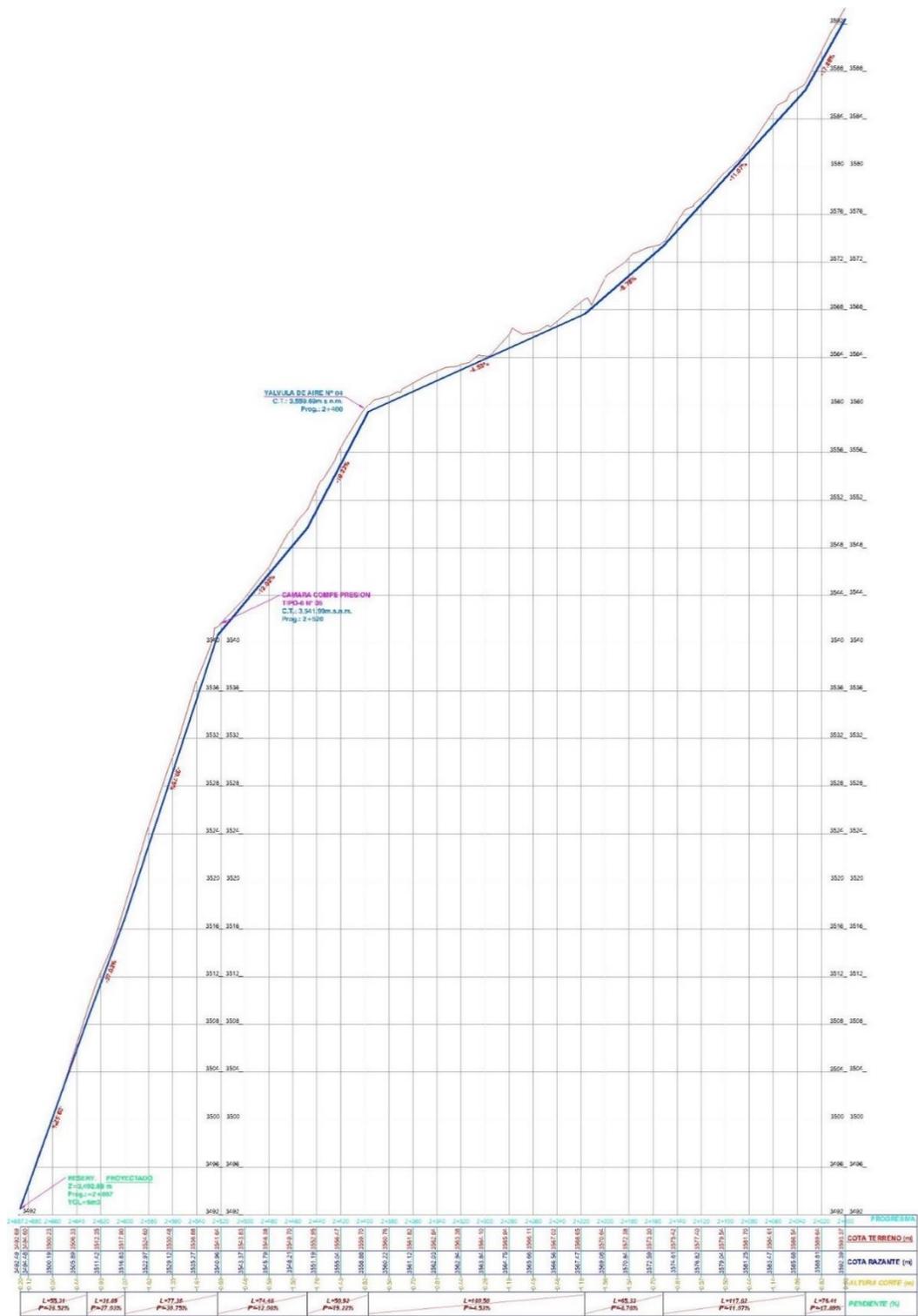


Figura N° 656: Perfil longitudinal línea de conducción, del 2+000 al 2+687  
Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

Anexo 6: Red de distribución con casas domiciliarias

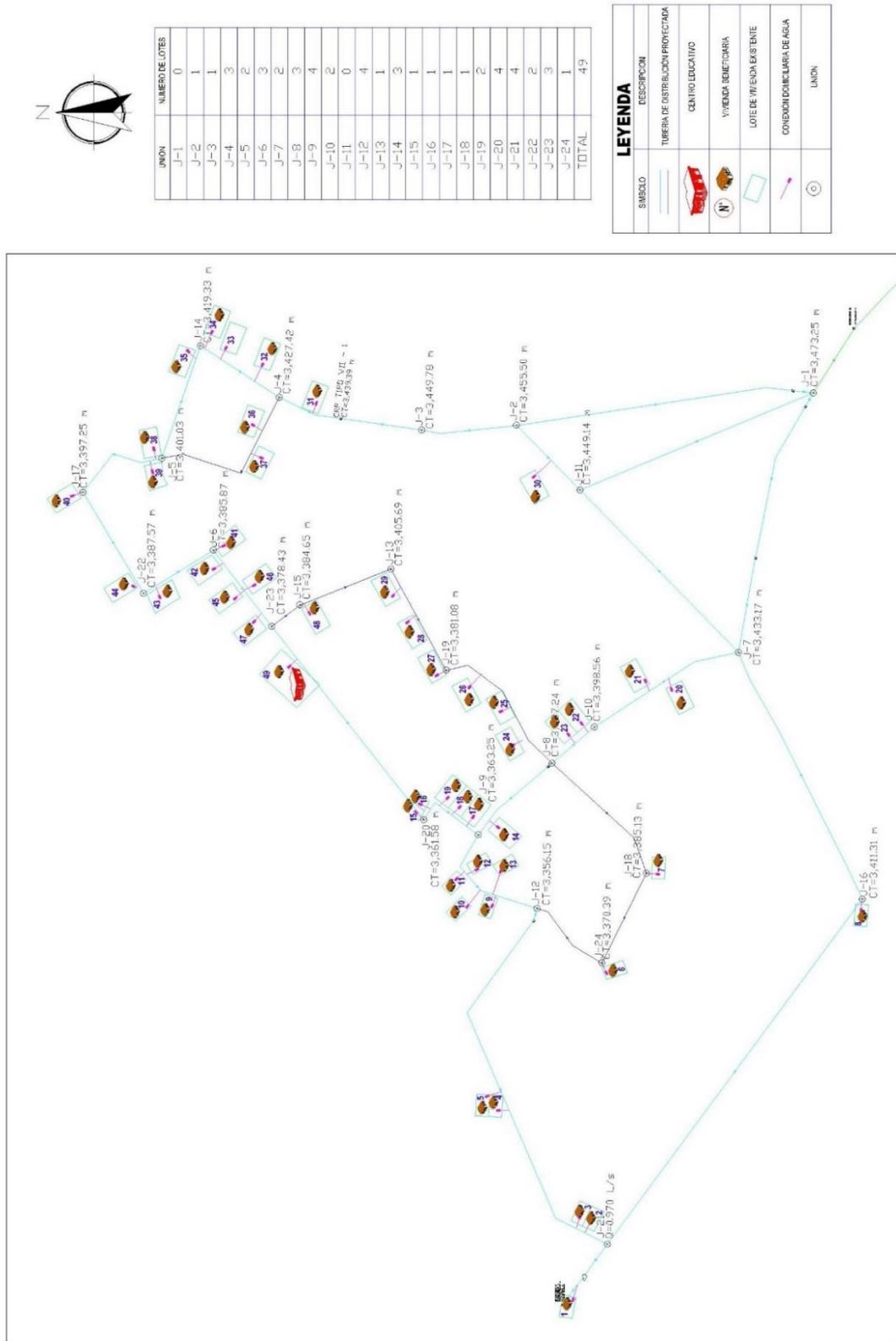
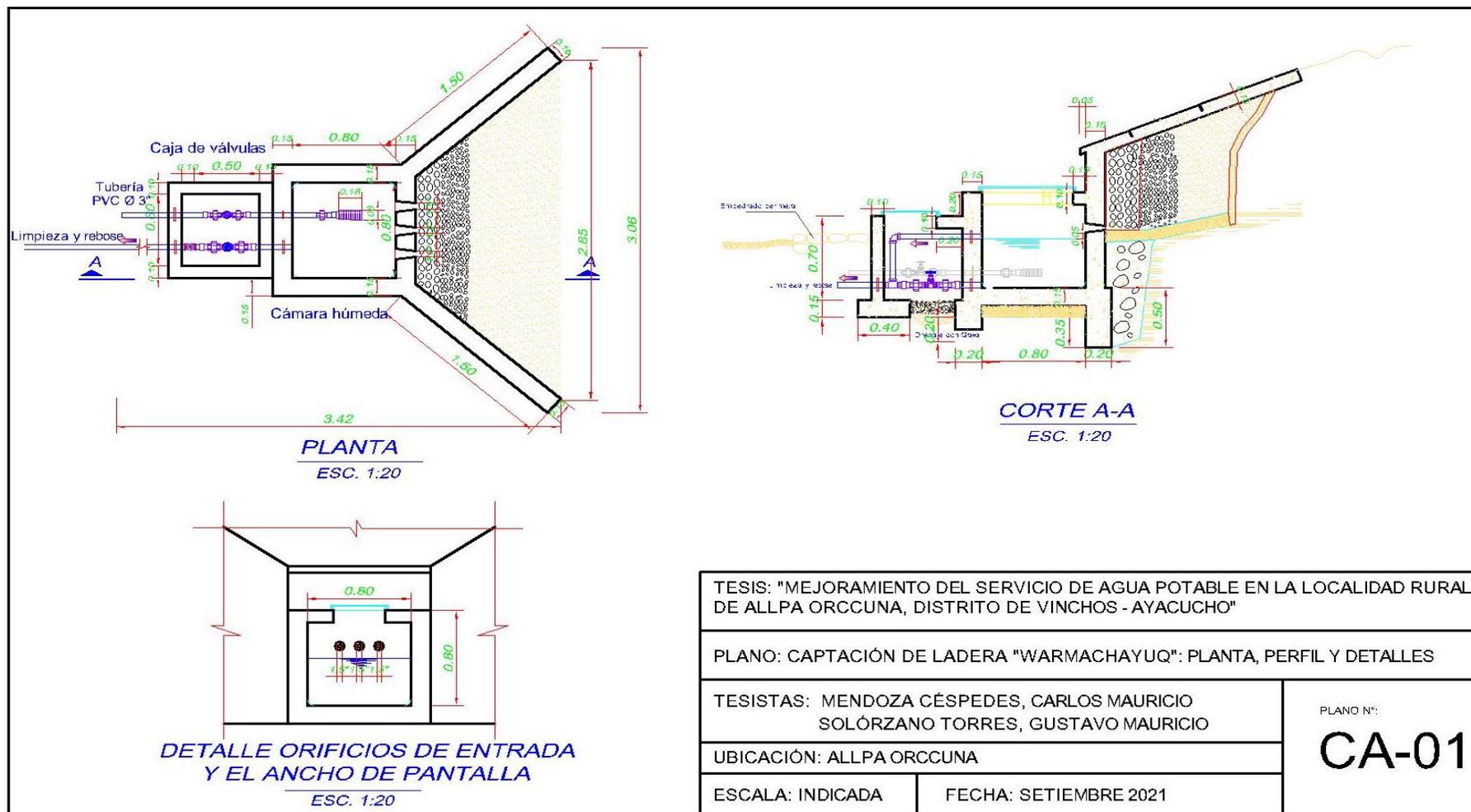


Figura N° 667: Red de distribución con casas beneficiadas

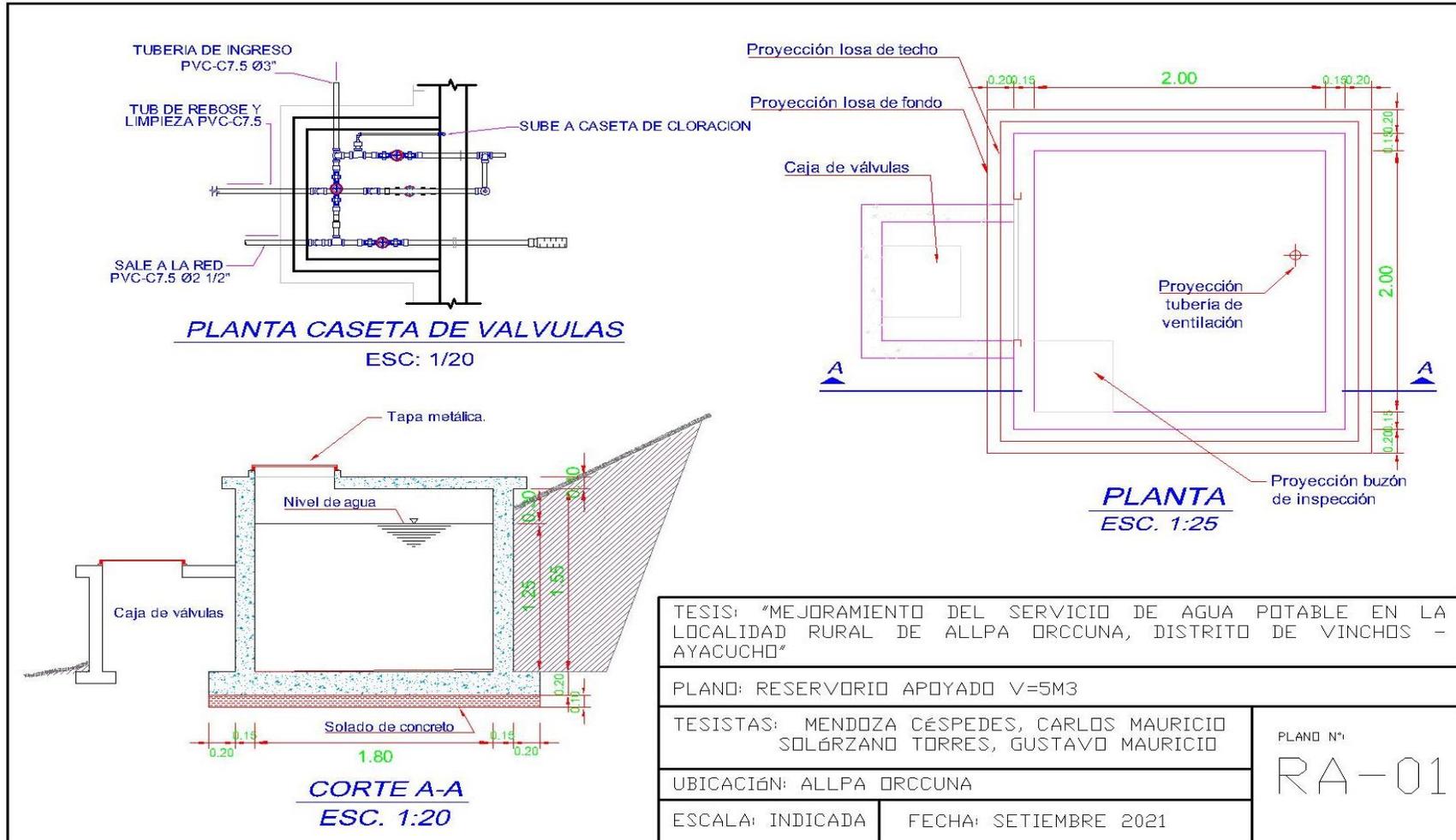
Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

Anexo 7: Plano de captación de ladera



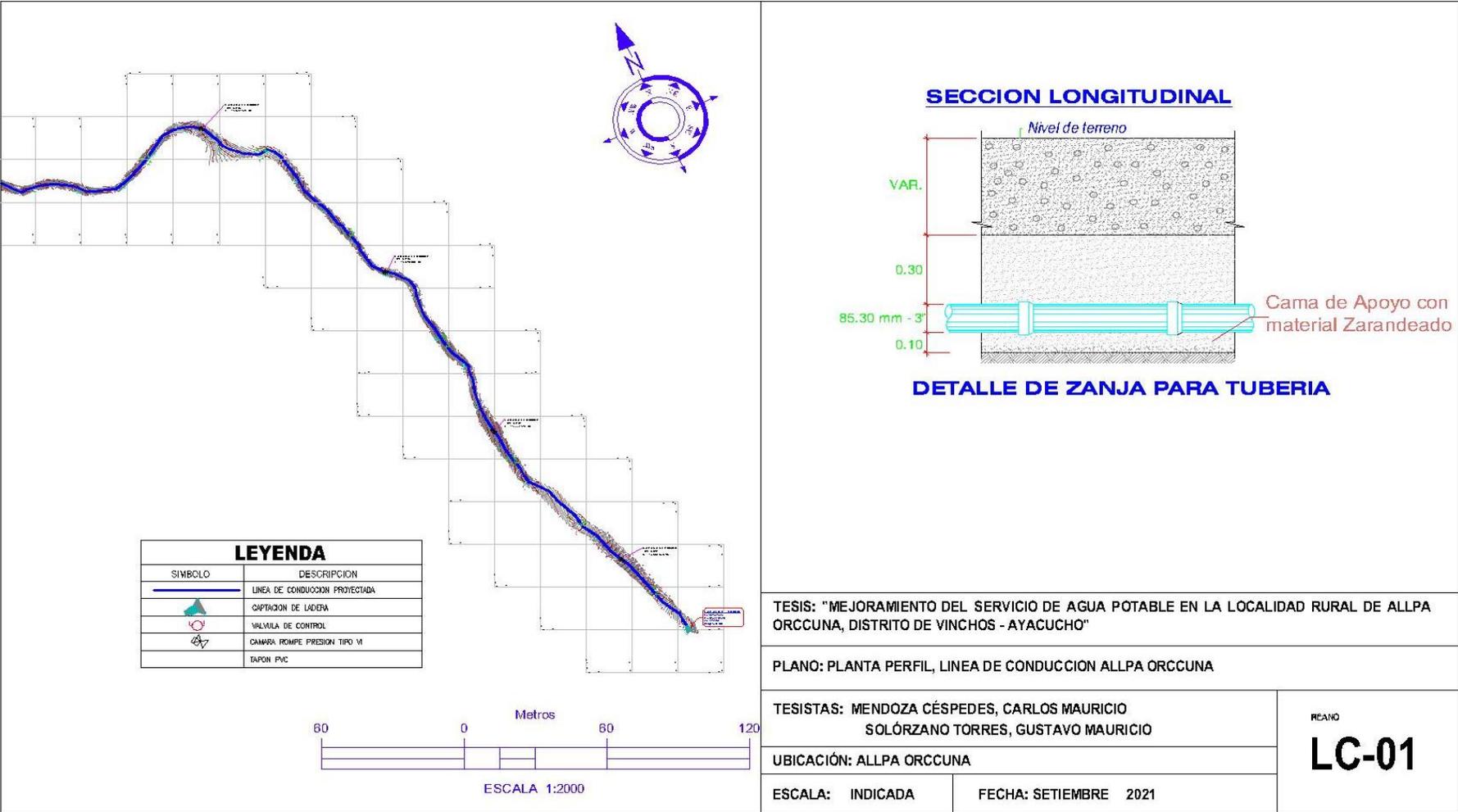
Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

Anexo 8: Plano de reservorio apoyado



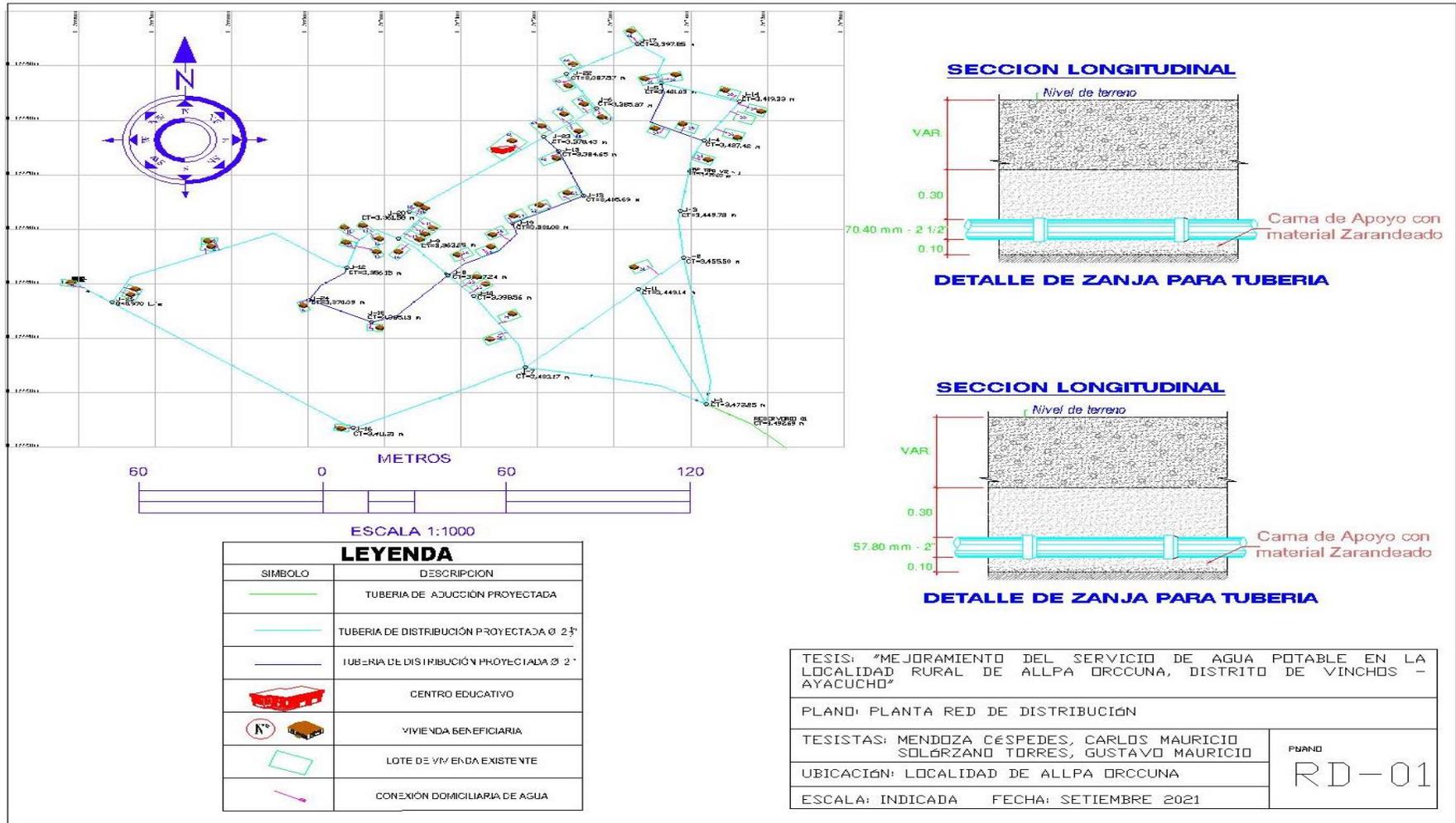
Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

Anexo 9: Plano de planta línea de conducción



Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

# Anexo 10: Plano de planta red de distribución



Fuente: Elaboración propia usando el software AutoCAD v.2019

Anexo 11: Autorización de la municipalidad



**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VINCHOS**  
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA



**CARTA N° 289 -2021-MDV-GM-GDC/GI.**

**AL** : SR. GUSTAVO MAURICIO SOLORZANO  
SR. CARLOS MAURICIO MENDOZA CÉSPEDES

**ASUNTO** : AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN

**REFERENCIA** : a) CARTA N° 326-2021-MDV-GI-SGOEP/SQS.

**FECHA** : Vinchos, 06 de octubre del 2021.

*De mi especial consideración:*

*Previo cordial saludo es grato dirigirme a Usted, con el fin de saludarlo, así mismo remitirle el documento de la referencia (a) según la CARTA N° 326-2021-MDV-GI-SGOEP/SQS. elaborado por el Ing. SAUL QUISPE SILVERA SUB GERENTE DE OBRAS, ESTUDIOS Y PROYECTO, quien da su opinión Autorizando de uso de Información para Tesis de investigación relacionada al proyecto, por lo se adjunta el documento de la referencia con 02 folios.*

Sin otro particular me suscribo de usted, reiterándole las muestras de mi especial consideración y estima personal.

*Atentamente,*

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE VINCHOS  
GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA  
ING. GONZALO DE LA CRUZ COLOS  
SUB GERENTE

CC  
ARCHIVO

Figura N° 678: Carta de autorización de la municipalidad

Fuente: Municipalidad Distrital de Vinchos (2021)