



**UNIVERSIDAD LOS ÁNGELES DE CHIMBOTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA**

**PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**DISEÑO HIDRÁULICO DE RED DE AGUA POTABLE**

**EN EL CASERÍO DE CARAHUASI DISTRITO DE**

**NANCHOC, PROVINCIA DE SAN MIGUEL,**

**CAJAMARCA, ENERO 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**AUTOR(A)**

**BACH. DIEGO ADAN ARIAS LORREN**

**ASESOR(A)**

**MGTR. CARMEN CHILON MUÑOZ**

**PIURA – PERU 2019**

**JURADO EVALUADOR Y ASESOR**

**MGTR. MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA**

**PRESIDENTE**

**MGTR. WILMER OSWALDO CORDOVA CORDOVA**

**MIEMBRO**

**ING. ORLANDO VALERIANO SUAREZ ELIAS**

**MIEMBRO**

**MGTR. CARMEN CHILON MUÑOZ**

**ASESOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento especial a la Universidad Católica los Ángeles de Chimbote “ULADECH“, la cual me abrió sus puertas para formarme profesionalmente.

A cada uno de mis profesores por su enseñanza y apoyo, quienes me incentivaron siempre en muchos sentidos en ser un buen profesional con buenos valores. Y de manera muy especial a mi docente tutor, el Ingeniero Chilon Muñoz Carmen por la ayuda brindada durante todo el transcurso del proyecto.

Gracias.

## **DEDICATORIA**

Es un placer expresar mis agradecimientos en este espacio, los cuales van dirigidos en primera instancia, a Dios por darme las fuerzas necesarias ante las circunstancias que se presentaron. A mis Padres por el apoyo y amor, por sus consejos y valores, que me han ayudado a crecer como persona y lograr alcanzar esta gran meta.

De manera muy especial a mi novia Marimili, por estar a mi lado en todo momento, por estar junto a mí en las etapas difíciles, principalmente por darme su aliento dándome así las fuerzas para terminar este proyecto.

Y a mis hermanos por preocuparse en mi crecimiento profesional.

Gracias.

## RESUMEN Y ABSTRACT

### RESUMEN

Dicha investigación tiene como propósito favorecer a los pobladores en el Caserío de Carahuasi, Distrito Nanchoc, Provincia de San Miguel, Región Cajamarca por el motivo de que no poseen un diseño de red de agua potable, su sistema de red se encuentra dañado y deteriorado. Dada esta dificultad los pobladores tienen que transitar por mucho tiempo para lograr conseguir este recurso, que es el agua, que es esencial para la vida humana. Por lo tanto se aportará o contribuirá técnicamente y a su vez tendrá un buen planteamiento para el diseño de red de agua potable en zonas rurales, considerando las normas nacionales y adecuados procesos constructivos para un correcto diseño.

Los objetivos en esta investigación es esquematizar, diseñar y plantear el diseño de red de agua potable para el caserío de Carahuasi, restableciendo la distribución de agua potable a las viviendas del caserío de Carahuasi, apoyando y favoreciendo a los pobladores del Caserío con una deseable calidad de agua para su consumo.

El planteamiento de diseño se demuestra en los principales métodos empleados, estos fueron: aplicativo, descriptivo, deductivo, no experimental.

La actual propuesta diseño comprende en la selección de obtención de datos de las captaciones, una adecuada búsqueda de información, análisis y un buen planteamiento con la apropiada orientación el en lugar, para un correcto plan de diseño de abastecimiento de agua potable.

Dada la información adquirida, previamente verificada y calculada en el *software* WATERCAD obtenemos los diámetros, material de las tuberías, velocidades, presiones, etc.

El diseño contará 01 captaciones de tipo manantial ladera, Línea de Conducción abarcará, 01 Cámara Rompe Presión tipo 6 (C.R.P6-1), 01 Reservoirio apoyado, Línea de Aducción llegando hasta la Línea de

distribución contendrá 116 Conexiones, 05 Válvulas de Purga y 06 Válvulas de Compuerta.

Finalizando con el diseño de la red de agua potable, se planteó trabajar con *software* AutoCAD y WaterCad. Con esto se pudo lograr que una correcta distribución de red de agua potable en las viviendas del caserío Carahuasi consiguiendo un servicio de agua potable adecuado y así terminando con la situación que preocupaba a varios de los pobladores de no tener la factibilidad de agua potable.

**Palabras claves:** Diseño, Red, Reservorio, Tuberías, Agua Potable.

## **ABSTRACT**

The purpose of this investigation is to favor the inhabitants in the Caserío de Carahuasi, District Nanchoc, Province of San Miguel, Cajamarca Region for the reason of not having a potable water network design. Given this difficulty, the inhabitants have to travel for a long time to achieve this resource, which is water, which is essential for human life. Therefore, we provide or contribute technically and also in turn a good approach to the design of drinking water in rural areas, national standards and constructive processes for proper design.

The objectives in this research is to outline, design and propose the design of drinking water network for the Carahuasi farmhouse, restoring the distribution of potable water to the houses of the Carahuasi farmhouse, supporting and favoring the inhabitants of the Caserío with a desirable quality of water for consumption.

The design approach is demonstrated in the main methods used, these were: analysis, deductive, descriptive and not experimental.

The current design proposal includes in the selection of obtaining data of the captures, an adequate search of information, analysis and a good approach with the appropriate orientation in place, for a correct design plan for drinking water supply.

Given the information acquired, previously verified and calculated in the WATERCAD software, we obtain the diameters, material of the pipes, velocities, pressures, etc.

The design will have 01 spring-type footshells, Line of Conduction will cover, 01 Pressure Breaker Chamber type 6 (CRP6-1), 01 Reservoir supported, Adduction line reaching the Distribution Line It will contain 116 Connections, 05 Purge Valves and 06 Gate Valves.

Finalizing with the design of the potable water network, it was proposed to work with AutoCAD and WATERCAD softwares. With this it was possible to achieve a correct distribution of potable water network in the houses of the

Carahuasi farmhouse, obtaining an adequate drinking water service and thus ending the situation that worried several of the residents of not having the feasibility of drinking water.

Keywords: Design, Network, Reservoir, Pipes, Drinking Water.

## **CONTENIDO**

|   |          |
|---|----------|
| TÍTULO DE LA TESIS.....                       | i        |
| HOJA DE FIRMA DEL JURADO.....                 | ii       |
| HOJA DE AGRADECIMIENTO Y/O DEDICATORIA.....   | iii      |
| DEDICATORIA.....                              | iv       |
| RESUMEN Y ABSTRACT.....                       | vi       |
| RESUMEN.....                                  | vi       |
| ABSTRACT.....                                 | vii      |
| CONTENIDO.....                                | ix       |
| ÍNDICE DE FIGURAS, FOTOGRAFÍAS Y CUADROS..... | xii      |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>                   | <b>1</b> |
| <b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>         | <b>3</b> |
| 2.1. BASES TEÓRICAS.....                      | 3        |
| 2.2. MARCO TEÓRICO.....                       | 9        |
| 2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....      | 9        |
| 2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....           | 14       |
| 2.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.....              | 20       |
| 2.3. MARCO CONCEPTUAL.....                    | 26       |
| 2.3.1. INFORMACIÓN DE CAMPO.....              | 26       |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.3.2. INFORMACIÓN TÉCNICA.....   | 27        |
| 2.3.3. INFORMACIÓN ADICIONAL.....                                       | 31        |
| 2.3.4. LÍNEA DE CONDUCCIÓN.....   | 41        |
| 2.3.5. CLASES DE TUBERÍAS.....  | 43        |
| 2.3.6. ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS.....                                 | 44        |
| 2.3.7. RESERVORIO.....  | 48        |
| 2.3.8. TIPOS DE RESERVORIO.....   | 50        |
| 2.3.9. LÍNEA DE ADUCCIÓN.....   | 51        |
| 2.3.10. RED DE DISTRIBUCIÓN.....  | 52        |
| 2.3.11. SISTEMA DE REDES.....   | 53        |
| <b>3. HIPÓTESIS.....</b>  | <b>54</b> |
| <b>4.METODOLOGÍA.....</b>   | <b>54</b> |
| 4.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....                                      | 54        |
| 4.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....                                     | 54        |
| 4.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....                                    | 55        |
| 4.4. UNIVERSO Y POBLACIÓN.....  | 56        |
| 4.5. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E<br>INDICADORES..... | 58        |
| 4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS...59               | 59        |
| 4.7. PLAN DE ANÁLISIS.....  | 60        |
| 4.8. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....  | 61        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.9. PRINCIPIOS ÉTICOS.....                          | 62         |
| <b>5. RESULTADOS.....</b>                            | <b>62</b>  |
| 5.1.RESULTADOS.....                                  | 62         |
| 5.1.1. POBLACION CENSADA AÑOS 1981, 1993 Y 2007..... | 62         |
| 5.1.2. CALCULO DE TASA DE CRECIMIENTO AL 2019.....   | 65         |
| 5.1.3. CALCULO DE LA POBLACION FUTURA CARAHUASI..... | 66         |
| 5.1.4. CAPTACIÓN.....                                | 69         |
| 5.1.5. DISEÑO HIRAÚLICO DE LA CAPTACIÓN.....         | 69         |
| 5.1.6. CALCULO DEL VOLUMEN DEL RESERVORIO.....       | 76         |
| 5.1.7. ANALISIS FISICO Y QUIMICO DEL AGUA.....       | 77         |
| 5.1.8. DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCION.....          | 78         |
| 5.1.9. CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO.....        | 79         |
| 5.1.10. CREACION DE ARCHIVOS.....                    | 79         |
| 5.1.11. CONFIGURACIÓN – SOFTWARE WATERCAD.....       | 80         |
| 5.2.ANÁLISIS DE RESULTADOS.....                      | 96         |
| <b>6. CONCLUSIONES.....</b>                          | <b>102</b> |
| <b>7. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS.....</b>              | <b>104</b> |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                      | 105        |
| ANEXO.....   | 111        |

## ÍNDICE DE FIGURAS, FOTOGRAFÍAS Y CUADROS

### ÍNDICE DE FIGURAS

|                |    |
|----------------|----|
| FIGURA 1.....  | 37 |
| FIGURA 2.....  | 38 |
| FIGURA 3.....  | 38 |
| FIGURA 4.....  | 42 |
| FIGURA 5.....  | 43 |
| FIGURA 6.....  | 44 |
| FIGURA 7.....  | 45 |
| FIGURA 8.....  | 45 |
| FIGURA 9.....  | 47 |
| FIGURA 10..... | 47 |
| FIGURA 11..... | 50 |
| FIGURA 12..... | 51 |
| FIGURA 13..... | 51 |
| FIGURA 14..... | 53 |
| FIGURA 15..... | 57 |
| FIGURA 16..... | 74 |
| FIGURA 17..... | 80 |

|                |    |
|----------------|----|
| FIGURA 18..... | 81 |
| FIGURA 19..... | 82 |
| FIGURA 20..... | 82 |
| FIGURA 21..... | 83 |
| FIGURA 22..... | 84 |
| FIGURA 23..... | 84 |
| FIGURA 24..... | 85 |
| FIGURA 25..... | 86 |
| FIGURA 26..... | 86 |
| FIGURA 27..... | 87 |
| FIGURA 28..... | 88 |
| FIGURA 29..... | 89 |
| FIGURA 30..... | 89 |
| FIGURA 31..... | 90 |
| FIGURA 32..... | 90 |
| FIGURA 33..... | 91 |
| FIGURA 34..... | 91 |
| FIGURA 35..... | 92 |
| FIGURA 36..... | 93 |

|                |     |
|----------------|-----|
| FIGURA 37..... | 93  |
| FIGURA 38..... | 94  |
| FIGURA 39..... | 94  |
| FIGURA 40..... | 95  |
| FIGURA 41..... | 113 |
| FIGURA 42..... | 114 |
| FIGURA 43..... | 115 |
| FIGURA 44..... | 117 |
| FIGURA 45..... | 118 |
| FIGURA 46..... | 119 |
| FIGURA 47..... | 120 |
| FIGURA 48..... | 121 |
| FIGURA 49..... | 122 |

#### ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

|   |     |
|---|-----|
| FOTOGRAFIA 1. Cámara rompe presión antigua.....                 | 111 |
| FOTOGRAFIA 2. Captación existente en el caserío Carahuasi.....  | 111 |
| FOTOGRAFIA 3. Toma de cotas en el caserío de Carahuasi.....     | 112 |
| FOTOGRAFIA 4. Reservorio existente en el caserío Carahuasi..... | 112 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |     |
|--|-----|
| CUADRO 1: ESTRUCTURAS DE DISEÑOS Y SU PERIODO EN AÑOS.....       | 32  |
| CUADRO 2: TIPO DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS SEGÚN SU REGION..... | 34  |
| CUADRO 3: DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....  | 58  |
| CUADRO 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....                            | 61  |
| CUADRO 5: TASA DE CRECIMIENTO 2007 – INEI.....                   | 62  |
| CUADRO 6: POBLACIÓN CENSADA 2007 – INEI.....                     | 63  |
| CUADRO 7: POBLACIÓN CENSADA – INEI (1981,1993 Y 2007).....       | 64  |
| CUADRO 8: CANTIDAD DE POBLACIÓN DEL CASERÍO.....                 | 66  |
| CUADRO 9: POBLACIÓN FUTURA.....                                  | 67  |
| CUADRO 10: CAUDALES DE LAS DOS CAPTACIONES.....                  | 74  |
| CUADRO 11: CAUDAL MÍNIMO, MAXIMO Y PROMEDIO.....                 | 75  |
| CUADRO 12: VELOCIDADES Y DIAMETROS DE LAS TUBERÍAS.....          | 97  |
| CUADRO 13: VELOCIDADES Y DIAMETROS DE LAS TUBERÍAS.....          | 98  |
| CUADRO 14: VELOCIDADES Y DIAMETROS DE LAS TUBERÍAS.....          | 99  |
| CUADRO 15: ELEVACIONES, DEMANDAS Y PRESIONES.....                | 100 |
| CUADRO 16: ELEVACIONES, DEMANDAS Y PRESIONES.....                | 101 |

## 1. INTRODUCCIÓN

Cada año la ciencia va cambiando y es que la Ingeniería tiene la variación, evolución e innovación en el desarrollo de la sociedad teniendo claro instrucciones tecnológicas y así alcanzar las necesidades humanas. El ser humano necesita de varios recursos naturales para vivir y uno de los principales es el agua que está relacionado, vinculado con la Ingeniería Hidráulica que básicamente requieren en las zonas urbanas y rurales.

Dentro de la Ingeniería Hidráulica como se comentó en el párrafo anterior, el agua potable es indispensable para el ser humano, pero lamentablemente en determinadas zonas no cuentan de manera correcta este recurso.

En dicha tesis el planteamiento del problema es **¿De qué modo el diseño hidráulico verdaderamente solucionara y favorecerá la falta de dicha red de distribución de agua potable en el caserío de Carahuasi para todos los habitantes en dicha zona rural?**

El objetivo general de este proyecto es:

1. Determinar y evaluar el diseño hidráulico de red de agua potable en el Caserío de Carahuasi, y así mejorar distribución de agua potable hacia las viviendas del caserío de Carahuasi y beneficiar a los habitantes del caserío con una deseable condición de agua potable para el consumo.

Los objetivos específicos son:

1. Diseñar hidráulicamente la captación 1 del caserío
2. Diseñar hidráulicamente el reservorio del caserío
3. Diseñar la distribución de agua potable a las viviendas del caserío de Carahuasi.

La investigación se justifica con el propósito de que dichos habitantes del caserío Carahuasi Distrito de Nanchoc, Provincia de San Miguel, Región de Cajamarca no cuentan con un diseño hidráulico de red de agua potable de modo que es una opción para que puedan distribuir por todo el caserío de manera correcta hacia sus viviendas. Esto es debido a que para obtener este recurso tienen que desplazarse por trayectos largos.

Se comunica directamente con la ciudad de Chiclayo en la provincia del mismo nombre y región Lambayeque, y la ciudad de Chepen, en la provincia del mismo nombre y región Libertad. A través de una trocha carrozable, con una longitud de 14 km, se logra ir a la ciudad de Nanchoc, hasta la red vial PE- 1NI, también conocida como la carretera Lagunas Oyotun.

Dando por finalizado la red de agua potable para el caserío de Carahuasi se diseñó empleando y manejando los *softwares Autocad y Watercad*. Este deseable diseño de red de agua potable beneficiará a los 448 habitantes de dicho caserío de Carahuasi.

## **2. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1. BASES TEÓRICAS**

<sup>(1)</sup> El actual diseño se rige de la norma: “R.M – 192 – 2018 – vivienda”.

“Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento” (Dirección de saneamiento) – (Norma técnica de diseño): “Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural” – Fecha: abril del 2018.

<sup>(1)</sup> Enfoque de la norma, el actual documento tiene como orientación en agrupar “las opciones tecnológicas de saneamiento” de manera correcta para así lograr conseguir la ayuda permanente y sustentable, de modo que su mantenimiento sea verificado por la comunidad. Esto se opta según pautas culturales, técnicas y económicas que avalen, aseguren su estabilidad y equilibrio.

Los objetivos de la norma, el Presente trata de concretar diseños concluyentes, teniendo en cuenta reglas, métodos a elección, las opciones tecnológicas de saneamiento para aplicar en proyecto de saneamiento en ámbito rural.

Se tiene Algunas definiciones o vocabulario dentro del diseño:

1. “Accesorio”: elemento de material que puede ser de plástico o metálico que posibilita que el líquido dentro de la tubería cambia a distintas direcciones. Tenemos como codos, bridas, yeas, tees u otros pero menos tuberías.

2. “Agua subálvea”: Se localiza cerca de la superficie del terreno, con poca profundidad y surge, aflora naturalmente y fácil extracción previamente por un perforamiento.
3. “Ámbito rural del Perú”: Grupos de centros poblados que no llegan más de dos mil (“2,000”) habitantes.
4. “Caudal máximo diario”: Consumo en el año del caudal de agua del día máximo.
5. “Caudal máximo horario”: Consumo en el año del Caudal de agua de la hora de máximo consumo en el día de máximo.
6. “Caudal promedio diario anual”: consumo promedio de un habitante durante un año del caudal de agua.
7. “Conexión domiciliaria”: Grupo de accesorios que va desde la red de distribución hasta la entrada de domicilio, local público, etc. Dando servicio de agua potable a cada vivienda.
8. “Diámetro interior”: Parte interior de la tubería mediante que consta de alguna medida.

9. “Fuente de abastecimiento”: Agua artificial o natural, utilizado para el suministro de uno o varios centros poblados, en el que puede ser de varios tipos: superficial, subterránea o pluvial.
10. “Pérdida por tramo - Hf”: Es la pérdida de carga unitaria por algún tramo de tubería.
11. “Período de diseño”: Es el tiempo que debe cumplir la infraestructura su función correctamente. Se precisara por normativas actuales por autoridades del sector.
12. “Periodo óptimo de diseño”: Tiempo en que el espacio, volumen de un elemento del sistema de agua potable abarque el requerimiento proyectado, minimizando costos y su mantenimiento.
13. “Población inicial”: Cantidad de habitantes actual en la representación del proyecto.
14. “Población de diseño”: Cantidad de habitantes que desea al término del diseño.
15. Vida útil: Es el tiempo en que dicha infraestructura realizada, logra que su correcto desempeño. <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Contiene ciertos tipos de criterios, ya analizada las circunstancias técnicas de dicha zona del proyecto, se toma la más correcta alternativa avanzada para un diseño de agua potable apto para el consumo humano, entre las pautas determinadas, tenemos:

A. “Tipo de fuente”

B. “Ubicación de la fuente”

C. “Nivel freático”

D. “Frecuencia e intensidad de lluvias”

E. “Disponibilidad de agua”

F. “Zona inundable”

G. “Calidad del agua”

Tener una buena, apropiada y correcta calidad del agua para el consumo, es decir que sea apto para el ser humano, es tener reglas en que las “aguas subterráneas” exijan una sencilla limpieza, desinfección y purificación. Un estudio debe estar considerado dentro el control de calidad de agua para un proyecto, viendo si deben ser o no apto para el consumo humano el agua potable.

### 1. Tipos de Fuente

Dentro de las fuentes de agua existen 3 tipos, para el consumo de las familias.

a. “De fuente superficial”

b. “De fuente subterránea”

c. “De Fuente Pluvial”

### 2. Ubicación de la Fuente

El diseño se determina dependiendo si es por bombeo o gravedad. Si se ubican la fuente de agua en la parte superior de la “cota” de dicho sitio o lugar, se elaborara por gravedad y si están en la parte inferior de la “cota” de dicho sitio o lugar se efectuara por bombeo. Este determina si el funcionamiento del sistema se debe realizar por gravedad o bombeo.

### 3. Nivel Freático

Captar el agua de manantiales es la napa que se encuentre más cerca a la superficie, pero si se encuentra en la parte baja se exigirá otras alternativas como pozos o galerías filtrantes. La alternativa tecnológica depende de la profundidad respecto: al nivel del suelo con nivel de agua subterránea, si es mayor a 4 m es de arrastre hidráulico y si es menor es tipo seca.

### 4. Frecuencia e Intensidad de Lluvias

Es la fuente pluvial, donde dicha localidad en los últimos 10 años muestra una inspección pluviométrica, permitiendo calcular la proporción de agua potable para el consumo.

### 5. Disponibilidad de Agua

Se hace mención al tipo de fuente ya sea subterránea, superficial o pluvial que ofrece, brinda la proporción de agua potable precisa para el consumo y servicios en vivienda.

### 6. Zona de Vivienda Inundable

Sitio vulnerable a ser inundada de manera duradera o tiempo restringido, lluvias fuerte o algún rebose natural. <sup>(1)</sup>

## **2.2. MARCO TEORICO**

### **2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

#### **A. <sup>(3)</sup> Patricio B. (ECUADOR 2016). “DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA AUGUSTO VALENCIA CANTÓN VINCES, PROVINCIA DE LOS RIOS, QUITO”.**

En nuestro país la falta de agua potable y saneamiento ambiental han sido hasta hoy una de las mayores necesidades en la población, y que han causado trastornos en la salud, el bienestar y el desarrollo, y además es motivo de descontento social, constituyendo un gran reto para los gobiernos nacional y seccionales venideros que deberán enfrentar y solucionar este problema.

Este es el caso de la localidad de Augusto Valencia que al momento se abastecen del agua perteneciente a la parroquia urbana de Vinges y que desde hace aproximadamente cuatro años atrás tienen cortes en el servicio y continuamente les llega sucia que a decir de los usuarios “el agua sale color de la tierra, parecida al chocolate, al jugo de tamarindo o negra”, y deben dejar las llaves abiertas hasta que el agua se aclare y mejore su calidad.

Tienen que comprar agua envasada para beber ya que la que les llega por las tuberías no es confiable, razón por la que los habitantes de este predio reclaman por un mejor servicio.

Tiene como objetivos generales y específicos, elaborar un estudio completo para el diseño del sistema de agua potable de la localidad de Augusto Valencia.

Establecer de manera aproximada el número de personas que serán atendidas con este nuevo sistema de agua potable.

Determinar la solución apropiada de abastecimiento de agua potable, para las condiciones predominantes en la zona de estudio.

**B. <sup>(4)</sup> Villagra A., Pereyra G., Molina D., Seron N., Goupillat C.**

**(ARGENTINA 2016). “ALGORITMOS EVOLUTIVOS HÍBRIDOS PARA EL DISEÑO Y OPERACIÓN EFICIENTE DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE”.**

Los Algoritmos Evolutivos (AEs) han sido ampliamente utilizados de forma exitosa en las últimas dos décadas para resolver diferentes problemas de redes distribución de agua. El problema de diseño de una red de distribución de agua (RDA) ha sido reconocido como un problema NPduro que no puede ser resuelto fácilmente usando técnicas matemáticas tradicionales. En esta línea de trabajo se utilizan dos algoritmos Evolutivos (Algoritmo Genético Celular – cGA- y Algoritmo CHC - Crossover elitism population, Half uniform crossover combination, Cataclysm mutation) no tan utilizados en la literatura para resolver este problema pero que han tenido resultados exitosos en distintos problemas de optimización.

Con estos algoritmos se intenta brindar soluciones al diseño de una red eficiente de distribución de agua potable para la localidad de Caleta Olivia. Actualmente, las redes de distribución de agua juegan un papel vital e importante en la vida de la sociedad. Estas redes se componen de tuberías, tanques, bombas, depósitos, válvulas y algunos otros componentes. Se pueden considerar diferentes configuraciones de estos componentes en relación con algunas restricciones para proporcionar agua a los consumidores. El objetivo

de un diseñador es minimizar el costo de la red y puede considerarse como un problema de optimización con diferentes aspectos tales como el costo de mantenimiento, diseño de la disposición, la fiabilidad, la selección del material, requerimientos de la demanda, entre otros.

Dentro de sus conclusiones tenemos que es determinar las presiones en los distintos puntos de la red troncal de distribución. Proponer el diseño óptimo de la red troncal a través de los algoritmos cga, chc y sus versiones híbridas. Simular la red de distribución propuesta para caleta Olivia.

**C. <sup>(5)</sup>Quevedo T. (Ecuador 2016). “DISEÑO DE LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA POBLACIÓN DE CUYUJA COMO PARTE DE LAS OBRAS DE COMPENSACIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO VICTORIA.”**

La salud, siempre ha sido una necesidad básica e indispensable para el desarrollo de cada individuo como tal, por lo que el acceso a los servicios básicos como solución a los diferentes problemas que afectan diariamente a una población ha llevado un gran esfuerzo. En el Ecuador, se presentan varias poblaciones con ausencia de algunos o todos los servicios básicos generando problemas sociales, lo que ha motivado dotar del servicio básico más primordial, el agua, para promover mejoramiento en la salud en poblaciones con menor infraestructura, aledañas, a las grandes ciudades. Sin embargo el dotar de agua cruda a una población no siempre ha sido el problema más grande, considerando que existen poblaciones que poseen plantas de

tratamiento de agua potable y que su funcionamiento tiene déficit, lo que nos vuelve al punto inicial, la ausencia de agua potable para consumo humano, ya sea por falta de recursos hídricos (agua cruda) o por falta del mantenimiento en sus plantas de tratamiento.

En el cantón Quijos, se presentan constantes lluvias a lo largo del año, lo que afecta constantemente a la población de Cuyuja, a sus instalaciones y obras de infraestructura; En la época de invierno que es entre los meses de abril a julio se presencian fuertes crecidas de ríos, fuertes lluvias provocando mayores daños en las diferentes poblaciones del sector (GAD MUNICIPAL DE QUIJOS, 2015). Las condiciones antes mencionadas han ocasionado que durante varios días en la población de Cuyuja no tuviera una buena calidad de agua para consumo humano debido a que el agua llegaba a las viviendas con alta turbiedad, presencia de lodo e insectos que muy difícilmente es removido por los procesos de tratamiento haciendo que los habitantes deban comprar agua embotellada para evitar problemas de salud. En tal virtud en los últimos años se había realizado el mejoramiento al sistema existente de agua potable lo que logro una mejora en la calidad de agua pero no en cumplir con el abastecimiento permanente de agua a los pobladores ni con la infraestructura adecuada para imprevistos que se puedan presentar; lo que ha llevado a que se sigan planificando maneras de mejoramiento del sistema de agua potable por diferentes entidades competentes a la población de Cuyuja.

Objetivo general tiene diseñar las obras de mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable de Cuyuja, mediante la evaluación del sistema existente garantizando el suministro de agua potable.

Objetivos específicos tiene describir la información general del área de influencia del proyecto Victoria del sistema de agua potable de Cuyuja. Evaluar el sistema existente de agua potable de la población de Cuyuja incluyendo la simulación hidráulica de la red de distribución existente para la identificación de los principales problemas.

Con esta investigación llegamos a las conclusiones del funcionamiento actual del sistema de agua potable de la población Cuyuja ha indicado varios parámetros por los cuales los habitantes no reciben el servicio de agua potable constantemente y aun el servicio recibido no es de la calidad esperada para consumo; los problemas presentados son los siguientes: falta de obra de infraestructura para las fuentes de captación de agua cruda, no brindar un mantenimiento constante a los filtros en la planta de tratamiento, no tener micro medidores en la red domiciliaria, no tener un macro medidor a la salida de la planta de tratamiento. Es importante el empleo de la nueva fuente de captación de agua cruda debido que la fuentes A, B y C no son capaces de abastecer el caudal necesario sobretodo en épocas lluviosas, por lo que la principal fuente de abastecimiento será tomada del tanque de carga del proyecto hidroeléctrico Victoria, lo que viene a ser una respuesta a la necesidad actual de la población que hoy en día pasa por varios problemas por falta del servicio referente a cantidad y calidad del agua potable necesario para el bienestar de la misma. Con la construcción de la nueva línea de conducción de agua cruda de 1700 metros aproximadamente a la planta de tratamiento de agua potable, se logrará abastecer del agua necesaria a la planta permitiendo tener la cantidad necesaria para dotar a la población, para lo cual

se abastecerá de 1.87 lt/s con un diámetro de 63mm requeridos por la población.

### **2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

**A. <sup>(6)</sup> Doroteo F. (LIMA 2014). “DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, CONEXIONES DOMICILIARIAS Y ALCANTARILLADO DEL ASENTAMIENTO HUMANO “LOS POLLITOS” – ICA, USANDO LOS PROGRAMAS WATERCAD Y SEWERCAD”.**

Este trabajo corresponde al diseño de las redes de agua potable y alcantarillado para el “Diseño del Sistema de Agua Potable, Conexiones Domiciliarias y Alcantarillado del Asentamiento Humano “Los Pollitos” – Ica, usando los programas Watercad y Sewercad” para solucionar el déficit actual de abastecimiento de agua y recolección de aguas residuales.

Actualmente en el Perú, existen más de 2.64 millones de habitantes en las zonas rurales que no cuentan con acceso a agua potable y 5.11 millones carecen de un adecuado sistema de saneamiento y de eliminación de aguas residuales. Cabe resaltar que solo el 12 % de habitantes que cuentan con estas instalaciones las tienen en buen estado.<sup>2</sup> Según el Instituto de Estadísticas e Informática (INEI) las condiciones explicadas en el párrafo anterior, inciden en el indicador de mortalidad infantil de las zonas rurales. Este índice tiene un promedio nacional de 47% de infantes nacidos vivos, de los cuales el 4.23% fallece por enfermedades gastrointestinales. Además de la mortalidad infantil, la carencia de servicios de agua y saneamiento también influye en la elevada

presencia de enfermedades gastrointestinales en niños menores a cinco años, en la pérdida de horas hombre laborales y la disminución de la productividad por enfermedades.

El objetivo de este trabajo consiste en el diseño del sistema de agua potable, conexiones domiciliarias y alcantarillado con la finalidad de mejorar estos servicios en el Asentamiento Humano “Los Pollitos” de la ciudad de Ica, que conllevará a obtener una baja incidencia de enfermedades infectocontagiosas de la población del A.A.H.H. “Los Pollitos”.

Los objetivos específicos son la determinación del periodo de diseño y cálculo de la población futura para el diseño de la red de agua potable y alcantarillado del Asentamiento Humano “Los Pollitos”. Cálculo de la dotación de agua, consumo promedio diario anual, consumo máximo diario y consumo máximo horario para el diseño de la red de agua potable y alcantarillado del Asentamiento Humano “Los Pollitos”.

Determinación de los parámetros específicos de la red de agua potable y alcantarillado para el diseño de estas redes.

Diseño de la red de agua potable y alcantarillado, de forma detallada, utilizando los softwares WATERCAD y SEWERCAD respectivamente.

Las conclusiones de acuerdo a la Norma OS.050 la presión estática en cualquier punto de la red no deberá ser mayor de 50 m H<sub>2</sub>O; por lo tanto, al revisar la presión máxima que posee el sistema (ver Tabla 11) se concluye que el diseño cumple la normativa vigente al presentar una presión máxima de 24.90 m H<sub>2</sub>O.

De acuerdo a la Norma OS.050, en condiciones de demanda máxima horaria, la mínima presión no será menor de 10 m H<sub>2</sub>O; por lo tanto, al revisar la presión mínima que posee el sistema (ver Tabla 13) se concluye que el diseño cumple la normativa vigente al presentar una presión mínima de 17.10 m H<sub>2</sub>O.

De acuerdo a la Norma OS.050 la velocidad máxima en la red de agua potable deberá ser de 3 m/s; por lo tanto, al revisar los valores obtenidos (Tabla 14) se concluye que el diseño cumple con la normativa vigente dado que la velocidad máxima es de 3.17 m/s lo que indica que la diferencia entre lo estipulado por la norma y el valor obtenido es mínima y se acepta como velocidad máxima.

De acuerdo al Reglamento de Elaboración de Proyectos Condominiales de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas y Periurbanas de Lima y Callao, emitido por SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima), en el cual se estipula que: “Las velocidades de flujo recomendadas en la tubería principal y ramales de agua potable serán en lo posible no menores de 0.60 m/s”; las velocidades que se obtienen al realizar la segunda iteración de la red de agua potable y que se encuentren por debajo del valor recomendado serán aceptadas como parte del diseño dado que lo indicado por SEDAPAL no es de carácter restrictivo con respecto a las velocidades menores al valor de 0.60 m/s.

**B. <sup>(7)</sup> Muñoz C. (HUARAZ 2017). “DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE LUCMA, DISTRITO DE TARICA, PROVINCIA DE HUARAZ”.**

La presente tesis denominada “diseño de la red de agua potable del caserío de lucma, distrito de taricá, provincia de Huaraz, 2017” es el resultado de un trabajo investigativo que se centra en solucionar una problemática de deficiencia en el abastecimiento de agua potable, producto del mal funcionamiento de las redes de distribución en el caserío de Lucma. En el primer capítulo se muestra la introducción de este trabajo, la cual contiene la realidad problemática, los antecedentes y teorías que en marcan la investigación, así como también la formulación del problema, justificación del estudio, hipótesis y los objetivos que muestran el rumbo del desarrollo. En el segundo capítulo se establece la parte metodológica de la investigación, en la cual contiene el diseño, variables y operacionalización; así como también la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, los métodos de análisis de datos y los aspectos éticos.

Los objetivos desarrollados fueron: Realizar trabajo de campo para obtener datos de diseño, identificar la problemática existente en la red de agua potable del caserío de Lucma, desarrollar dos alternativas de análisis de diseño de la red de agua potable del caserío de Lucma, determinar la alternativa de análisis más eficiente para la solución de la problemática existente.

Sus conclusiones son: el diseño de la red de agua potable del caserío de Lucma, se realizó de manera satisfactoria, la cual tuvo por finalidad la solución de los problemas de la red de distribución de agua potable con

respecto al suministro de manera eficiente, la realización del trabajo de campo en el lugar de estudio permitió recopilar los datos necesarios para el estudio y diseño posteriores, formando parte de esto el levantamiento topográfico y la encuesta para determinar la información necesaria por parte de los pobladores de Lucma, se estudió la problemática en lo que respecta a la red de distribución de agua potable en el caserío de Lucma a partir del análisis del cuestionario de la encuesta, en la cual a partir las respuestas obtenidas por parte de los pobladores se pudo determinar la mala situación del servicio de distribución de agua potable y el descontento de aquellos y por último se realizó el diseño de la red de agua potable de Lucma mediante los dos métodos de análisis: con un solo reservorio y sectorizado; ambos en base a los datos recopilados del lugar de estudio, pudiendo al final constatar los resultados de ambos métodos y compararlos; siendo dichos valores mostrados en la discusión de la investigación.

**C. <sup>(8)</sup> Guevara B. (SAN MARTIN 2018). “DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA EN LA LOCALIDAD DE HUAÑIPO-SAN ANTONIO, PICOTA, SAN MARTÍN”.**

El presente desarrollo de investigación fue de tipo descriptivo-aplicativo con el fin de resolver un problema social, cuyo objetivo principal fue dotar de agua y alcantarillado a 301 familias de las localidades de Huañipo y San Antonio; con la visión de evitar enfermedades que afecten a la salud de todos los pobladores de la localidad de Huañipo. Se ejecutó el levantamiento

topográfico, el estudio de suelos y cálculos hidrológicos. El presente proyecto se origina por la necesidad urgente de la población de contar con abastecimiento de agua potable continuo, debido a la ineficiencia del servicio de agua potable y a la inexistencia del servicio de alcantarillado en las localidades de Huañipo y San Antonio. Como consecuencia de ello existe la presencia de enfermedades infectocontagiosas, se hace necesario darle solución al problema identificado a fin de satisfacer las necesidades básicas de la población de dichas zonas.

Como objetivo general tiene diseñar el sistema de agua potable para mejorar la calidad de vida en la localidad de Huañipo-San Antonio, Picota, San Martín. 1.7.2 y como objetivos específicos tiene como realizar el estudio topográfico de la zona de estudio, determinar el estudio de mecánica de suelos mediante calicatas a cielo abierto y determinar el cálculo hidráulico obtenido a partir de los datos obtenidos.

Como resultados según el estudio topográfico, se concluye diciendo que nos, permitirán reflejar la topografía, morfología y geografía del terreno actual del Mejoramiento del Sistema de Agua Potable e Instalación del Servicio de alcantarillado en la Localidad de Huañipo y San Antonio. Estos puntos son tomados de manera representativa, experiencia del profesional encargado y del topógrafo asignado. Estos puntos deberán reflejar los puntos de inflexión del terreno y/o cambios de pendiente del terreno. Gracias a este levantamiento topográfico se concluye que se tendrá 10 nm de diseño del sistema de agua potable 5.2. Según el estudio de mecánica de suelos, los tipos de suelos encontrados en los estudios de suelos de la localidad de Huañipo son: CL,

GM, SM, CL-ML, CH, ML, SC- SM. Para el diseño: se revisó la Norma OS 010 captación y conducción de agua para el consumo humano (RNE). 5.3. Según el cálculo hidráulico, el planteamiento del sistema de agua potable presenta una alternativa funcional y eficiente. La fuente de abastecimiento a utilizarse en forma directa o con obras de regulación, deberá asegurar el caudal máximo diario para el período de diseño. La calidad del agua de la fuente, deberá satisfacer los requisitos establecidos en la Legislación vigente en el País. Y con respecto al cálculo hidráulico se obtuvo lo siguiente: La captación del sistema de agua potable se está programando el mejoramiento de su infraestructura, como cámara de toma, válvulas. Y un reservorio de 90 m<sup>3</sup> en la localidad de Huañipo y de 25 m<sup>3</sup> en la localidad de San Antonio. Se tendrá en cuenta el alcantarillado en base a una red de tuberías denominadas: Sistema de evacuación por redes tipo convencional conformadas por un conjunto de tuberías conectadas entre sí, que trabajan por gravedad como si fuesen canales con tratamiento por tanques Imhoff.

### **2.2.3. ANTECEDENTES LOCALES**

**A. <sup>(9)</sup> Silva C. (CAJAMARCA 2018). “DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y UNIDADES DE SANEAMIENTO BÁSICO EN EL CASERÍO CHUGURSILLO, CENTRO POBLADO LLAUCÁN, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC - CAJAMARCA”**

Los proyectos de agua potable y saneamiento son de carácter primordial para los gobiernos locales, regionales y nacionales, en tal sentido se plantea el

presente proyecto, diseñar un sistema de agua potable y unidades de saneamiento básico en el caserío Chugursillo, con la finalidad de que los pobladores cuenten con mejores condiciones en los servicios de agua potable y saneamiento, que mejoren su calidad de vida.

El tipo de suelo es arena arcillosa. El estudio de agua cumple con los parámetros establecidos con la norma vigente. El tipo de investigación es no experimental-transversal.

El caserío “Chugursillo”, está ubicado en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, región Cajamarca, el mismo que mantiene relaciones, administrativas, comerciales, de educación y salud, por la mayor accesibilidad geográfica con el Centro Poblado Llaucán del distrito de Bambamarca. Para llegar a este lugar se tiene que viajar aproximadamente media hora desde la ciudad de Bambamarca hasta el Centro Poblado Llaucán, luego se camina 10 minutos hasta el caserío de Chugursillo. Las principales actividades económicas de la población son la agricultura realizada mayormente al seco, debido a que no cuentan con sistemas de riego, por lo cual no es una agricultura intensiva, porque la producción solamente sirve para el auto sustento, en ganadería se dedican a la crianza de ganado vacuno en menor escala y la crianza de animales menores, debido a que el lugar es muy accidentado y hay pocos lugares de pastoreo. Entre otras actividades económicas la gente se dedica a la artesanía individual o familiar, lo cual es poco rentable, debido a carecer de asesoramiento técnico para mejorar sus productos y buscar mejores mercados. Lo descrito refleja una realidad de pobreza, evidenciada en la baja calidad de vida de esta población, situación

agravada por la carencia de servicios básicos, tales como el agua potable y unidades de saneamiento básico, por lo que mucha de esta gente se ve obligada a acudir a fuentes naturales de agua, como son algunos manantiales, que existen en lugares alejados a sus domicilios, e incluso a ríos; lo cual por ser agua que no recibe ningún tipo de desinfección, ni de protección, no es segura para el consumo humano; debido a esto, es característico de esta población la parasitosis, anemia y desnutrición crónica infantil y otras enfermedades como diarreas y afecciones de la piel.

Objetivo principal Determinar los criterios técnicos para el diseño del sistema de agua potable y unidades de saneamiento básico en el Caserío Chugursillo, centro poblado de Ilaucan, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc – Cajamarca. Objetos específicos, realizar el levantamiento topográfico, realizar el estudio de suelos (EMS), diseñar la red de agua potable, diseñar las Unidades de Saneamiento básico (UBS), realizar la evaluación de impacto ambiental y realizar el presupuesto del proyecto.

**B. <sup>(10)</sup> Cusquisibán R. (SAN MIGUEL 2013). "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL DISTRITO EL PRADO, PROVINCIA DE SAN MIGUEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA".**

El agua y el saneamiento son uno de los principales motores de la salud pública. Refiriéndome a ellos como «Salud 101»; lo que significa que en cuanto se pueda garantizar el acceso al agua salubre y a instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de sus

condiciones de vida, se habrá ganado una importante batalla contra todo tipo de enfermedades.

El presente proyecto está orientado a mejorar y ampliar el servicio de agua potable y alcantarillado para la población del Distrito El Prado, Provincia de San Miguel y Departamento de Cajamarca.

Como objetivo general se plantea realizar el estudio del proyecto mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito el prado, provincia de san miguel, departamento de Cajamarca.

Y como objetivos específicos diagnosticar el estado actual del sistema de agua potable y alcantarillado en la zona de estudio, proponer una mejora en el diseño de las diversas estructuras del sistema de agua potable y alcantarillado que se encuentran en mal estado, ampliar la cobertura del sistema de agua y alcantarillado en la localidad y realizar la ingeniería de costos y programación de obra del proyecto.

Como término se determinó que se realizó el estudio y elaboración del documento técnico del proyecto "mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado del distrito el prado, provincia de san miguel, departamento de Cajamarca", el cual luego de su ejecución brindará mejores servicios básicos de saneamiento a la población beneficiada.

Se realizó el diagnóstico del estado actual del sistema de agua potable y alcantarillado de la zona en estudio.

Se propuso el mejoramiento de diversas estructuras del sistema de agua potable y alcantarillado que se encuentran en mal estado; calculando y

diseñando cada una de ellas de acuerdo a diversas bibliografías, normas y reglamentos vigentes en nuestro país.

Se amplió la cobertura del sistema de agua y alcantarillado del Distrito El Prado, la cual beneficiará a una población final de 634 habitantes en un periodo de diseño de 20 años la cual finaliza en el año 2033.

Se realizó la ingeniería de costos del proyecto, cuyo presupuesto asciende a la suma de S/. 2, 188,08/.68 (Dos millones ciento ochenta y ocho mil ochenta y siete con 68/100 nuevos soles); así mismo se programó dicho proyecto con una duración de ejecución de las obras de 120 días calendarios.

**C. <sup>(11)</sup> Pretel C. (CAJAMARCA 2018). “DISEÑO DEL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y LETRINAS CON ARRASTRE HIDRÁULICO DE LOS ANEXOS LAS CONTOYAS, EL CABUYAL Y PEÑA GRANDE DEL CASERÍO LOS HIGOS - DISTRITO DE SANTA CRUZ DE TOLED - CONTUMAZÁ – CAJAMARCA.”**

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar los criterios técnicos para el diseño del mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y letrinas con arrastre hidráulico, utilizando las normas de saneamiento del Reglamento Nacional de Edificaciones, para los anexos de Las Contoyas, El Cabuyal y Peña Grande, caserío de Los Higos, Santa Cruz de Toledo – Contumaza – Cajamarca. La población beneficiaria actualmente es de 30 familias, con 150 habitantes, la cual fue recolectada por

empadronamiento, el diseño de investigación es descriptivo simple, la técnica de recolección de datos fue la observación, los instrumentos utilizados para procesar la información fueron, equipos de topografía, equipos de mecánica de suelos y softwares de ingeniería.

Los Anexos Las Contoyas, El cabuyal y Peña grande del caserío Los Higos, distrito de Santa Cruz de Toled – Contumazá - Cajamarca, cuentan con un sistema de agua potable en malas condiciones y solo tienen el servicio por algunos días, ya que tiene más de 20 años de antigüedad, por tal motivo los pobladores tienen la necesidad de acudir a pequeños manantiales y quebradas accidentadas para poder abastecerse del recurso, ya que el agua solo llega periódicamente, viéndose obligados a utilizar agua sin ningún tipo de tratamiento y expuesta a la contaminación del ambiente, causando molestias y enfermedades gastrointestinales y de la piel, no obstante también los pobladores para hacer sus necesidades básicas cuentan con letrinas de pozo ciego y algunas de hoyo seco ventilado hechas artesanalmente con materiales de la zona y en algunos casos los pobladores al no contar con un sistema de eliminación de excretas adecuado hacen sus necesidades a campo abierto, causando de esta manera contaminación mayormente en los infantes y personas mayores.

Objetivo general Determinar los criterios técnicos para el diseño del mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y letrinas con arrastre hidráulico, utilizando las normas de saneamiento del Reglamento Nacional de Edificaciones. Objetivos específicos: Realizar el levantamiento topográfico,

ejecutar el estudio de mecánica de suelos, diseñar el sistema de agua potable, realizar el diseño de letrinas con arrastre hidráulico, elaborar el estudio de impacto ambiental con el fin de evaluar posibles daños en el área de estudio del proyecto y realizar el análisis de costos y presupuestos.

Sus conclusiones son Con la ejecución del levantamiento topográfico se ha logrado determinar que el terreno en estudio, presenta pendientes generalmente onduladas (10 – 50 %), hasta partes accidentadas y escarpadas.

Según clasificación SUCS, como terreno natural, los suelos de las calicatas ensayadas correspondientes a la zona en estudio son generalmente limos y arcillas, la C-2 presentó limos inorgánicos con arena fina (MH), el resto de las 07 calicatas fueron arcillas ligeras arenosas (CL).

## **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.3.1. INFORMACIÓN DE CAMPO**

Información social

#### **1. Población <sup>(13)</sup>**

Factor que indica las personas que requerirán de agua potable en el pueblo o caserío, con los datos obtenidos por el INEI. Fuente de los años 1981, 1993 y 2007 censados, con dichos datos nos proyectamos al año 2019.

## 2. Actividades económicas

La ocupación o trabajo es una parte importante dentro del poblado como es la agricultura y la ganadería son las actividades de trabajo que más predominan en el caserío de Carahuasi, en la agricultura se dedican básicamente a los cultivos como maíz de manera artesanal llegando, seguido por el comercio de productos que son de primera necesidad para los habitantes y otros. Los pobladores que se desarrollan económicamente se dan entre 15 y 44 años de edad del caserío Carahuasi seguido con por edades menos activas entre 45 y 65 años de edad.

### **2.3.2. INFORMACIÓN TÉCNICA**

#### 1. Consumo actual – fuente de agua

Las poblaciones rurales en nuestro país su consumo de agua es obtenido de arroyos, manantiales, quebradas, ríos, etc. Que no atesoran un deseable proceso dando una preocupación por una posible infección o contaminación que podrían generar distintas enfermedades, etc. En épocas de sequía se les genera a los pobladores una problemática en el traslado de fuente de agua ya que este recurso de agua potable no está cerca y a su disposición. La contaminación del agua que es fuente de los pobladores, generan enfermedades respiratorias, la piel y gastrointestinales, de este modo sería necesaria y útil analizar muestras para una investigación que permitan cambiar este problema con el diseño de un proyecto de agua potable.

## 2. Condiciones Climáticas<sup>(12)</sup>

La temporada calurosa dura 3,0 meses, del 10 de enero al 11 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 31 °C. El día más caluroso del año es el 1 de marzo, con una temperatura máxima promedio de 32 °C y una temperatura mínima promedio de 21 °C.

La temporada fresca dura 4,8 meses, del 8 de junio al 1 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 29 °C. El día más frío del año es el 26 de julio, con una temperatura mínima promedio de 17 °C y máxima promedio de 28 °C.

El promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año.

La parte más despejada del año en distrito Nanchoc, caserío Carahuasi comienza aproximadamente el 29 de abril; dura 5,2 meses y se termina aproximadamente el 3 de octubre. El 30 de julio, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 71 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 29 % del tiempo.

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en distrito Nanchoc, caserío Carahuasi varía durante el año.

La temporada más mojada dura 4,4 meses, de 14 de diciembre a 26 de abril, con una probabilidad de más del 10 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 20 % el 28 de marzo.

La temporada más seca dura 7,6 meses, del 26 de abril al 14 de diciembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 0 % el 18 de julio.

La temporada de lluvia dura 4,5 meses, del 20 de diciembre al 2 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 23 de marzo, con una acumulación total promedio de 26 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 7,5 meses, del 2 de mayo al 20 de diciembre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 20 de julio, con una acumulación total promedio de 0 milímetros.

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo.

El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en distrito Nanchoc, caserío Carahuasi no varía considerablemente durante el año y permanece en un margen de más o menos 0,5 kilómetros por hora de 8,7 kilómetros por hora.

### 3. Topografía

<sup>(12)</sup> Los límites de la zona del distrito de Nanchoc, caserío Carahuasi son: Norte está el distrito Niepos y Oyotún, Por el Sur el distrito de San Gregorio, por el Este el distrito de Bolivar, y por Oeste el distrito de Nueva Arica.

La topografía en un radio de 3 kilómetros de Nanchoc tiene variaciones muy grandes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 577 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 475 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones muy grandes de altitud (3.165 metros). En un radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (4.175 metros).

El área en un radio de 3 kilómetros de Nanchoc está cubierta de arbustos (38 %), tierra de cultivo (22 %), vegetación escasa (17 %) y pradera (11 %), en un radio de 16 kilómetros de arbustos (30 %) y vegetación escasa (26 %) y en un radio de 80 kilómetros de arbustos (27 %) y vegetación escasa (16 %).

### **2.3.3. INFORMACIÓN ADICIONAL.**

#### **1. <sup>(1)</sup> Pautas para un diseño de agua potable.**

##### **A. Parámetros – Diseño**

El periodo de Diseño tiene etapas de diseño se fija teniendo en cuenta estos elementos:

- . Su “vida útil” de los equipos y estructuras.
  
- . La infraestructura sanitaria, su “vulnerabilidad”.
  
- . El “crecimiento poblacional”.
  
- . La “economía de escala”.

La fecha de inicio de selección de información y proyecto se estima como valor cero. El diseño de periodo máximo para el diseño de poblaciones rurales es:

**Cuadro 1.** Estructuras de diseño y su periodo en años.

| <b>Estructuras de diseño</b>                          | <b>Periodo de diseño</b> |
|---|--------------------------|
| Fuente de abastecimiento                              | 20 años                  |
| Pozos   | 20 años                  |
| Obras de captación de agua                            | 20 años                  |
| Planta de tratamiento de agua potable                 | 20 años                  |
| Línea de conducción                                   | 20 años                  |
| Línea de aducción                                     | 20 años                  |
| Línea de impulsión                                    | 20 años                  |
| Redes de distribución                                 | 20 años                  |
| Reservorio  | 20 años                  |
| Estación y equipos de bombeo                          | 20 años                  |
| Unidad básica de saneamiento<br>“arrastre hidráulico” | 10 años                  |
| Unidad básica de saneamiento “hoyo<br>seco ventilado” | 5 años                   |

Nota. Fuente: “R.M n° 192 – 2018”.<sup>(1)</sup>

**B. <sup>(1)</sup> Población de Diseño futura**

La población de diseño futura se calcula, aplicando el método “aritmético”, que es la siguiente fórmula:

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

Donde:

“Pi”, es la población inicial.

“Pd”, es la población de diseño futura.

“r”, es la tasa de crecimiento anual, dada en porcentaje.

“t”, es el período de diseño en años.

Se indica que:

La tasa de crecimiento anual se comprende en los períodos intercensales, del sitio determinado.

Si no se da estos periodos, se elige la tasa de otra población rural con particularidades semejantes o se decide a escoger la tasa de crecimiento distrital.

Si se mostrara un valor negativo, se toma una población de diseño semejante actual, sino gestionar o requerir una ayuda del INEI.

### C. <sup>(1)</sup> Dotación

Por alternativa tecnológica y región (litros/habitantes diario).

**Cuadro 2.** Tipos de alternativas tecnológicas según su región.

|        | Tipo de alternativa tecnológica (l/hab/d) |                         |
|--------|---|-------------------------|
| Región | Sin arrastre hidráulico                   | Con arrastre hidráulico |
| Costa  | 60  | 90                      |
| Sierra | 50  | 80                      |
| Selva  | 70  | 100                     |

Nota. Fuente: “R.M n° 192 – 2018”. <sup>(1)</sup>

### D. <sup>(1)</sup> Variaciones de Consumo

#### 1. Consumo Máximo Diario - Q.m.d

Se debe considerar un valor de 1,3 del consumo promedio diario anual, Q.p de tal modo:

$$Q.p = \frac{dot. \times P.d}{86400}$$

$$Q.m.d = 1,3 \times Q.p$$

Donde:

“Qp”: El caudal promedio diario anual en litros/segundos

“Qmd”: El caudal máximo diario en litros/segundos

“Dot”: Es la dotación en litros/habiantes.diario

“Pd”: Es la población de diseño en habitantes (habitantes)

## 2. Consumo Máximo Horario - Q.m.h

El consumo promedio diario se considera un valor de 2,0 anual, Q.p de tal modo:

$$Q.p = \frac{Dot. \times P.d}{86400}$$

$$Q.m.h = 2 \times Q.p$$

Donde:

“Q.p”: El caudal promedio diario anual en litros/segundos

“Q.m.h”: El caudal máximo horario en litros/segundos

“Dot.”: Es la dotación en litros/habitantes.diarios

“P.d”: Es la población de diseño en habitantes (habitantes)

## **2. Tipos de Fuente de Agua <sup>(2)</sup>**

### 2.1. Aguas de lluvia.

La captación de agua de lluvia se emplea en aquellos casos en los que no es posible obtener aguas superficiales ni subterráneas y que sea de una calidad adecuada. Es por esto se emplean en la parte superior de las viviendas, casas para lograr obtener, captar agua de lluvia y que se conduzca por medio de un diseño y que su extensión o volumen dependa del diseño pluviométrico.

### 2.2. Aguas superficiales.

Dichas aguas superficiales están establecidas por lago, arroyos, ríos, quebradas, etc. Estas aguas fluyen en las partes superficiales de los terrenos de la naturaleza. En zonas habitadas o por el mismo pastoreo animal que se dan en zonas rurales y es por esto que en realidad no son fuentes de tan buena calidad pero y siendo de mucha importancia no se tendría de otra opción de fuente de agua en dicha población, es por eso se debe tener un análisis del estado de la fuente para tener en cuenta su calidad.

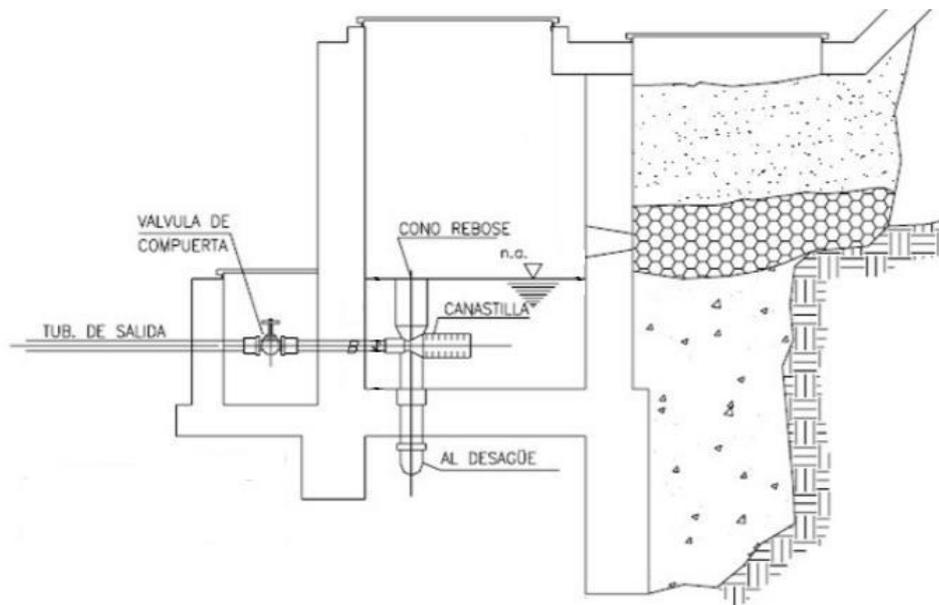
### 2.3. Aguas subterráneas.

En Suelo hasta la zona de saturación se infiltra en la cuenca la precipitación dando como resultado las aguas subterráneas. La formación geológica del acuífero y características hidrológicas supeditara de su obtención y explotación. Estas aguas se efectúan mediante manantiales, pozos y galerías filtrantes como se mencionó anteriormente.

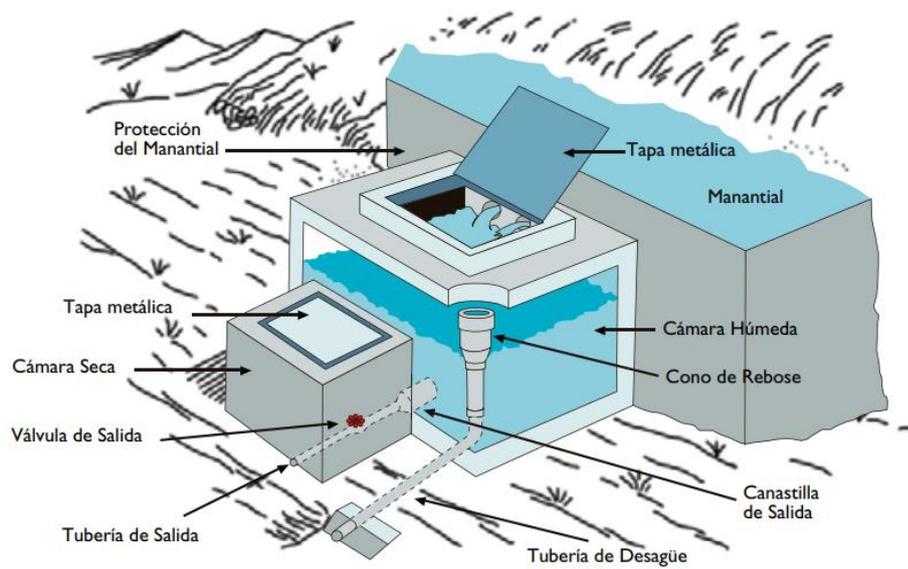
### 3. Manantial <sup>(2)</sup>

Un manantial quiere decir un afloramiento de forma natural de agua subterránea en un lugar en específico. Esta agua fluye mediante la creación de estratos con arena, rocas fisuradas, gravas. En algunos lugares la creación de estratos es impermeable y detienen el escurrimiento del agua y hace que aflore hacia la parte superior del terreno.

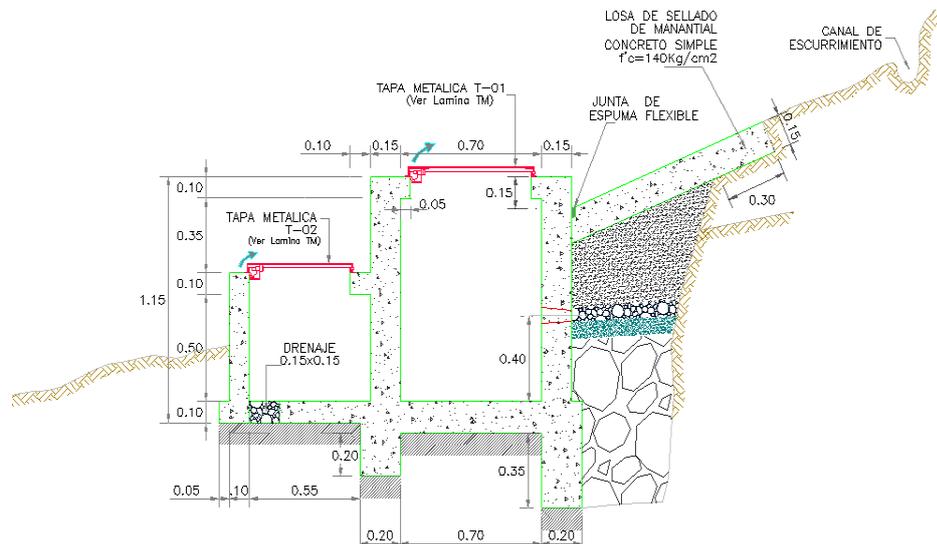
El agua del manantial es pura y, por lo general, se la puede usar sin tratamiento, a condición de que el manantial este adecuadamente protegido con una estructura que impida la contaminación del agua. Se debe asegurar que el agua provenga realmente de un acuífero y que no se trate de agua de un arroyo que se ha sumergido a corta distancia.



**FIGURA 1.** Dibujo tipo sección corte de una captación manantial ladera. Fuente: “R.M n° 192 – 2018”. <sup>(1)</sup>



**FIGURA 2.** Dibujo de captación manantial ladera. Fuente: manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural<sup>(18)</sup>



**FIGURA 3.** Dibujo tipo sección corte, captación manantial ladera. Fuente: elaboración propia en AutoCAD.

#### **4. Opción Tecnológica**

<sup>(1)</sup> Teniendo en cuenta la selección de pautas en “tipos de criterios”. Se ha reconocido 07 opciones para un diseño de agua potable, de cualquier tipo de fuentes. 03 son por sistema de gravedad, por sistema por bombeo 03 y por sistema pluvial 01.

##### 4.1.Sistema por Gravedad

###### a. Con Tratamiento

. Primero “captación por gravedad”, segundo “línea de conducción”, tercero “planta de tratamiento de agua potable”, cuarto “reservorio”, quinto “desinfección”, sexto “línea de aducción”, séptimo “red de distribución”.

###### b. Sin Tratamiento

. Primero “captación de manantial” (ladera o fondo), segundo “línea de conducción”, tercero “reservorio”, cuarto “desinfección”, quinto “línea de aducción”, sexto “red de distribución”.

. Primero “Captación” (galería filtrante, pozo profundo, pozo manual), segundo “estación de bombeo”, tercero “reservorio”, cuarto “desinfección”, quinto “línea de aducción”, sexto “red de distribución”.

## 4.2.Sistema por Bombeo

### a. Con Tratamiento

. Primero “captación por bombeo”, segundo “línea de impulsión”, tercero “planta de tratamiento de agua potable”, cuarto “reservorio”, quinto “desinfección”, sexto “línea de aducción”, séptimo “red de distribución”.

### b. Sin Tratamiento

. Primero “captación de manantial (ladera o fondo)”, segundo “estación de bombeo”, tercero “línea de impulsión”, cuarto “reservorio”, quinto “desinfección”, sexto “línea de aducción”, séptimo “red de distribución”.

. Primero “captación (galería filtrante, pozo profundo, pozo manual)”, segundo “estación de bombeo”, tercero “línea de impulsión”, cuarto “reservorio”, quinto “desinfección”, sexto “línea de aducción”, séptimo “red de distribución (PEAD)”.

## 5. Sistema Pluvial

Primero “Captación de lluvia en techo”, segundo “reservorio”, tercero “desinfección”.

#### **2.3.4. LÍNEA DE CONDUCCIÓN<sup>(2)</sup>**

Dentro del diseño - agua potable esta la línea de conducción dado por un sistema gravedad comprende un grupo de accesorios, válvulas, tuberías y estructuras que dentro de ellas están también las obras de artes que llevan el flujo (agua) desde el inicio (la captación) hasta el reservorio, utilizando la (carga estática) que existe. El material de la tubería tiene una resistencia física y que la presión debe ser igual o menor. Lo que hace que escojamos un diámetro de tubería mínimo ya que se desea utilizar al máximo la energía que se dispone para la conducción del gasto ansiado.

Lo normal la instalación de tubería va sobre el perfil del terreno pero en casos fortuitos por zonas deterioradas, rocos, quebradas, etc. Es por ello que se necesitaran de estructuras especiales. Estas estructuras para un mejor diseño se instalaran cámaras rompe presión, válvulas de purga, válvulas de aire, pases aéreos, que más adelante hablaremos.

Caudales – diseño.<sup>(1)</sup>

El caudal máximo diario (Q.m.d) como mínimo la línea de conducción deberá conducir, y para caudal máximo horario (Q.m.h) se da cuando la fuente es discontinua.

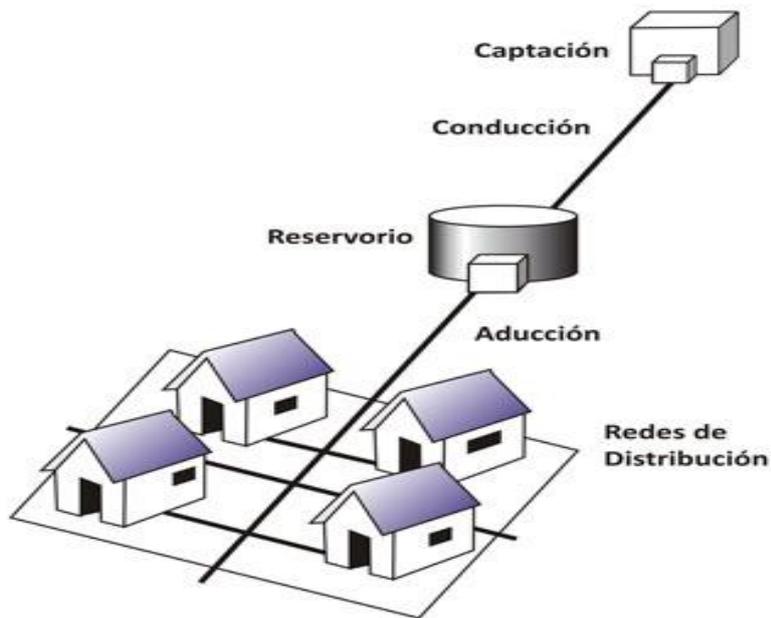
El caudal máximo horario (Q.m.h) como mínimo la línea de aducción deberá conducir.

Velocidades – admisibles.

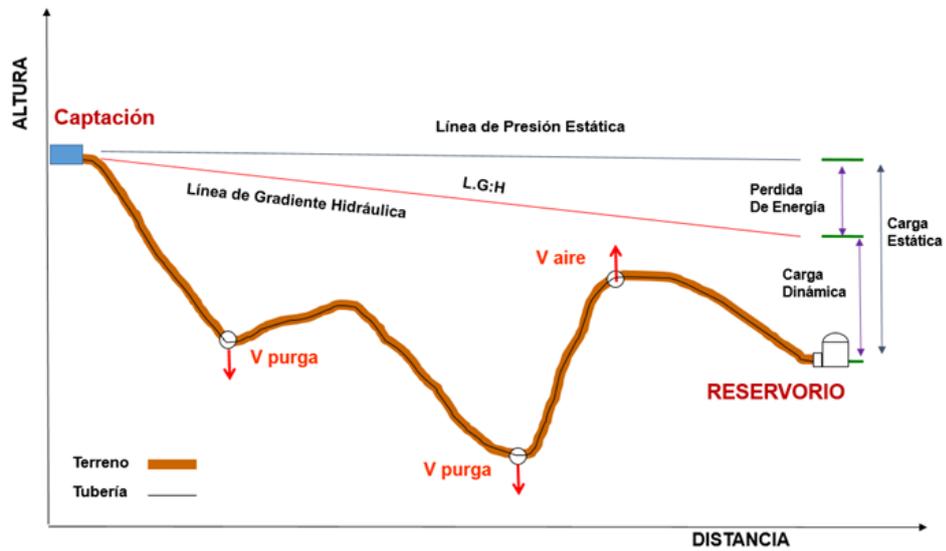
Se tiene ciertos requisitos para la línea de conducción que se debe tener en cuenta:

6. 0.60 m/s debe ser la velocidad mínima y casos extremos no inferior a 0.30 m/s.

7. De 3 m/s hasta como máximo 5 m/s deberá ser la velocidad máximo.



**FIGURA 4.** Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento G.S.T. Fuente: guía de orientación en saneamiento básico <sup>(15)</sup>



**FIGURA 5.** Línea de conducción. Fuente: “R.M n° 192 – 2018”.<sup>(1)</sup>

### 2.3.5. CLASES DE TUBERÍAS<sup>(2)</sup>

La selección de tuberías está definidas por presiones máximas por la línea de carga estática. Para la selección se debe tener en cuenta que la tubería resista presiones elevadas en el cual se pueda producir, porque las presiones máximas ocurren al cerrar la válvula de control más no en condiciones de operación. En varios diseño de red de agua potable requieren de utilización de en zonas rurales como tuberías de PVC. Un tipo de material que tiene ventajas con otras tuberías en la parte económica, duradera, rápida instalación y transporte, flexible y con diámetro comerciales que se encuentran fácilmente en distintas marcas.

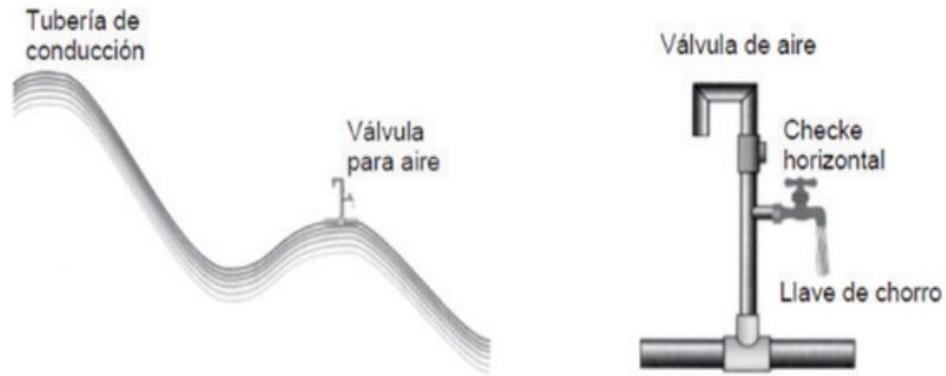
| DIAMETRO EXTERIOR |       | LONGITUD |        | CLASE 5 75 PSI ( 5 bar ) |              |           | CLASE 7.5 105 PSI ( 7.5 bar ) |              |           | CLASE 10 150 PSI ( 10 bar ) |              |           | CLASE 15 200 PSI ( 15 bar ) |              |           |
|-------------------|-------|----------|--------|--------------------------|--------------|-----------|-------------------------------|--------------|-----------|-----------------------------|--------------|-----------|-----------------------------|--------------|-----------|
| NOM               | REAL  | TOTAL    | UTIL   | ESP.                     | Diam. Inter. | PESO      | ESP.                          | Diam. Inter. | PESO      | ESP.                        | Diam. Inter. | PESO      | ESP.                        | Diam. Inter. | PESO      |
| Pulg              | mm    | metros   | metros | mm                       | mm           | kg x tubo | mm                            | mm           | kg x tubo | mm                          | mm           | kg x tubo | mm                          | mm           | kg x tubo |
| 1/2               | 21.0  | 5.00     | 4.97   | -                        | -            | -         | -                             | -            | -         | 1.8                         | 17.4         | 0.840     | 1.8                         | 17.9         | -         |
| 3/4               | 26.5  | 5.00     | 4.96   | -                        | -            | -         | -                             | -            | -         | 1.8                         | 22.9         | 1,080     | 1.8                         | 22.9         | -         |
| 1                 | 33.0  | 5.00     | 4.96   | -                        | -            | -         | -                             | -            | -         | 1.8                         | 29.4         | 1,363     | 2.3                         | 28.4         | 2,877     |
| 1.1/4             | 42.0  | 5.00     | 4.96   | -                        | -            | -         | 1.8                           | 38.4         | 1.74      | 2.0                         | 38           | 1,940     | 2.9                         | 36.2         | 2,750     |
| 1.1/2             | 48.0  | 5.00     | 4.96   | -                        | -            | -         | 1.8                           | 44.4         | 2,016     | 2.3                         | 43.4         | 2,549     | 3.3                         | 41.4         | 3,577     |
| 2                 | 60.0  | 5.00     | 4.95   | 1.8                      | 56.4         | 2,359     | 2.2                           | 55.4         | 3,082     | 2.9                         | 54.2         | 4,013     | 4.2                         | 51.6         | 6,680     |
| 2.1/2             | 73.0  | 5.00     | 4.94   | 1.8                      | 69.4         | 3,102     | 2.6                           | 67.8         | 4,435     | 3.5                         | 66           | 5,894     | 5.1                         | 62.8         | 8,390     |
| 3                 | 88.5  | 5.00     | 4.93   | 2.2                      | 84.1         | 4,599     | 3.2                           | 82.1         | 6,612     | 4.2                         | 80.1         | 8,576     | 6.2                         | 76.1         | 12,360    |
| 4                 | 114.0 | 5.00     | 4.90   | 2.8                      | 108.4        | 7,540     | 4.1                           | 105.8        | 10,911    | 5.4                         | 103.2        | 14,201    | 8.0                         | 98.0         | 20,535    |
| 6                 | 168.0 | 5.00     | 4.86   | 4.1                      | 159.8        | 16,278    | 6.1                           | 155.8        | 23,923    | 8.0                         | 152          | 31,006    | 11.7                        | 144.6        | 44,299    |
| 8                 | 219.0 | 5.00     | 4.82   | 5.3                      | 208.4        | 27,440    | 7.9                           | 203.2        | 40,405    | 10.4                        | 198.2        | 52,262    | 15.3                        | 188.4        | 75,513    |
| 10                | 273.0 | 5.00     | 4.77   | 6.7                      | 259.6        | 43,223    | 9.9                           | 253.2        | 63,100    | 13.0                        | 247.0        | 81,884    | 19.0                        | 235.0        | 116,919   |
| 12                | 323.0 | 5.00     | 4.73   | 7.9                      | 307.2        | 60,301    | 11.7                          | 299.6        | 88,231    | 15.4                        | 292.2        | 114,754   | 22.5                        | 278.0        | 163,796   |

**FIGURA 6.** Descripción: Tubo de material “PVC - U” utilizado para fluidos a una presión con empalme con espiga de forma de campana o empalme de a simple presión “sp”. Sus especificaciones técnicas - “NTP 399,002”. Fuente: tuberías PVC. <sup>(19)</sup>

### 2.3.6. ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

#### 1. Válvulas de Aire

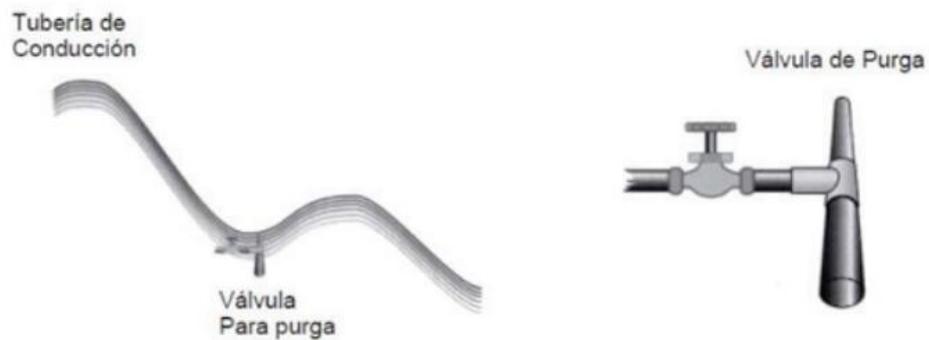
<sup>(2)</sup> El aire acumulado en los puntos altos provoca la reducción del área de flujo del agua, produciendo un aumento de pérdida de carga y una disminución del gasto. Para evitar esta acumulación es necesario instalar válvulas de aire pudiendo ser automáticas o manuales. Debido al costo elevado de las válvulas automáticas, en la mayoría de las líneas de conducción se utilizan válvulas de compuerta con sus respectivos accesorios que requieren ser operadas periódicamente.



**FIGURA 7.** Válvula de Aire. <sup>(20)</sup>

## 2. Válvulas de Purga

<sup>(2)</sup> Los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción con topografía accidentada, provocan la reducción del área de flujo del agua, siendo necesario instalar válvulas de purga que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías.



**FIGURA 8.** Válvula de Purga. <sup>(20)</sup>

## 3. Cámara Rompe Presión <sup>(17)</sup>

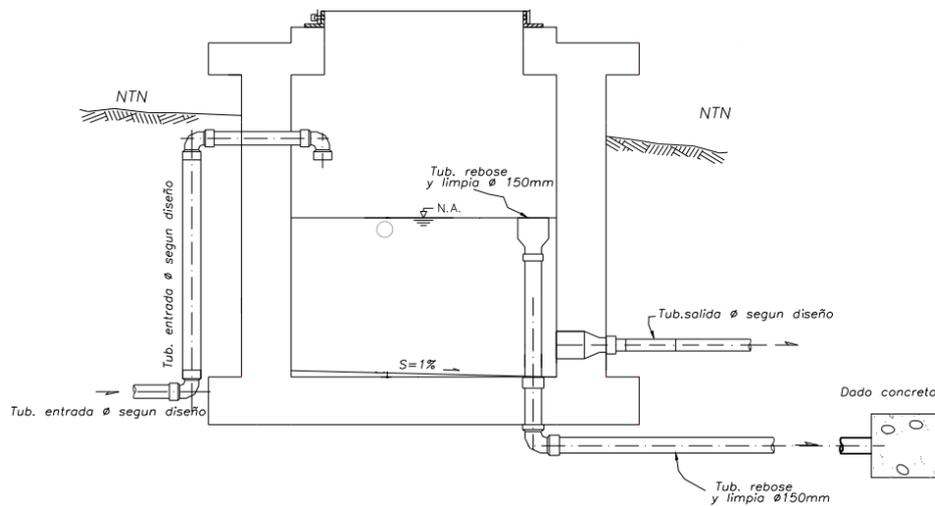
Son estructuras pequeñas, su función principal es reducir la presión hidrostática a cero a la atmosfera local, generando un nuevo nivel del agua y creándose una zona de presión dentro de los límites de trabajo de las tuberías, existen 2 tipos; para la línea de conducción y la red de distribución.

Cuando existe mucho desnivel entre la captación y algunos a lo largo de la línea de conducción, pueden generarse presiones superiores a la máxima que puede soportar la tubería. En esta situación, es necesaria la construcción de cámaras de rompe presión que permitan disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños a la tubería. Estas estructuras permiten utilizar tuberías de menor clase, reduciendo considerablemente los costos en las obras de abastecimiento de agua potable.

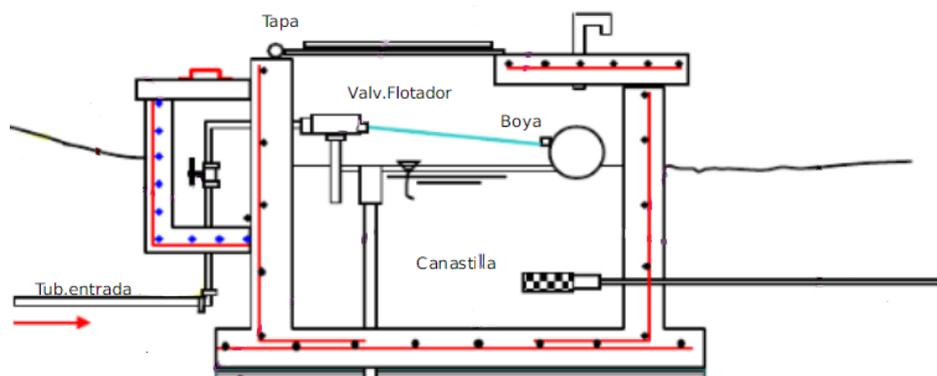
<sup>(1)</sup> La diferencia de nivel entre la captación y uno o más puntos en la línea de conducción, genera presiones superiores a la presión máxima que puede soportar la tubería a instalar. Es en estos casos, que se sugiere la instalación de cámaras rompe-presión cada 50 m de desnivel.

### **Tipo de Cámaras Rompe Presión**

- a) CRP Tipo 6: Es empleada en la línea de conducción cuya función es únicamente de reducir la presión en la tubería.
- b) CRP Tipo 7: Para utilizarla en la red de distribución, además de reducir la presión regula el abastecimiento mediante el accionamiento de la válvula flotadora.



**FIGURA 9.** Cámara rompe presión de tipo 6. Fuente: manual abastecimiento de agua potable por gravedad con tratamiento <sup>(21)</sup>



**FIGURA 10.** Cámara rompe presión de tipo 7. Fuente: manual abastecimiento de agua potable por gravedad con tratamiento <sup>(22)</sup>

### 2.3.7. RESERVORIO

<sup>(14)</sup> Los reservorios de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable ya que permiten la preservación del líquido para el uso de la comunidad donde se construyen y a su vez compensan las variaciones horarias de su demanda.

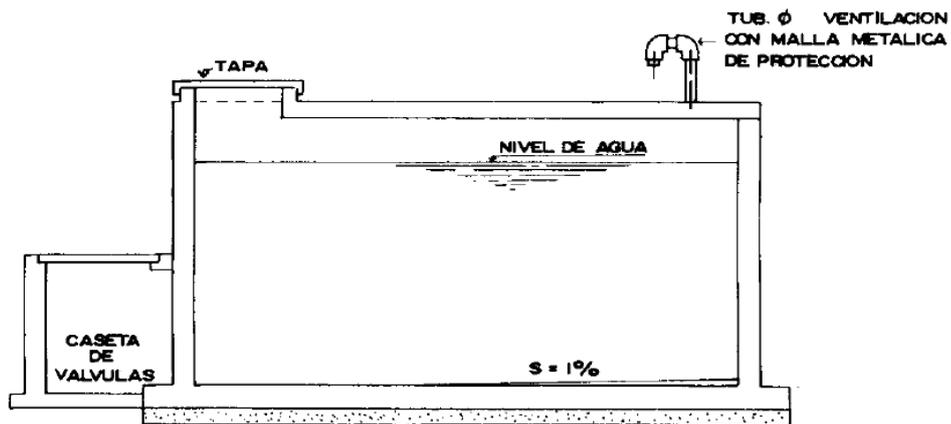
La utilización de estos reservorios o tanques, garantizan una permanente disponibilidad de líquido en los lugares que se requiera. A su vez proporcionan un aumento en la presión y caudal del agua, siempre y cuando estén sus tuberías correctamente instaladas.

<sup>(2)</sup> El funcionamiento hidráulico del sistema y mantenimiento adecuado es vital importancia para el reservorio para la necesidad y el rendimiento requerido.

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

<sup>(2)</sup> **Partes de un reservorio**

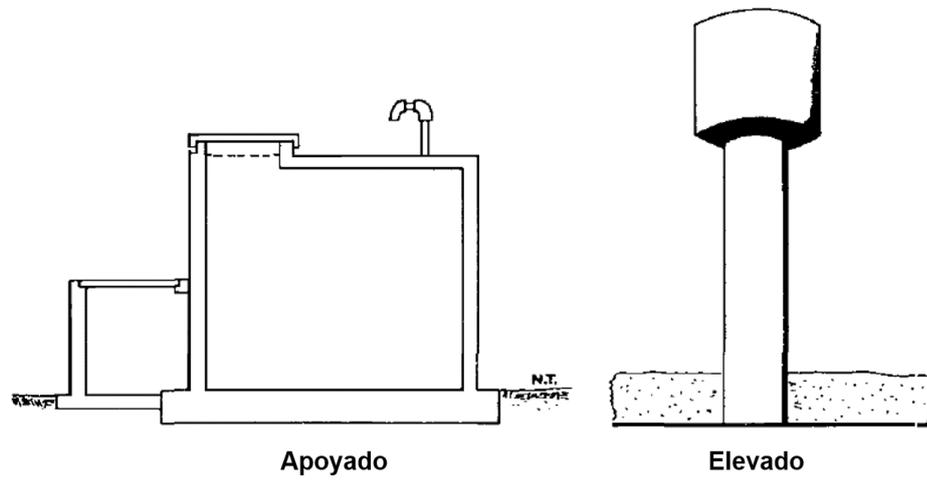
- Tubería de llegada: Dicha tubería debe ser igual que la de línea de conducción.
- Tubería de ventilación: Contiene una malla evitando que ingresen de extraños cuerpos al tanque de almacenamiento, posibilitando la circulación del aire.
- Tapa sanitaria: Dentro de ella se realizara la limpieza, cloración y desinfección, el ingreso es a través de una tapa metálica.
- Tanque de almacenamiento: puede ser forma cuadrado o circular de material de concreto para almacenamiento de agua.
- Tubo de rebose: la excedente agua es eliminada por dicho accesorio.
- Tubería de salida: Salida hacia la red de distribución, de material PVC.
- Canastilla: No permite el ingreso de extraños cuerpo y da la salida del agua hacia la cámara de recolección.
- By Pass: Tubería que se instala para el pase directo desde la tubería de entrada hacia de línea de aducción, para así no perder el flujo de caudal hacia las viviendas. Esto se realiza en caso de un mantenimiento.



**FIGURA 11.** Partes de un reservorio apoyado. <sup>(2)</sup>

### 2.3.8. TIPOS DE RESERVORIO

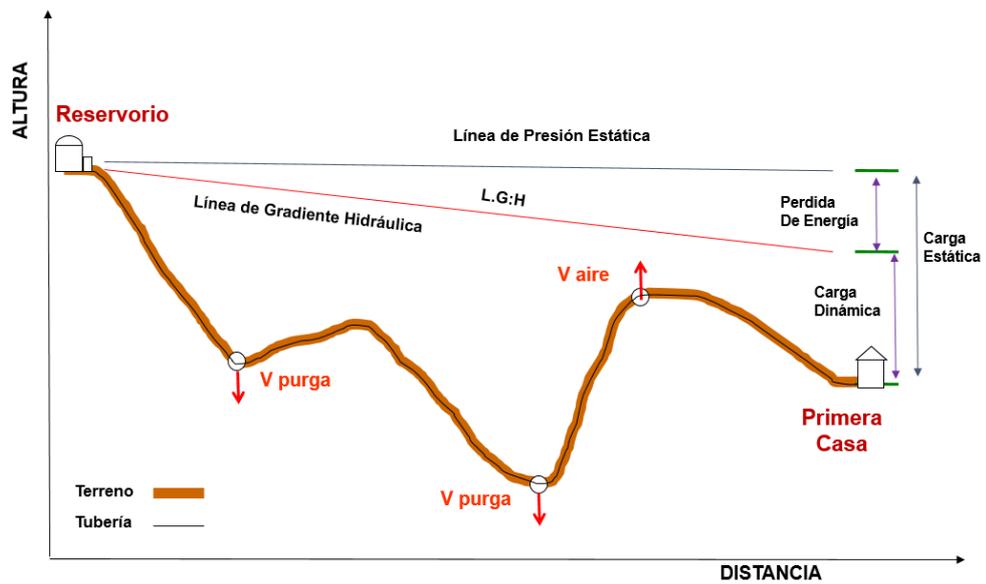
<sup>(2)</sup> Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados, que generalmente tienen forma esférica, cilíndrica y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc.; los apoyados, que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo; y los enterrados, de forma rectangular, son construidos por debajo de la superficie del suelo.



**FIGURA 12.** Tipos de reservorios, apoyado y elevado. Fuente: sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento - Roger Agüero Pittman <sup>(2)</sup>

### 2.3.9. LÍNEA DE ADUCCIÓN

Transporta la fuente de Agua desde el reservorio de almacenamiento hasta el inicio de la red de distribución.



**FIGURA 13.** Línea de aducción. Fuente: “R.M n° 192 – 2018”. <sup>(1)</sup>

### **2.3.10. RED DE DISTRIBUCIÓN <sup>(2)</sup>**

La red de distribución es el conjunto de tuberías de diferentes diámetros, válvulas, grifos y demás accesorios cuyo origen está en el punto de entrada al pueblo (final de la línea de aducción) y que se desarrolla por todas las calles de la población. Para el diseño de la red de distribución es necesario definir la ubicación tentativa del reservorio de almacenamiento con la finalidad de suministrar el agua en cantidad y presión adecuada a todos los puntos de la red. Las cantidades de agua se han definido en base a las dotaciones y en el diseño se contempla las condiciones más desfavorables, para lo cual se analizaron las variaciones de consumo considerando en el diseño de la red el consumo máximo horario ( $Q_{rn}$ ).

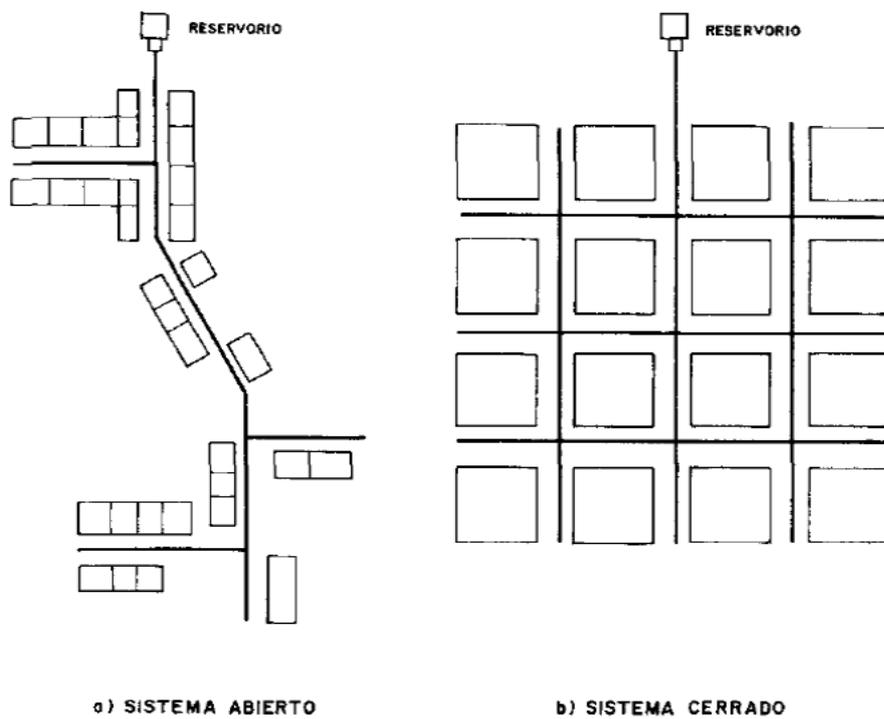
La red de distribución se debe calcular considerando la velocidad y presión del agua en las tuberías. Se recomiendan valores de velocidad mínima de 0.6 m/s y máxima de 3.0 m/s. Si se tiene velocidades menores que la mínima, se presentaran fenómenos de sedimentación; y con velocidades muy altas, se producirá el deterioro de los accesorios y tuberías.

En las Normas del Ministerio de Salud se establece que el diámetro mínimo a utilizarse en la red, será aquel que satisfaga las condiciones hidráulicas que garanticen las presiones mínimas de servicio en la red y su capacidad deberá ser tal que pueda absorber en el futuro la instalación de conexiones domiciliarias. El diámetro mínimo recomendado es de 3/4".

En base a estas consideraciones se efectúa el diseño hidráulico, de la red de distribución, siendo la tubería de PVC la más utilizada en los proyectos de agua potable en zonas rurales.

### 2.3.11. SISTEMAS DE REDES

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



**FIGURA 14.** Tipo de sistemas de redes, sistema abierto y sistema cerrado. Fuente: sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento - Roger Aguero Pittman<sup>(2)</sup>

Componentes de la Red de Distribución <sup>(2)</sup>

- Tuberías
- Líneas de alimentación (Principales y secundarias).
- Toma domiciliaria

### **3. HIPÓTESIS**

¿El “Diseño hidráulico de red de agua potable solucionara y favorecerá con un mejor servicio a los pobladores de dicha zona rural como es el caserío Carahuasi”?

## **4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1.TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Este estudio vigente agrupa todos los requisitos de una investigación de tipo aplicativa, lo cual se debe comprender fenómenos de la realidad y con su estado actual. También de tipo descriptiva, es decir, observa, estudia, examina los cuerpos con relación a sus elementos, evalúa y calcula conceptos y precisa las variables.

### **4.2.NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

Es de tipo Mixto, quiere decir que es de tipo cualitativo y cuantitativo, pues destaca el estudio de los datos tomados, se verifica con la medición y la cuantificación.

El diseño es de tipo visual de manera directa. Se ejecuta siguiendo el criterio en el que se diseñó la red de agua potable del caserío Carahuasi.

### **4.3.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, por lo que su estudio se argumenta en la apreciación de sucesos en el momento.

Se observan aspectos tal como se dan naturalmente, por lo tanto el diseño de la red de distribución será favorecida para el caserío.

El diseño de la investigación tuvo como origen los criterios, estos fueron: un análisis deductivo, estadístico, descriptivo..

La investigación se desarrolló, sugiriendo un diseño que se logre y pueda distribuir de la manera más correcta el agua potable. Dándole ayuda a los pobladores con este recurso tan importante que es el agua potable.

El actual diseño se origina en la toma de viviendas que serán beneficiadas, toma de la captación y de los mismos habitantes del caserío de Carahuasi, una búsqueda necesaria de información, un correcto análisis y planteamiento para desarrollar correcto diseño, de modo tal que dicha información nos servirá para llegar a nuestros objetivos propuestos dispuestos en el proyecto.

#### **4.4. UNIVERSO Y POBLACIÓN**

##### **a) Universo y población**

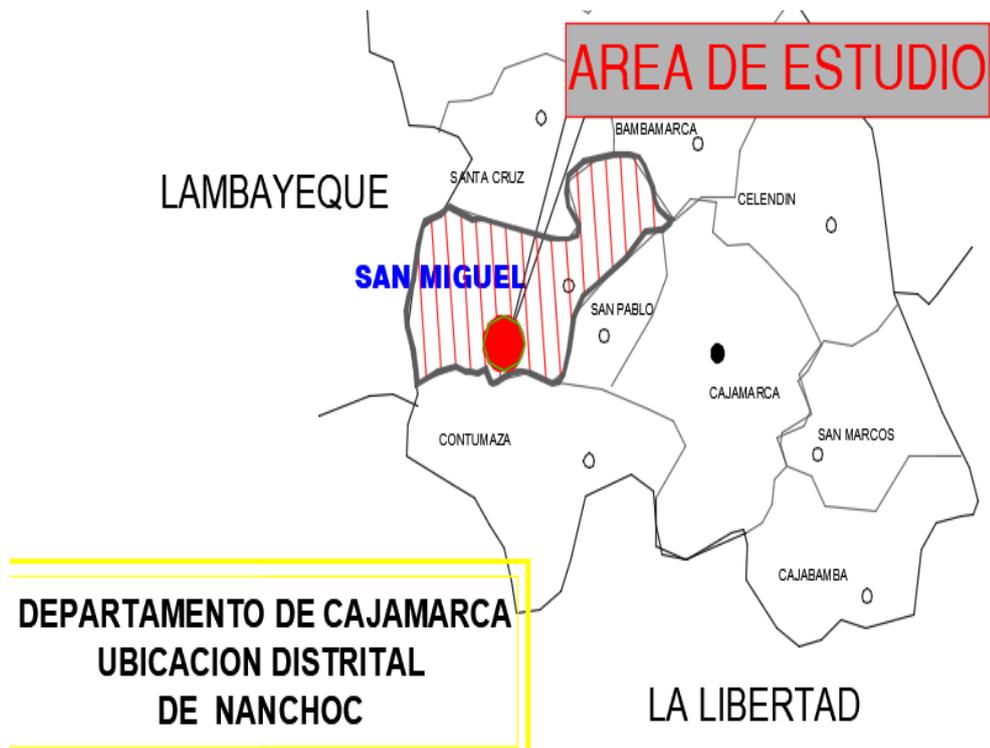
El diseño de la investigación se inicia en el “Universo” por la delimitación geográfica que está considerada, como referencia el departamento de “Cajamarca” y la “Población” su referencia está ubicada en el caserío “Carahuasi”.

##### **b) Muestra**

El caserío de “Carahuasi” se encuentra ubicado en las coordenadas: 694128.81 m E y 9230360.47 m S en el sistema UTM WGS 84, su altitud se ha precisado en 392 m.s.n.m.

##### **c) Muestreo**

El muestreo demostró en el resumen de datos para posteriormente presenta una elaboración de diseño con los software AutoCAD y modelamiento de redes con el software WaterCAD.



**FIGURA 15.** Localización del diseño. Fuente: Elaboración propia - AutoCAD

#### **4.5. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

**TITULO:** DISEÑO HIDRÁULICO DE RED DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO CARAUASI, NANCHOC, CAJAMARCA.

**Cuadro 3.** Definición y Operacionalización de las variables.

| OBJETIVOS  | VARIABLE   | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | HIPÓTESIS   | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIONES   | INDICADORES   |
|--|--|---|---|--|---|---|
| <p>OBJETIVO GENERAL:<br/>DISEÑAR LA RED DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO DE CARAHUASI, ENRIQUECIENDO LA CALIDAD DE AGUA PARA LOS HABITANTES DEL CASERÍO.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:<br/>DISEÑAR HIDRAULICAMENTE LA CAPTACION 1 DEL CASERÍO.<br/>DISEÑAR HIDRAULICAMENTE EL RESERVORIO DEL CASERÍO.<br/>DESARROLLAR LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE A LAS VIVIENDAS DEL CASERÍO DE CARAHUASI.</p> | <p>VARIABLE INDEPENDIENTE:<br/><br/>DISEÑO DE RED DE DISTRIBUCIÓN.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE:<br/><br/>RM-192-2018-VIVIENDA.</p> | <p>LA RED DE DISTRIBUCIÓN DEBE SER APTA PARA PROVEER AGUA DE BUENA CALIDAD, CANTIDAD Y PRESIÓN DE MANERA CORRECTA Y ADECUADA DENTRO DEL SERVICIO.</p> | <p>¿EL “DISEÑO HIDRÁULICO DE RED DE AGUA POTABLE SOLUCIONARA Y FAVORECERÁ CON UN MEJOR SERVICIO A LOS POBLADORES DE DICHA ZONA RURAL COMO ES EL CASERÍO CARAHUASI”?</p> | <p>COMPONENTES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN:</p> <p>A) TUBERÍAS.<br/>B) LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN<br/>C) TOMA DOMICILIARIAS.</p> | <p>CAPTACION 1, 1 RESERVORIOS DE 15M<sup>3</sup>, 2 1 VALVULA ROMPE PRESION TIPO 6, 6 VALVULAS DE PURGA, 3 VALVULAS DE AIRE, 6 VALVULAS COMPUERTA Y TUBERIAS DE PVC 1”, 1 ½ “, 2” Y ¾ “ CON ACCESORIOS.</p> <p>MEDIO SOCIAL: EN EL LUGAR DEL DISEÑO, CASERIO CARAHUASI.</p> | <p>TIPO, FORMA Y RESULTADOS DEL DISEÑO.</p> <p>NO SE PRESENTE NINGUNA PROBLEMÁTICA EN RECOLECCION DE DATOS.</p> |

Nota. Fuente: Elaboración propia

#### **4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

##### **a) Técnicas**

Se tomó la información de las viviendas, también de la captación 1 que servirían para desarrollar el diseño de la red de distribución del agua potable.

Se empleó hojas Excel para así poder interpretar los datos obtenidos.

Se empleó el software Watercad para poder elaborar el diseño de la red de distribución del agua potable del caserío Carahuasi.

##### **b) Instrumentos**

Para diseñar la red de distribución se hizo uso de Equipo/herramientas de apoyo, como:

5. Estudio topográfico, Cotas, planos.
6. Cámara fotográfica.
7. Laptop (realizar el diseño en el *software* AutoCAD y WaterCAD).
8. RM - 192 - 2018 - vivienda (norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural).

#### **4.7. PLAN DE ANÁLISIS**

La ubicación del caserío del que se diseñara la red de agua potable.

Ubicación de la captación que se utilizarán para el diseño.

Estudio de la calidad del agua de las captaciones para el diseño.

Estudio topográfico, análisis de las cotas de terreno.

Diseño de la red de agua potable en el software AutoCAD.

Modelamiento de la red de agua potable en el software Watercad.

Planos de Ubicación, Nodos y Tuberías.

#### **4.8. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**TITULO:** DISEÑO HIDRÁULICO DE RED DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO CARAUASI, NANCHOC, CAJAMARCA.

**Cuadro 4.** Matriz de consistencia.

| PROBLEMA   | OBJETIVOS  | VARIABLES   | METODOLOGÍA  |
|--|--|---|--|
| <p>El Caserío de Carahuasi con una población de 448 habitantes, no cuenta con agua potable y consumen agua de sus manantiales ubicados en los alrededores del caserío. Se busca elaborar un diseño hidráulico de red de distribución ayude a los habitantes del Caserío de Carahuasi y puedan adquirir agua potable de la manera correcta y más saludable evitando así enfermedades como es hoy en el caserío, entonces el planteamiento es: ¿De qué modo el diseño hidráulico verdaderamente solucionara y favorecerá la falta de dicha red de distribución de agua potable en el caserío de Carahuasi para todos los habitantes en dicha zona rural?</p> | <p style="text-align: center;"><u>Objetivo general</u></p> <p>Diseñar la red de agua potable en el caserío de Carahuasi, enriqueciendo la calidad de agua para los habitantes del caserío.</p> <p style="text-align: center;"><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>Diseño hidráulico de la Captación del caserío de Carahuasi.</p> <p>Diseño Hidráulico del Reservorio del caserío de Carahuasi.</p> <p>Desarrollar la distribución de agua potable a las viviendas del Caserío de Carahuasi.</p> | <p>Variable Independiente: diseño de la red de Agua Potable</p> <p>Variable dependiente: población del caserío Carahuasi.</p> | <p>La investigación será desarrollada, elaborada con un diseño el cual se distribuya de la manera más correcta el agua potable. Así poder ayudar a los pobladores con este recurso. El presente diseño se da inicio con datos de las viviendas que serán favorecidas, toma de datos de la captación y de los mismos pobladores del caserío búsqueda necesaria de información, un correcto análisis y planteamiento para desarrollar correcto diseño, de modo tal que dicha información nos servirá para llegar a nuestros objetivos propuestos dispuestos en el proyecto. La investigación es de tipo no experimental, por lo que su estudio se argumenta en la apreciación de sucesos en el momento. Es una investigación no experimental, se observan aspectos tal como se dan naturalmente, por lo tanto el diseño de la red de distribución será favorecida para el caserío.</p> <p>El diseño es de tipo visual de manera directa descriptivo, cualitativo y cuantitativo. Se ejecuta siguiendo el criterio en el que se diseñó la red de agua potable del caserío Carahuasi</p> |

Nota.

Fuente:

Elaboración

propia

#### **4.9.PRINCIPIOS ÉTICOS**

La presente investigación nos carece en el sentido de desenvolvimiento ya en nuestro ámbito profesional y que favorecerá al Caserío Carahuasi, dándolo como terminado el problema de la red de agua potable. Desarrollando un diseño propio y único obteniendo adecuados resultados. Así contribuimos con el desarrollo en el país y más en los sectores rurales donde inciden en los sectores agrícolas, ganaderos y también salud.

### **5. RESULTADOS**

#### **5.1. RESULTADOS**

##### **5.1.1. POBLACION CENSADA AÑOS 1981, 1993 Y 2007.**

Muestra de datos obtenidos por el “INEI” de los años censados 1981, 1993 y 2007, tanto de la tasa de crecimiento y población. Con estos datos daremos el cálculo de la tasa de crecimiento y población al año 2019 que será nuestra base para el diseño de dicha investigación

**Cuadro 5.** Tasa de crecimiento al 2007 -INEI

| <b>DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA: (%) TASA DE CRECIMIENTO DE POBLACIÓN RURAL CENSADA, SEGÚN PROVINCIA 1981 AL 2007.</b> |                          |                    |
|---|--------------------------|--------------------|
| <b>Provincia</b>  | <b>Población Censada</b> |                    |
|   | <b>1981 - 1993</b>       | <b>1993 - 2007</b> |
| Cajamarca   | 2.61                     | 2.37               |
| Cajabamba   | 0.90                     | 0.52               |
| Celendín  | 1.13                     | 0.58               |
| Chota   | 1.31                     | 0.25               |
| Contumanza  | 0.99                     | 0.33               |
| Cutervo   | 1.56                     | 0.36               |
| Hualgayoc   | 1.18                     | 1.23               |
| Jaén  | 2.48                     | 0.54               |
| San Ignacio   | 2.68                     | 1.17               |
| San Marcos  | 1.50                     | 0.35               |
| <b>San Miguel</b>   | <b>0.59</b>              | <b>0.31</b>        |
| San Pablo   | 1.84                     | 0.41               |
| Santa Cruz  | 1.32                     | 0.14               |
| <b>Total</b>  | <b>20.1</b>              | <b>8.6</b>         |

Nota. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1981, 1993, 2007.<sup>(13)</sup>

**Cuadro 6.**  
Población  
censada al  
2007 -  
INEI

| <b>DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA: POBLACIÓN<br/>CENSADA RURAL, SEGÚN PROVINCIA 1981 AL 2007.</b> |                          |                  |                  |
|--|--------------------------|------------------|------------------|
| <b>Provincia</b>   | <b>Población Censada</b> |                  |                  |
|  | <b>1981</b>              | <b>1993</b>      | <b>2007</b>      |
| Cajamarca  | 168 196                  | 230 049          | 316 152          |
| Cajabamba  | 61 873                   | 69 236           | 74 287           |
| Celendín   | 72 562                   | 82 436           | 88 508           |
| Chota  | 139 583                  | 164 144          | 160 447          |
| Contumanza   | 28 976                   | 32 698           | 31 369           |
| Cutervo  | 119 299                  | 143 795          | 138 213          |
| Hualgayoc  | 66 185                   | 75 806           | 89 813           |
| Jaén   | 126 201                  | 170 261          | 183 634          |
| San Ignacio  | 82 345                   | 112 526          | 131 239          |
| San Marcos   | 40 407                   | 48 632           | 51 031           |
| <b>San Miguel</b>  | <b>57 804</b>            | <b>61 897</b>    | <b>64 583</b>    |
| San Pablo  | 19 736                   | 24 494           | 23 114           |
| Santa Cruz   | 43 277                   | 44 571           | 43 856           |
| <b>Total</b>   | <b>1 026 444</b>         | <b>1 260 545</b> | <b>1 396 246</b> |

Nota. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1981, 1993, 2007.<sup>(13)</sup>

**Cuadro 7.** Población rural censada 1981, 1993 y 2007 - INEI

| AÑO         | POBLACION |
|-------------|-----------|
| 1981        | 57 804    |
| 1993        | 61 897    |
| 2007        | 64 583    |
| <b>2019</b> | <b>¿?</b> |

Nota. Fuente: INEI <sup>(13)</sup>

### 5.1.2. CALCULO DE TASA DE CRECIMIENTO AL 2019

Para hallar la tasa de crecimiento al año 2019 se formulara con el método de interés simple. <sup>(23)</sup>

$$P = P_o [ 1 + r ( t - t_o ) ]$$

$$r = [ ( P_{i+1} ) - P_i / P_i ( t_{i+1} - t_i ) ]$$

1. “P”: Población que vamos a calcular
2. “Po”: Población – inicial.
3. “r”: tasa de crecimiento.
4. “T”: año último censado.
5. “To”: año censado inicial.

|                 |                       |      |
|-----------------|-----------------------|------|
| $P_{i+1} - P_i$ | $P_i (t_{i+1} - t_i)$ | r    |
| 4 093           | 693 648               | 0.59 |
| 2 686           | 866 558               | 0.31 |
|                 | r <sub>prom</sub> =   | 0.45 |

**La tasa de crecimiento es de 0.45%.**

Población en el año 2019 =  $64583 \times [(1 + [(0.45/100) \times (2019 - 2007)])]$ .

Población en el año 2019 = 68070 hab.

### 5.1.3. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA CARAHUASI

**Cuadro 8.** Cantidad de población en el caserío.

| CARAHUASI        | CANTIDAD |
|------------------|----------|
| VIVIENDAS        | 112      |
| IGLESIA          | 1        |
| ESCUELA Y JARDIN | 2        |
| LOCAL COMUNAL    | 1        |

Nota. Fuente: Elaboración propia.

- Demanda de vivienda = 4 Hab/viv.
- Ecuación de la curva promedio =  $P_f = P_o \times [(1 + (r/100 \times t))]$ .
- Población del año base =  $P_o = 448$  habitantes.

d. Tasa de crecimiento =  $r = 0.45\%$

e. Año Base = 2019

**Cuadro 9.** Población Futura.

|           |              |            |
|-----------|--------------|------------|
| BASE      | 2019         | 448        |
| 0         | 2020         | 450        |
| 1         | 2021         | 452        |
| 2         | 2022         | 454        |
| 3         | 2023         | 456        |
| 4         | 2024         | 458        |
| 5         | 2025         | 460        |
| 6         | 2026         | 462        |
| 7         | 2027         | 464        |
| 8         | 2028         | 466        |
| 9         | 2,029        | 468        |
| 10        | 2,030        | 470        |
| 11        | 2,031        | 472        |
| 12        | 2,032        | 474        |
| 13        | 2,033        | 476        |
| 14        | 2,034        | 478        |
| 15        | 2,035        | 480        |
| 16        | 2,036        | 482        |
| 17        | 2,037        | 484        |
| 18        | 2,038        | 486        |
| 19        | 2,039        | 488        |
| <b>20</b> | <b>2,040</b> | <b>490</b> |

Nota. Fuente: elaboración propia en Excel.

Para el análisis del consumo tenemos según el RNE – norma OS.100 y Norma T.D: “Opciones tecnológicas para S.S. en el ámbito rural”. Se fijaran los valores mostrados en el CUADRO N° 01. Según la dotación de agua – alternativa tecnológica y región (l/hab.d)

<sup>(1)</sup> Debido a que el nivel freático se encuentra mayor de 4 m al nivel del suelo con el nivel agua subterránea, es por eso que utilizaremos arrastre hidráulico.

Con arrastre hidráulico en región sierra: 80 lt/had/día

Los caudales de diseño son:

- a. Población de diseño = 490 hab.
- b. Factor de máxima demanda diaria =  $k_1 = 1.30$
- c. Factor de máxima demanda horaria =  $k = 2$

Tenemos las siguientes caudales:

**1. Caudal promedio ( $Q_p$ ) =  $(Pob \times Dot) / 84600$**

$$Q_p = 490 \times 80 / 84600 = 0.45 \text{ l/s}$$

**2. Caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ) =  $Q_p \times k_1$**

$$Q_{md} = 0.45 \times 1.3 = 0.58 \text{ l/s}$$

**3. Caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ) =  $Q_p \times k$**

$$Q_{mh} = 0.45 \times 2 = 0.9 \text{ l/s}$$

#### **5.1.4. CAPTACION**

Se optó a utilizar la disponibilidad de la fuente hídrica proveniente de la fuente llamada “El higuero” ubicada en la parte alta del caserío Carahuasi, La primera Captación manantial ladera se toma de muestra, debido al que la segunda Captación ya existente se encuentra muy deteriorado. Dicho manantial de acuerdo a la verificación insitu se define que la infraestructura de la cámara de captación deberá ser del tipo ladera con dimensiones estimadas de acuerdo al planteamiento hidráulico.

Qmd: 0.58 l/s.

#### **5.1.5. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CAPTACIÓN. <sup>(1)</sup>**

##### **1. Ancho de la pantalla – calculo.**

Formulas:

- “Qmax”:  $V^2 \times Cd \times A$
- “A”:  $Q_{max} / V^2 \times Cd$
- “Caudal máximo - fuente (Qmf)”: 0.58 l/s.
- “Coeficiente - descarga (Cd)”: 0.80 (entre 0.6 y 0.8)
- “Aceleración - gravedad (Ag)”:  $9.81m/s^2$
- “Carga sobre - centro del orificio (H)”: 0.4 m (entre 0.4 y 0.5)

A. La velocidad - de paso (teórica):  $x = Cdx\sqrt{2gH}$

$$V_{2t} = 2.24 \text{ m/s} \quad (\text{entrada de la tubería})$$

B. La velocidad - de paso (asumida): 0.60 m/s

(“valor máximo” = 0.60m/s - entrada a la tubería).

C. Área (requerida):  $((0.62/1000)/(0.6/0.8)) = 0.00082$

Tenemos la formula:  $D = \frac{\sqrt{4A}}{\pi}$

D. Diámetro - Tubería de ingreso:  $D_c = 0.041\text{m}$

$$D_c = 0.041 \times 100/2.54$$

$$D_c = 1.61 \text{ pulg}$$

**Diámetro (comercial): 2” o 55.4 mm. .... Ok.**

E. Números de orificios - La pantalla:

$$\text{Norif} = (\text{Área diámetro calculado} / \text{área diámetro asumido}) + 1$$

$$\text{Norif} = (D_c/D_a)^2 + 1$$

$$\text{“Número orificios” (redondeado): } \left(\frac{1.61}{2}\right)^2 + 1 =$$

**Norif: 2 orificios.**

F. El número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada - calculo el ancho de la pantalla:

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

**Ancho de la pantalla: b= 0.90 m**

**2. Distancia - el punto “ afluoramiento “y “cámara húmeda”.**

$$H_f = H - H_o$$

A. La carga sobre - centro del orificio: 0.40 m

$$H_o = 1.56 \frac{(V_2)^2}{2g}$$

B. Pérdida “carga en el orificio”:  $H_o = 0.029$  m

C. Pérdida “carga afluoramiento – captación”:  $H_f = 0.37$  m

D. Distancia - el afluoramiento y la captación:

$$L = H_f / 0.3 = 1.238 \text{ m}$$

**Distancia afluoramiento - Captación: 1.238 m**

**3. Altura - cámara húmeda**

- Para la sedimentación de arenas. Una altura mínima de **10cm (A)**
- Diámetro de salida de la canastilla es la mitad del diámetro de entrada.  
 $2 \times 0.025 = \mathbf{0.050 \text{ m (B)}}$
- El nivel de agua y cámara húmeda y nivel de ingreso del agua de afluoramiento , su desnivel mínimo es (mínima **5cm(D)**)
- El borde libre (se recomienda **30cm (E)**)
- Para un buen fluido de agua en la salida de la captación por la tubería de conducción se considera una altura mínimo de 0.30 m.

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

$$C = (1.56) \times (V^2 / 2g) = (1.56) \times (Q_{md}^2 / 2g \times A^2)$$

$$Q_{md}: 0.58/1000 = 0.00058 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Altura de la calculada: **0.0250 m (C)**

$$\text{Altura total: } 0.10 + 0.05 + 0.30 + 0.05 + 0.30 = 0.80 \text{ m}$$

#### **4. Canastilla – Dimensionamiento**

**A. Canastilla - Diámetro: 2 x Da = 2 x 2 pulg = 4 pulg.**

**B. Canastilla - Longitud:**

La canastilla no debe ser menor que 6Da y ni mayor que 3Da.

$$L = 3 \times 2 = 6 \text{ pulg} = 15.24 \text{ cm}$$

$$L = 6 \times 2 = 12 \text{ pulg} = 30.48 \text{ cm}$$

**Longitud - Promedio = 16 cm**

Medidas de ranuras (recomendadas):

$$\text{Ancho} = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Largo} = 7 \text{ mm}$$

- Área - Ranura:  $5 \times 7 = 35 \text{ mm} = 0.000035 \text{ m}^2$
- Área sección - Tubería de salida:  $((\pi \times (12 \times 2.54)^2) / 4) / 10000 = 0.002068 \text{ m}^2$
- Área total - Ranura:  $2 \times 0.002068 = 0.0040 \text{ m}^2$

**C. Números de ranura: área total de ranura/ área de ranura = 115 ranuras.**

**5. Rebose y limpia.**

5.1. Pendientes recomendadas para la tubería (rebose y limpia) es de 1 a 1.5%.

5.2. El mismo diámetro tienen la tubería de “rebose y limpia”

$$D_r = 0.71 \times Q^{0.38} / H_f^{0.21}$$

**A. Tubería limpia.**

- Caudal mínimo - fuente:  $0.58 \times 1.5 = 0.87$  l/s.
- Carga unitaria (perdida) - m/m: 0.015 mm. (recomendada).
- Diámetro - Tubería de rebose:  $= (0.71 \times (0.87)^{0.38}) / (0.015)^{0.21} = 1.668$  pulg.

**Diámetro comercial: 2 pulg.**

**B. Tubería de rebose.**

- Caudal máximo de la fuente:  $0.87 \times 1.3 = 1.13$  l/s.
- Carga unitaria (perdida) - m/m: 0.015 mm. (recomendada).
- Diámetro - Tubería de rebose:  $= (0.71 \times (1.13)^{0.38}) / (0.015)^{0.21} = 1.843$  pulg.

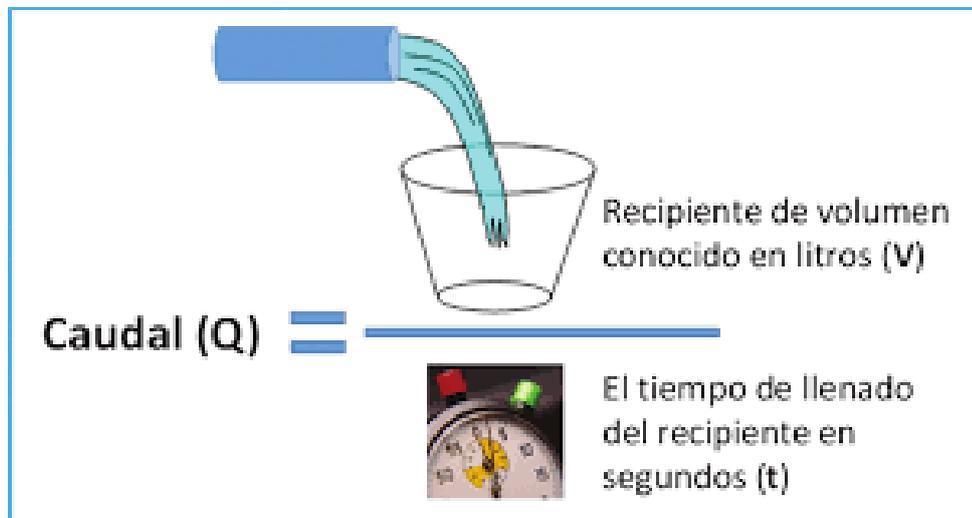
**Diámetro comercial: 2 pulg.**

**Cuadro 10.** Caudales de las 2 captaciones.

| Descripción             | Caudal aforado | Ubicación                 |
|-------------------------|----------------|---------------------------|
| Manantial El Higuero 01 | 0.91 l/s       | Cota de terreno = 1171.68 |
| Manantial El Higuero 02 | 0.60 l/s       | Cota de terreno = 1189.49 |

Nota. Fuente: Elaboración propia en Excel.

Para el método volumétrico del aforo del manantial:



**FIGURA 16.** Toma de aforo.

$$Q = v/t$$

Donde:

1. "Q": Es el caudal l/s
2. "V": Es el volumen en litros
3. "T": Tiempo promedio en segundos

**Cuadro 11.** Caudal mínimo, máximo y promedio.

| N° | NOMBRE DE FUENTE              | VOLUMEN DE MUESTRAS (lts) | TIEMPO (s) | CAUDAL MINIMO (l/s) | CAUDAL MAXIMO (l/s) | CAUDAL PROMEDIO (l/s) |
|----|-------------------------------|---------------------------|------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 1  | Captación 1<br>"El Higueroón" | 4.5                       | 4.90       | 0.92                | 1.19                | 1.06                  |
| 2  | Captación 1<br>"El Higueroón" | 4.5                       | 4.93       | 0.91                | 1.19                | 1.05                  |
| 3  | Captación 1<br>"El Higueroón" | 4.5                       | 4.94       | 0.91                | 1.18                | 1.05                  |
| 4  | Captación 1<br>"El Higueroón" | 4.5                       | 4.91       | 0.92                | 1.19                | 1.05                  |
| 5  | Captación 1<br>"El Higueroón" | 4.5                       | 4.95       | 0.91                | 1.18                | 1.05                  |

Nota. Fuente: Elaboración propia en Excel.

Volumen de Aforo Captación 1:  $\sum$  caudales mínimos/5 muestras= 0.91 l/s.

Volumen de Aforo Captación 1: 0.91 l/s.

Entonces caudal requerido 0.58 l/s < 0.91 l/s. .... Ok.

La línea de conducción, comprende desde la captación 01- “El Higuerón” hasta el Reservoirio, estará diseñada para conducir un caudal de 0.58 lt /s, además está compuesta por tuberías de PVC con diámetros que se utilizara de 2” o 55.4 mm hasta el reservorio y también de 2” hasta el inicio de la “red”.

#### **5.1.6. CALCULO DEL VOLUMEN DEL RESERVORIO**

El volumen que tendrá este reservorio será de 15 m<sup>3</sup>, de material concreto armado, de forma cuadrada y tipo apoyado.

Cota de terreno = 1099.35

Datos:

1. Periodo de diseño = 20 años
2. Población inicial = 448
3. Población Futura = 490

4. Dotación = 80 l /hab/s
5. Caudal promedio = 0.58 l/s
6. K1 = 1.30

#### **Volumen de regulación (Vre)**

$$V_{re} = 25\% \times Q_p \times 86400/1000 = 0.25 \times 0.58 \times 86400 /1000 = 12.52$$

Volumen de diseño se considerara de 15 m<sup>3</sup>

Dimensiones:

Ancho de pared=2.7m

Altura de agua = 1.75m

Borde libre= 0.30m

Altura total= 2.05m

#### **5.1.7. ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA**

De acuerdo a los análisis que se realizaron con muestras se definió que el agua de la captación 1 es adecuada en cuanto al consumo para el ser humano, dejando claro un diseño de gravedad sin una planta de tratamiento necesario para una correcta distribución de red de agua potable en el caserío Carahuasi.

Dicho estudio se puede observar al término de la tesis en la parte de los anexos, detallando las muestras físicas y químicas para un apto consumo. (Ver figuras 41, 42 y 43).

### **5.1.8. DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN**

En el diseño de agua potable, contendrá tuberías de PVC:

. De clase 10 - Ø1' o 29.4 mm una longitud de 815.67 ml.

. De clase 7.5 – Ø1 ½' o 44.4 mm una longitud de 530.44 ml.

. 116 Conexiones (112 Domiciliarias, 02 Instituciones Educativas, 02 Locales Sociales).

. 05 Válvulas de Purga Ø1' o 29.4 mm.

. 06 Válvulas de Compuerta de Ø1 ½' o 44.4 mm y de Ø1' o 29.4 mm.

. Y por último accesorios como (“tees”, “codos”, “cruces”).

Para este diseño se plasmara el diseño de red de agua potable del caserío Carahuasi del *software* AutoCAD la red de distribución para luego continuar con el modelamiento en el software watercad para lograr los objetivos.

### **5.1.9. CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO**

Se presenta los cálculos que fueron realizados en una hoja Excel para el modelado de la red de agua potable en el caserío de Carahuasi mediante el uso del software WATERCAD.

### **5.1.10. CREACIÓN DE ARCHIVOS**

El modelamiento de la red de agua potable en el *software* WaterCAD, se organiza con la información para ingresarlos al software. Esto nos permitirá utilizar los comandos que posee el *software* WaterCAD para un óptimo modelamiento de la red de agua potable.

Consiste en cambiar los archivos de AutoCAD, los cuales tienen una extensión **.dwg** a una que sea **.dxf**, ya que con esta extensión los archivos pueden ser leídos por el software mencionado y dicha información encontrado en ellos. Los archivos que deberán ser cambiados a esta nueva extensión serán los siguientes:

Plano de Diseño de la red de agua potable y un plano que nos servirá como plantilla para poder verificar que las líneas de distribución concuerden con el Plano de diseño de la red de agua potable.

### 5.1.11. CONFIGURACIÓN – SOFTWARE WATERCAD

Ingresamos al software en el siguiente icono y creamos un nuevo proyecto. (Ver figura 17).



**FIGURA 17.** Fuente: software WaterCad.

Hacemos *click* en la opción *file* en la cual aparecerá la ventana *projecto properties*, en el cual encontraremos cuadros con los nombres *titule y file name*, donde se rellenara respectivamente En el cual mi presentación se llamara **WATERCAD RED DE AGUA POTABLE – CARAHUASI**. (Ver figura 18).

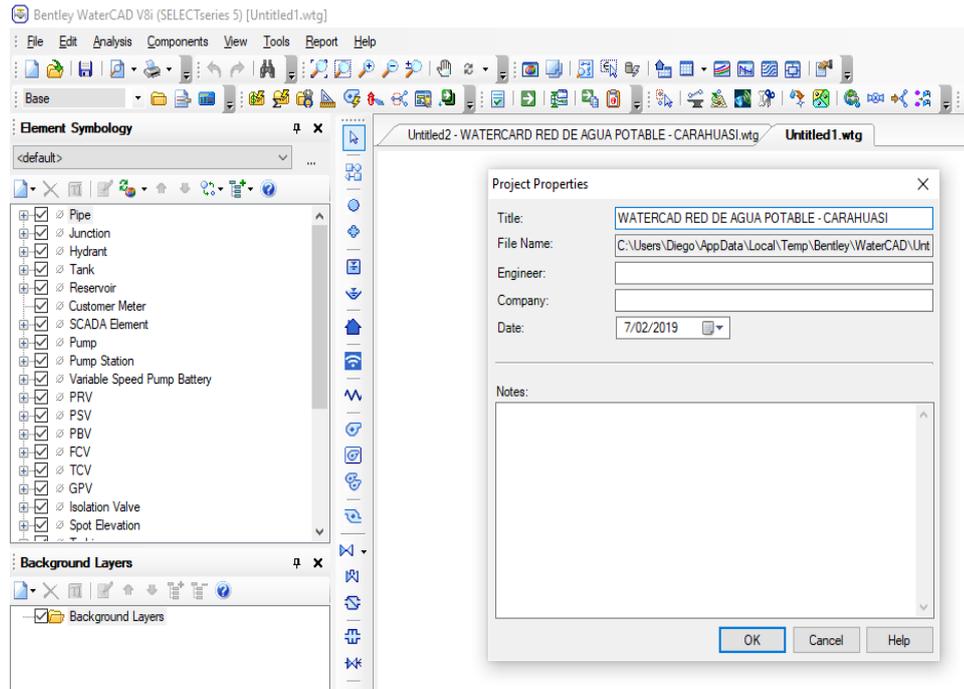


FIGURA 18. Fuente: Software WaterCad.

A continuación realizaremos los siguientes parámetros:

Entramos en la herramienta *tools* y hacemos *click* en la ficha *opcion*, aquí nos aparecen 6 ventanas: *global*, *Project*, *drawing*, *units*, *labeling* y *Project wise*, e ingresamos a *units*, dentro de ella seleccionamos *SI (sistema internacional)* dentro de este visualizamos diferentes medidas. Le damos *click* en *pressure* y seleccionamos metros columnas de agua (*m.c.a*) o como muestra en el software *mH2O*, damos *click* en *ok* para que se guarden los cambios y cerramos. (Ver figuras 19 y 20).

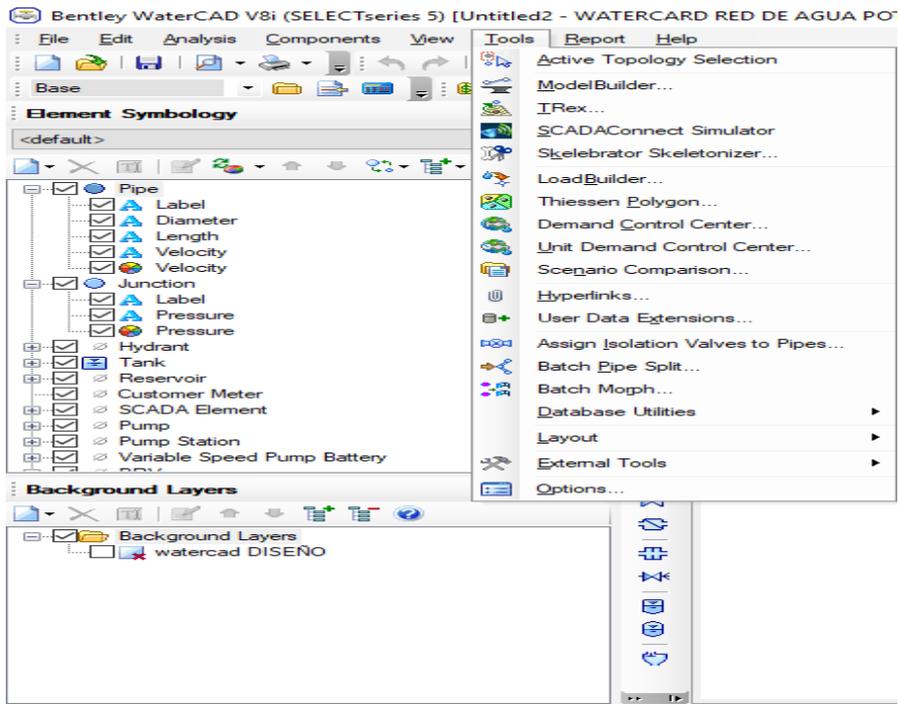


FIGURA 19. Fuente: Software WaterCad.

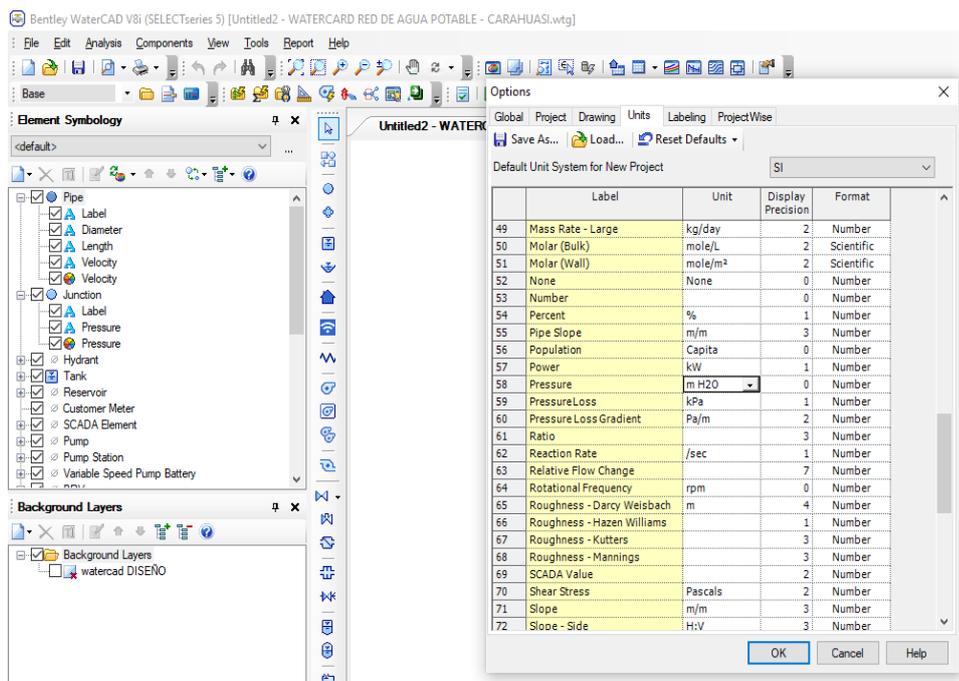
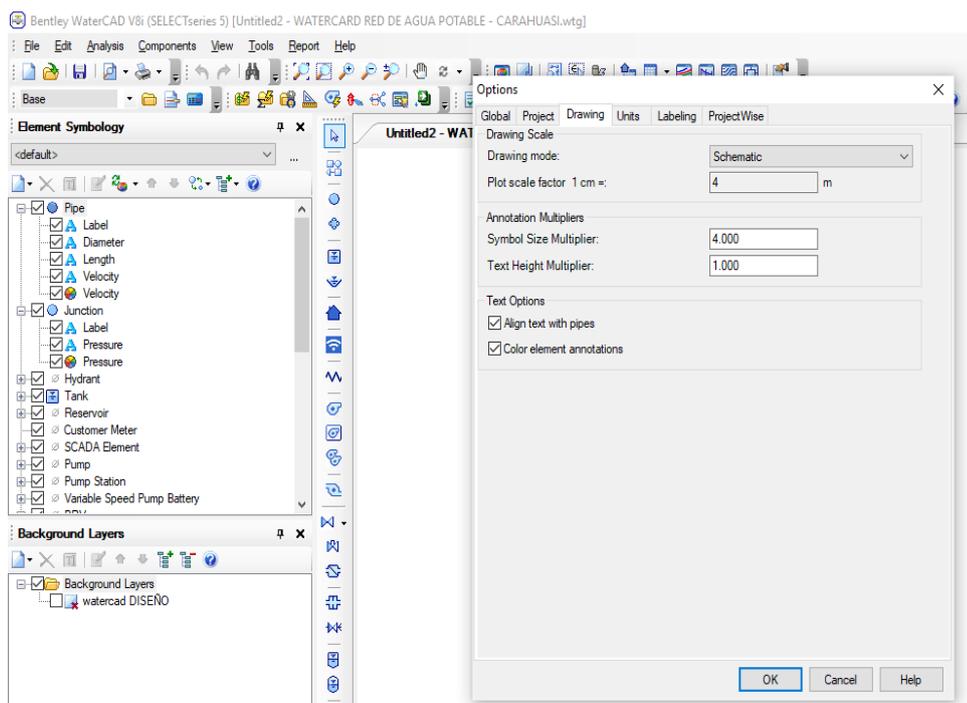


FIGURA 20. Fuente: Software WaterCad.

Volvemos a la opción *tools* le damos *click* en *options* y luego en *drawing* el cual a la hora de exportar del software AutoCAD a WaterCad esta escalado con distancias reales. El cual escogemos en el recuadro *schematic*. Damos *click* en *ok* y cerramos. (Ver figura 21).



**FIGURA 21.** Fuente: Software WaterCad.

Luego seguimos con la calculadora, le damos doble *click* en *calculation options*, acá nos muestra los métodos de fricción que pueden ser: **Darcy**, **Hazen Williams**, **Mannings**, en el cual escogemos **Hazen Williams** luego visualizaremos la temperatura del agua en el recuadro **liquid label** nosotros escogemos en 20 grados centígrados, se guardaron los cambios y cerramos. (ver figuras 22 y 23).

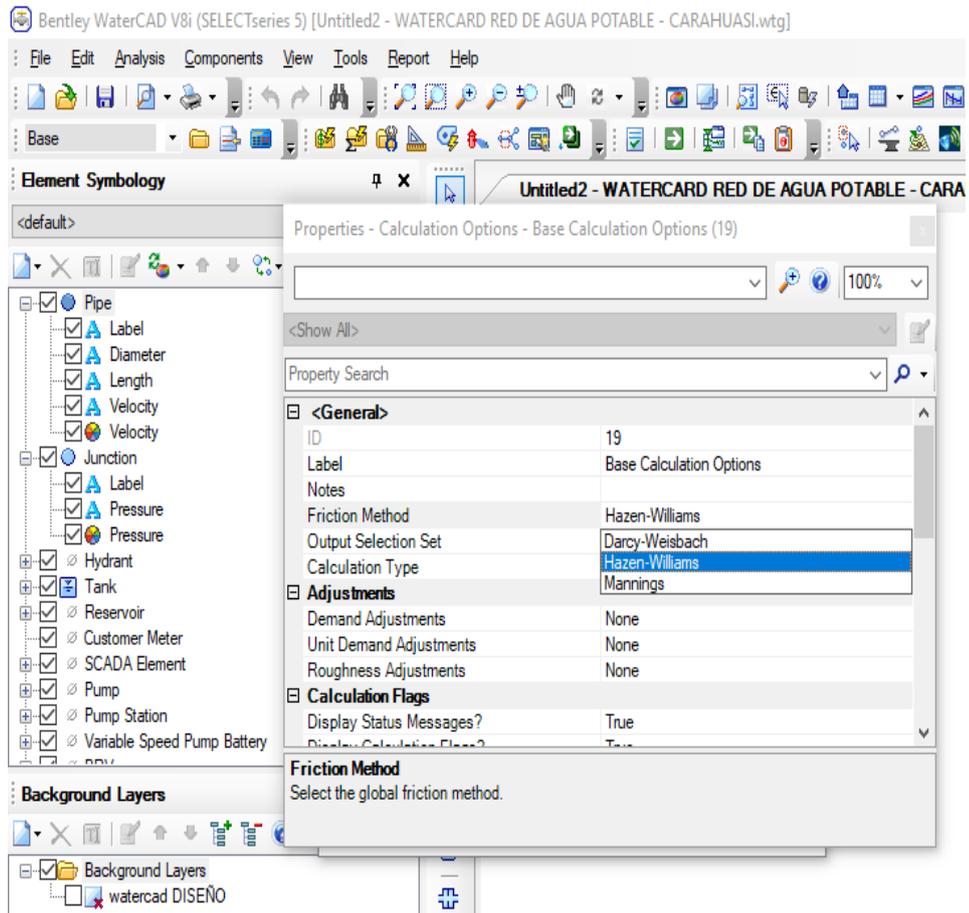


FIGURA 22. Fuente: Software WaterCad.

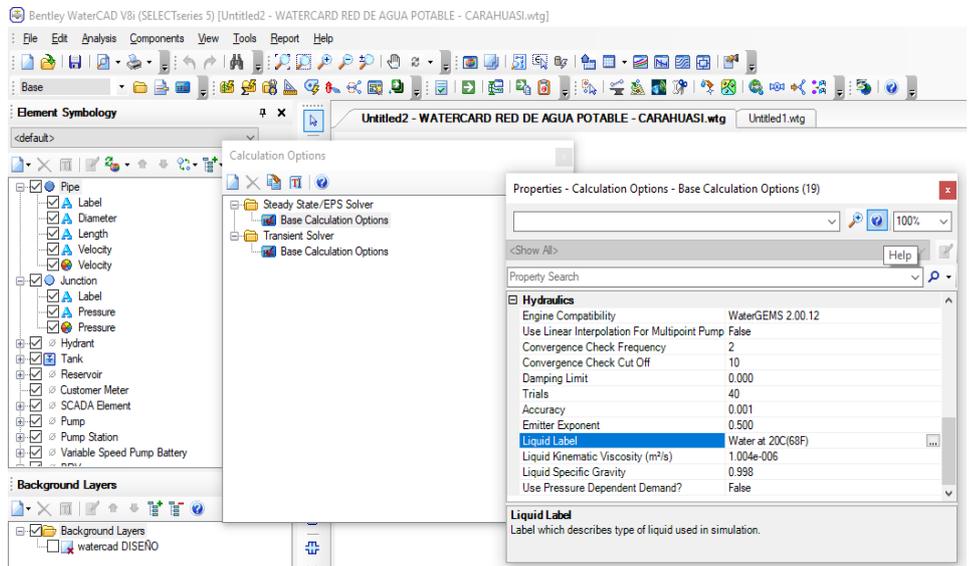


FIGURA 23. Fuente: Software WaterCad.

Pasamos a la ventana *view* y le damos *click* a la opción *prototipes* luego entramos a *pipe* que significa tuberías, damos *click* derecho y luego *click* en *new* dándonos un nuevo prototipo de tubería, nuevamente *click* en propiedades mostrándonos el diámetro de las tuberías en este caso se colocara diámetros comerciales de 55.6 es decir 2', 44.4 es decir 1 ½' y 29.4 es decir 1' y en la ventana **Hazen Williams** colocamos 150 y en la parte de material buscamos y seleccionamos **PVC**, guardamos cambios y cerramos. (Ver figuras 24, 25 y 26)

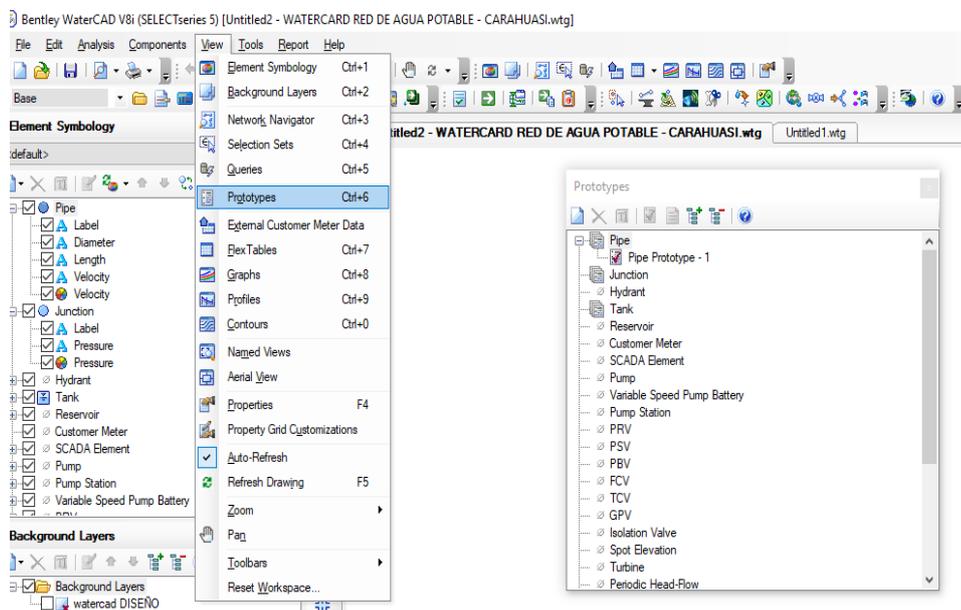


FIGURA 24. Fuente: Software WaterCad.

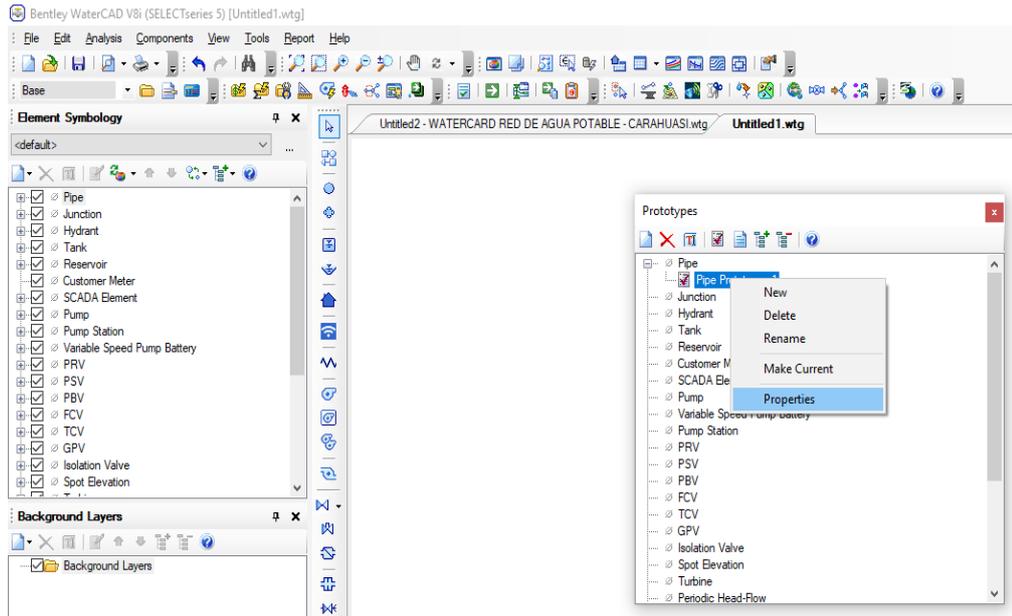


FIGURA 25. Fuente: Software WaterCad.

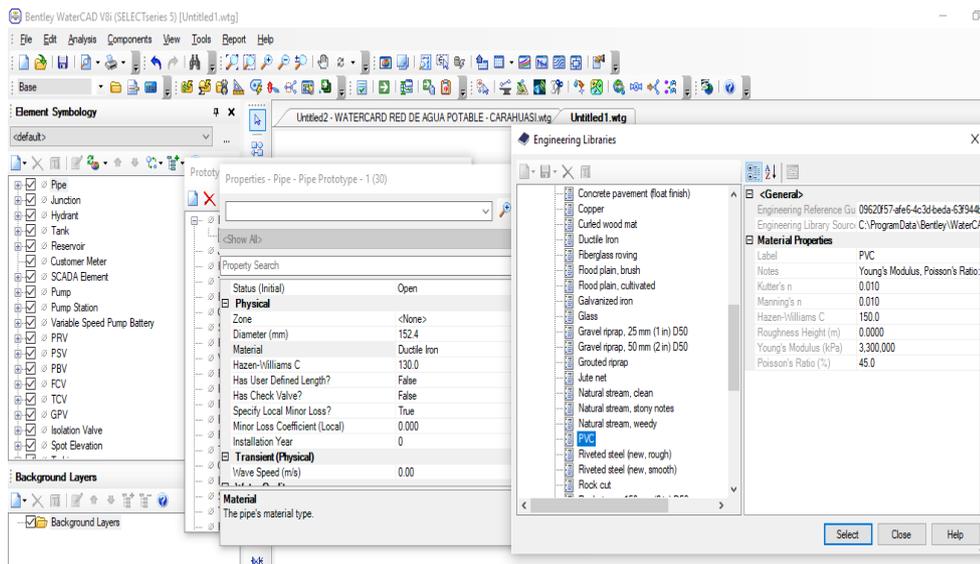
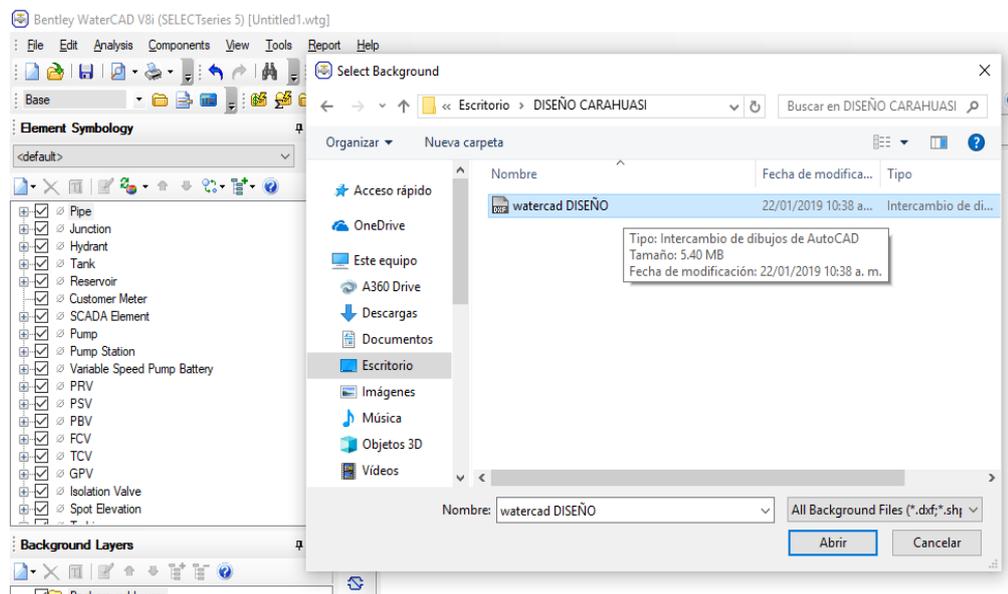


FIGURA 26. Fuente: Software WaterCad.

A continuación damos **click a new file** para comenzar a diseñar la red de agua potable del caserío Carahuasi en el cual mostrara la carpeta que fue guardada en AutoCAD con la extensión **.dxf** para poder abrirse en este software y le damos **click** en visualizar, mostrándose el proyecto el cual colocaremos las cotas que vienen a ser **junctions o J** (nodos de la red de agua potable) de acuerdo al diseño mostrado anteriormente. Para dar ingreso al reservorio es de manera muy sencilla solo seleccionando el dibujo del reservorio el cual se unirá al primer nodo para dar inicio a la red de distribución dándonos un total de 27 nodos o **junctions**. (Ver figuras 27 y 28).



**FIGURA 27.** Fuente: Software WaterCad.

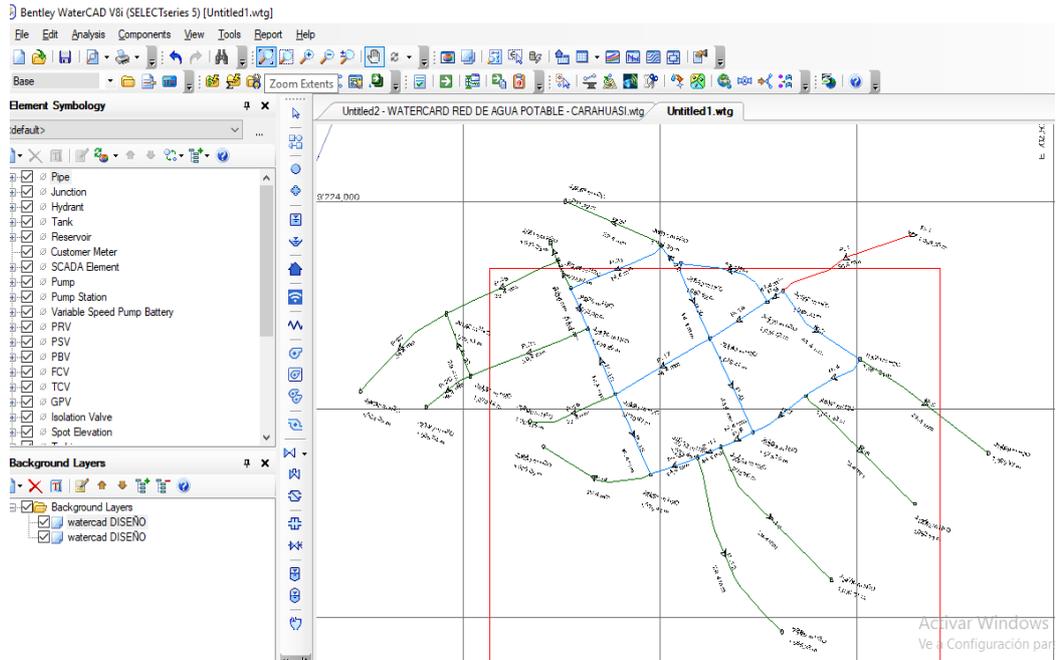


FIGURA 28. Fuente: Software WaterCad.

Ahora entramos a reportes le damos *click* a *element tables* entramos a *junctions* y colocamos las elevaciones de las cotas y cerramos. (Ver figuras 29 y 30).

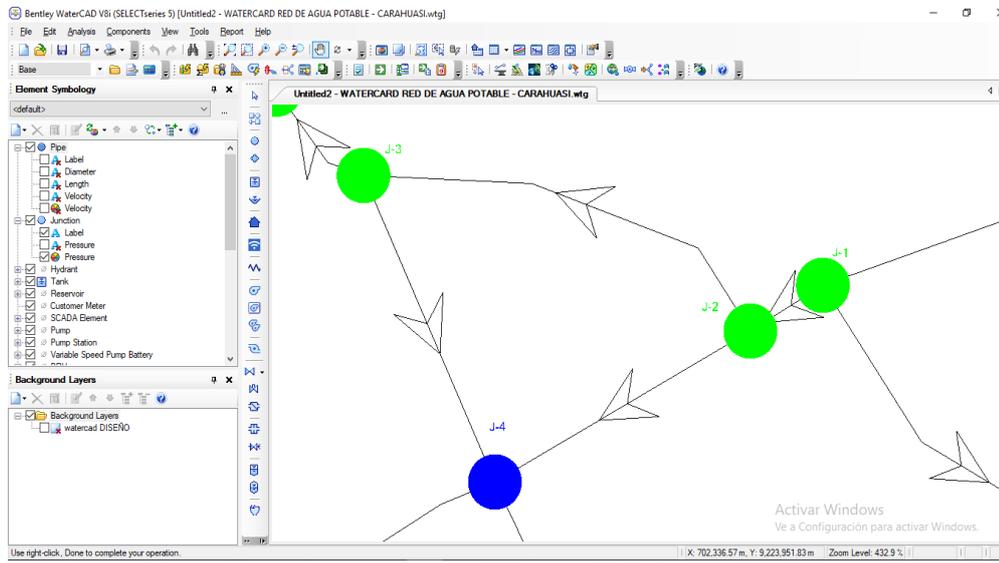


FIGURA 29. Fuente: Software WaterCad.

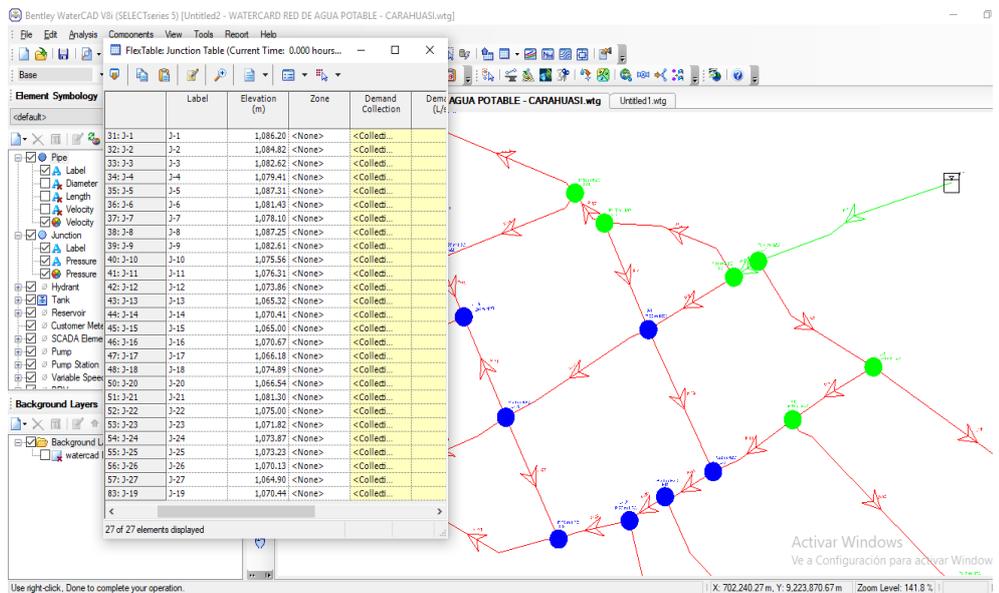


FIGURA 30. Fuente: Software WaterCad.

Nuevamente entramos a *reports click* a *element tables* pero ahora entramos a *pipe* y colocamos los diámetros de la tubería y cerramos. (Ver figura 31).

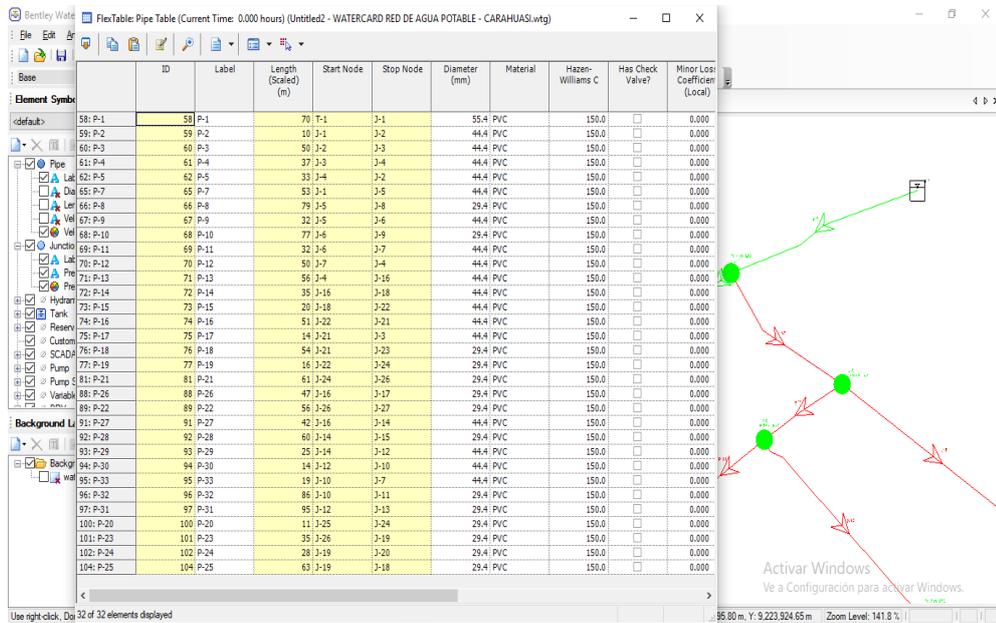


FIGURA 31. Fuente: Software WaterCad.

Ahora entramos a *tools* e ingresamos a *demand control center* en el cual vamos a colocar todas las demandas y cerramos. (Ver figuras 32 y 33).

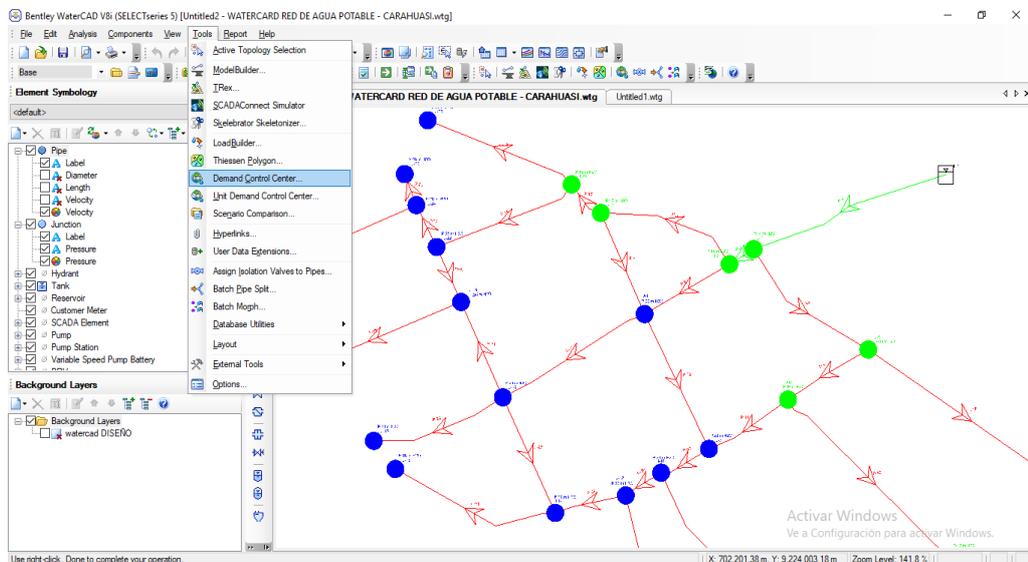


FIGURA 32. Fuente: Software watercad.

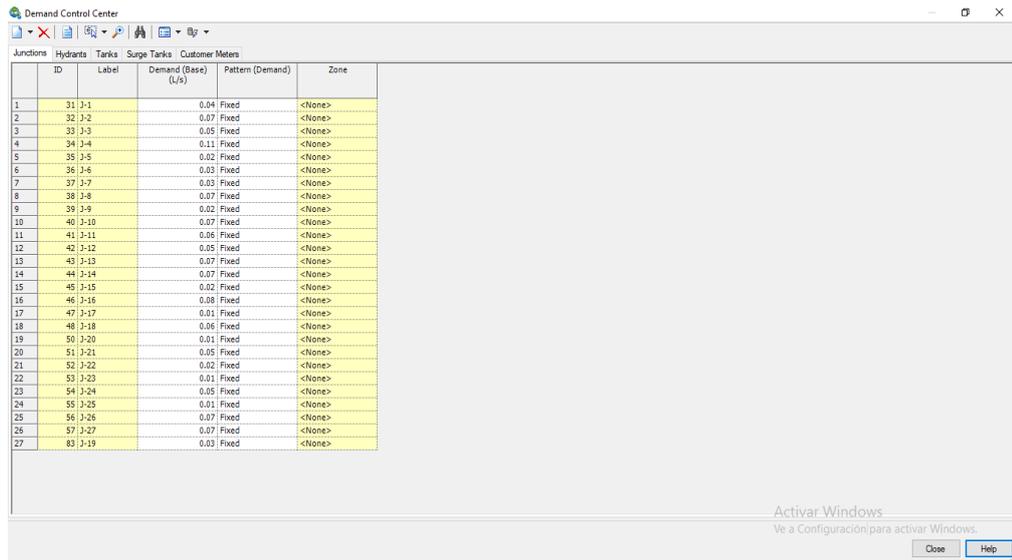


FIGURA 33. Fuente: Software WaterCad.

Ahora nos dirigimos a *report element* tablas y damos *click* en reservorio colocamos la elevación de la base que es 1999.35 y cerramos. (Ver figura 34).

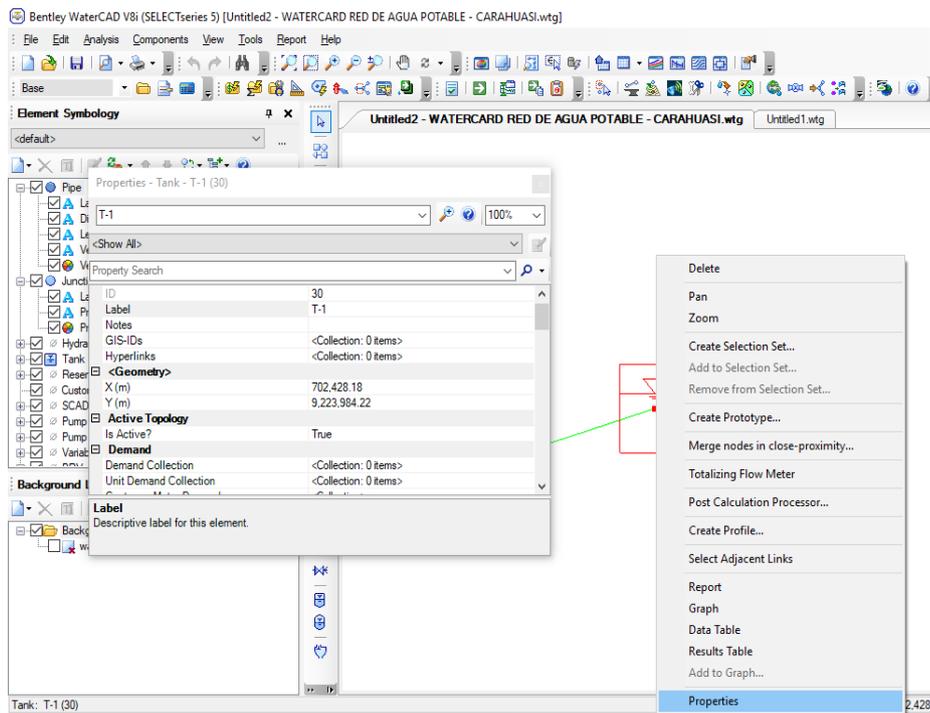


FIGURA 34. Fuente: Software WaterCad.

Damos *click* derecho al reservorio entramos a *properties* y nos dirigimos a *operating ragen* tenemos *elevación mínimo, inicial, maximun* el cual con los datos ya analizados damos paso a ingresarlos luego en volumen colocamos  $12 \text{ m}^3$  y eso sería se guardan los cambios y cerramos. (Ver figura 35).

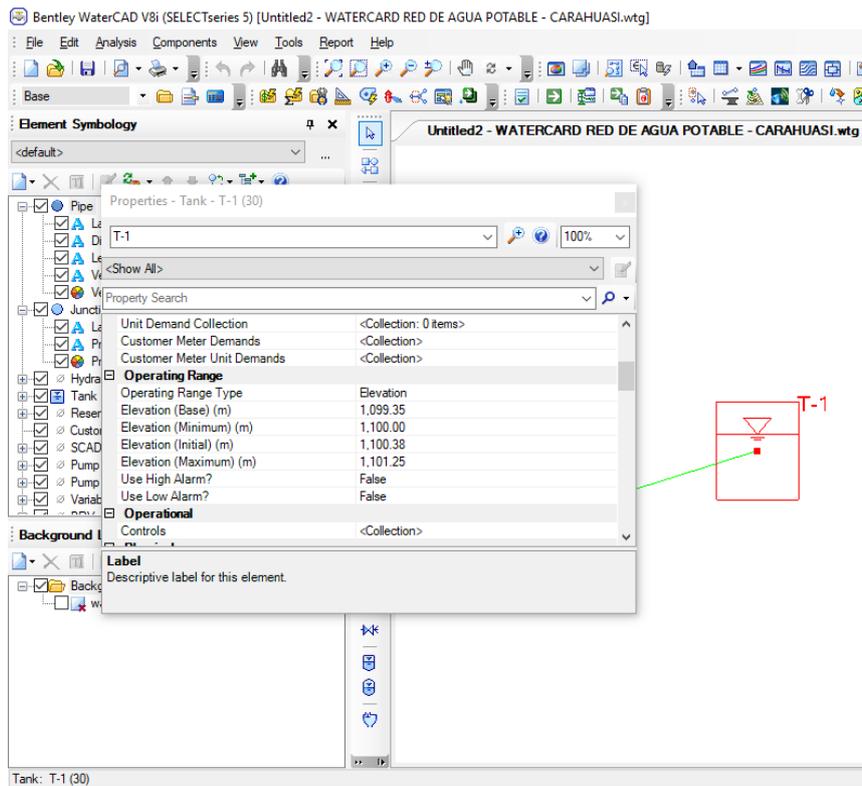


FIGURA 35. Fuente: Software WaterCad.

Le damos *click* a *validated* y nos sale que no tenemos ningún problema. (Ver figura 36).

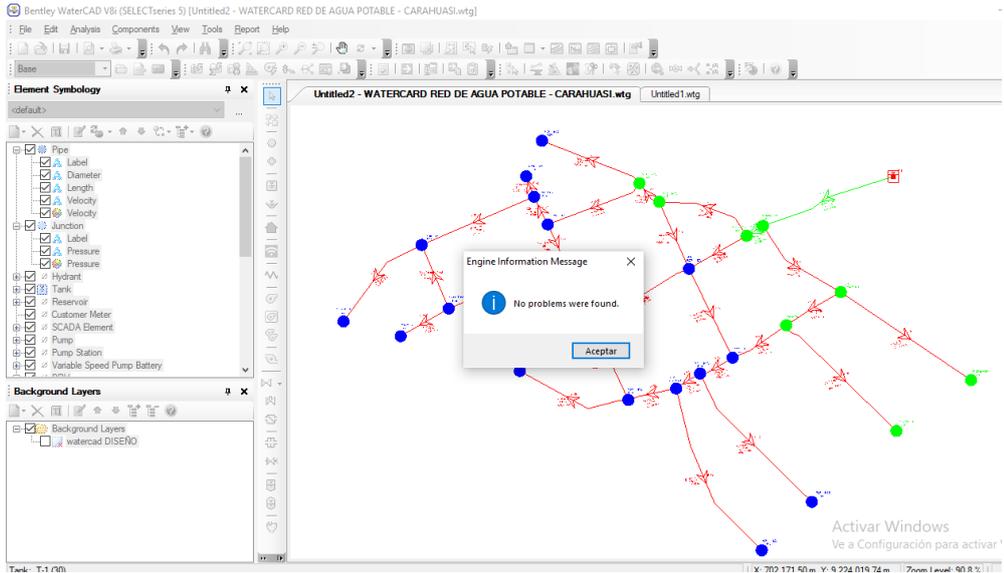


FIGURA 36. Fuente: Software WaterCad.

Para visualizar las demandas, velocidades y longitudes le damos *click* a *pipe* *anotation* y seleccionamos tanto diámetro velocidad y longitud para su respectiva modificación. (Ver figura 37).

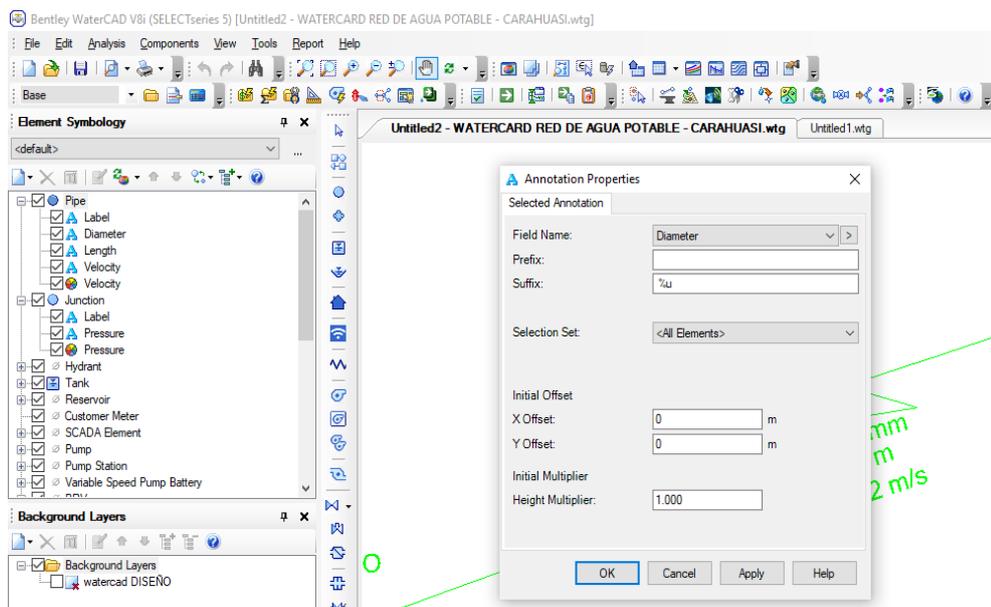


FIGURA 37. Fuente: Software WaterCad.

Nuevamente entramos a *pipe* pero ahora a color *coding* para diferenciar velocidades dentro del rango 0.3 a 3 color rojo y mayor a 3 color verde. En presión entre el rango igual o menor a 10 (m.c.a) color rojo y mayor 10 hasta menor igual que 20 (m.c.a) color verde y mayor de 20 hasta menor igual que 50 color azul. (Ver figuras 38 y 39).

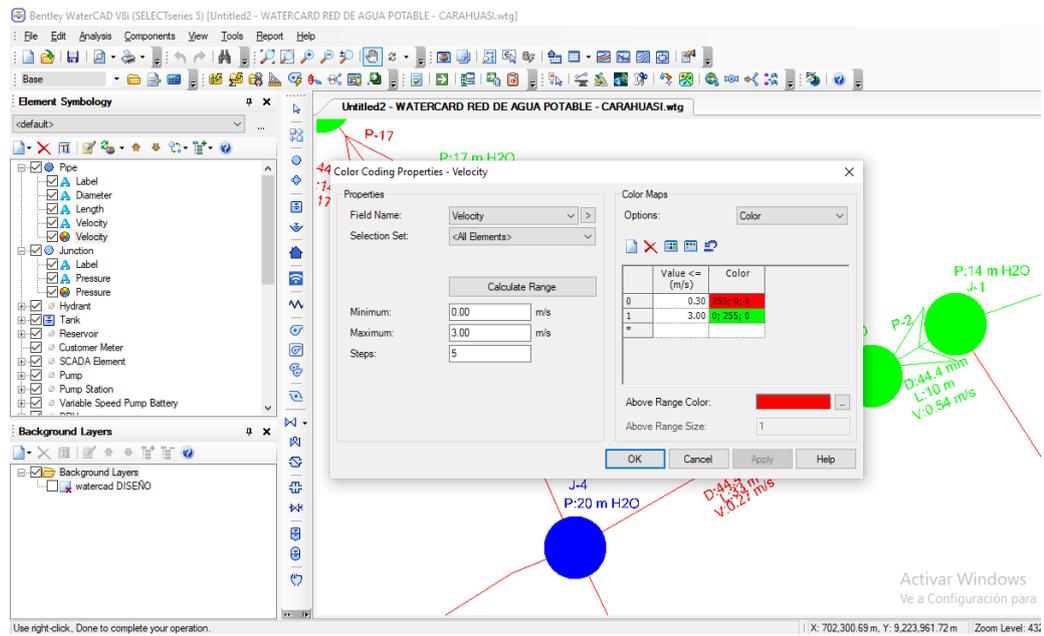


FIGURA 38. Fuente: Software WaterCad.

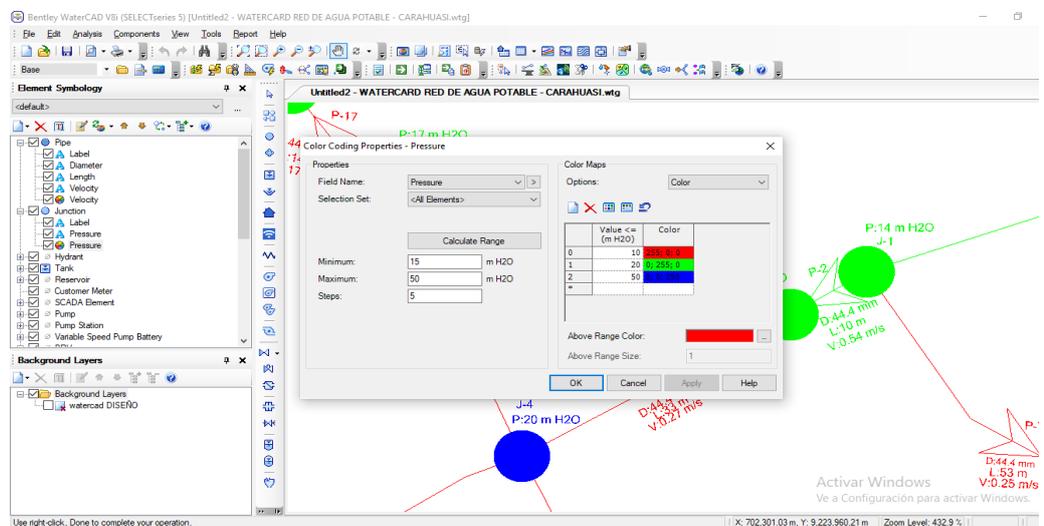


FIGURA 39. Fuente: Software WaterCad.

Mostrándonos así nuestro diseño final y de manera correcta las velocidades presiones diámetros y longitudes. (Ver imagen 37).

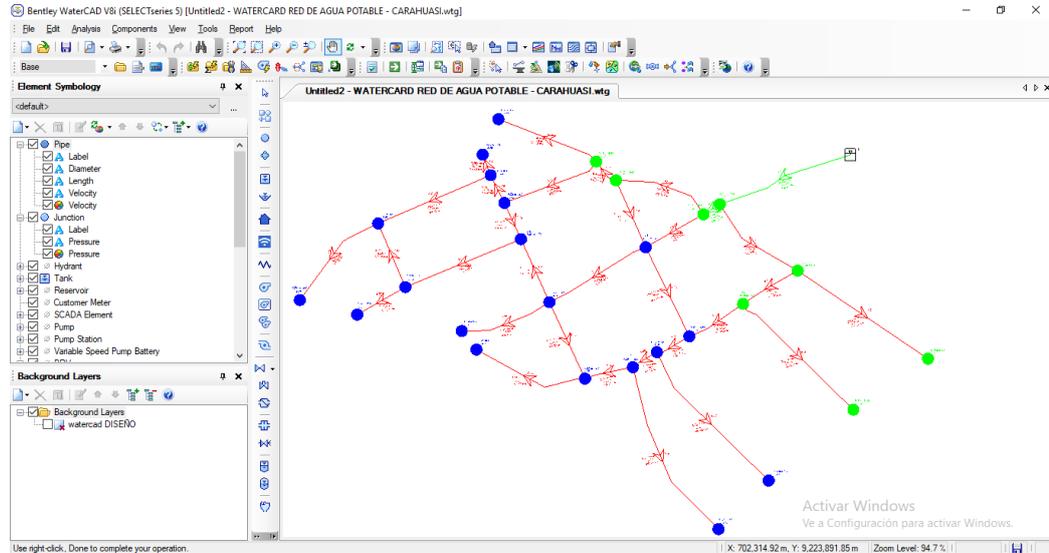


FIGURA 40. Fuente: Software WaterCad.

## **5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Luego del diseño ya mostrado, resuelto procedemos a exportar los cuadros de “nodos” y “tuberías” en hojas de Excel. Es el resultado para poder elaborar la red de agua potable del caserío de Carahuasi.

Apreciamos en este cuadro de nodos los caudales, elevaciones, grado hidráulico, velocidades, presiones. Las presiones están verificadas que no sobrepasan los 60 m.c.a o mH<sub>2</sub>O como lo especifica el RM – 192 – 2018 – vivienda.

Se aprecia el diámetro y tipo de material en el cuadro de tuberías que se utilizara en la red de agua potable.

Como vemos en la mayoría de las cotas o nodos son inferiores las velocidades de lo que nos indica en RM – 192 – 2018 – vivienda. Por lo tanto se ha instalado válvulas de purga, con un mantenimiento regular para la limpieza de lodos y sedimentos que se acumularía en el fondo de las tuberías. Estas válvulas se han instalado en las partes más bajas.

## Cuadro de tuberías

**Cuadro 12.** Velocidades, diámetros de las tuberías.

| Punto inicial | Punto final | Tuberías o pipe | Longitud en planta(m) | Diámetro (mm) | Material | Hazen-Williams C | Velocidad (m/s) |
|---------------|-------------|-----------------|-----------------------|---------------|----------|------------------|-----------------|
| T-1           | J-1         | P -1            | 70                    | 55.4          | PVC      | 150              | 0.52            |
| J-1           | J-2         | P-2             | 10                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.54            |
| J-2           | J-3         | P-3             | 50                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.22            |
| J-3           | J-4         | P-4             | 37                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.01            |
| J-4           | J-2         | P-5             | 33                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.27            |
| J-1           | J-5         | P-7             | 53                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.25            |
| J-5           | J-8         | P-8             | 79                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.1             |
| J-5           | J-6         | P-9             | 32                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.19            |
| J-6           | J-9         | P-10            | 77                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.03            |
| J-6           | J-7         | P-11            | 32                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.16            |

Nota. Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Cuadro 13.** Velocidades, diámetros de las tuberías.

| Punto inicial | Punto final | Tubería o Pipe | Longitud en planta(m) | Diámetro (mm) | Material | Hazen-Williams C | Velocidad (m/s) |
|---------------|-------------|----------------|-----------------------|---------------|----------|------------------|-----------------|
| J-7           | J-4         | P-12           | 50                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.07            |
| J-4           | J-16        | P-13           | 56                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.15            |
| J-16          | J-18        | P-14           | 35                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.07            |
| J-18          | J-22        | P-15           | 20                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.03            |
| J-22          | J-21        | P-16           | 51                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.14            |
| J-21          | J-3         | P-17           | 14                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.17            |
| J-21          | J-23        | P-18           | 54                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.01            |
| J-22          | J-24        | P-19           | 16                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.21            |
| J-24          | J-26        | P-21           | 61                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.12            |
| J-16          | J-17        | P-26           | 47                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.01            |
| J-26          | J-27        | P-22           | 56                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.1             |

Nota. Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Cuadro 14.** Velocidades, diámetros de las tuberías.

| Punto inicial | Punto final | Tubería o Pipe | Longitud en planta(m) | Diámetro (mm) | Material | Hazen-Williams C | Velocidad (m/s) |
|---------------|-------------|----------------|-----------------------|---------------|----------|------------------|-----------------|
| J-16          | J-14        | P-27           | 42                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.02            |
| J-14          | J-15        | P-28           | 60                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.03            |
| J-14          | J-12        | P-29           | 25                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.04            |
| J-12          | J-10        | P-30           | 14                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.12            |
| J-10          | J-7         | P-33           | 19                    | 44.4          | PVC      | 150              | 0.2             |
| J-10          | J-11        | P-32           | 86                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.09            |
| J-12          | J-13        | P-31           | 95                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.1             |
| J-25          | J-24        | P-20           | 11                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.01            |
| J-26          | J-19        | P-23           | 35                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.08            |
| J-19          | J-20        | P-24           | 28                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.01            |
| J-19          | J-18        | P-25           | 63                    | 29.4          | PVC      | 150              | 0.14            |

Nota. Fuente: Elaboración propia en Excel.

## Cuadro de nodos o cotas

**Cuadro 15.** Elevaciones, demandas y presiones.

| Nodo | Elevación | Demanda<br>(L/s) | Presión<br>(m.c.a) | Gradiente<br>Hidráulica (m) |
|------|-----------|------------------|--------------------|-----------------------------|
| J-1  | 1,086.20  | 0.05             | 14                 | 1,099.99                    |
| J-2  | 1,084.82  | 0.01             | 15                 | 1,099.92                    |
| J-3  | 1,082.62  | 0.01             | 17                 | 1,099.85                    |
| J-4  | 1,079.41  | 0.07             | 20                 | 1,099.85                    |
| J-5  | 1,087.31  | 0.05             | 13                 | 1,099.90                    |
| J-6  | 1,081.43  | 0.05             | 18                 | 1,099.86                    |
| J-7  | 1,078.10  | 0.07             | 22                 | 1,099.84                    |
| J-8  | 1,087.25  | 0.05             | 13                 | 1,099.85                    |
| J-9  | 1,082.61  | 0.02             | 17                 | 1,099.86                    |
| J-10 | 1,075.56  | 0.03             | 24                 | 1,099.81                    |
| J-11 | 1,076.31  | 0.06             | 23                 | 1,099.78                    |
| J-12 | 1,073.86  | 0.07             | 26                 | 1,099.81                    |
| J-13 | 1,065.32  | 0.03             | 34                 | 1,099.75                    |
| J-14 | 1,070.41  | 0.01             | 29                 | 1,099.81                    |
| J-15 | 1,065.00  | 0.03             | 35                 | 1,099.80                    |
| J-16 | 1,070.67  | 0.07             | 29                 | 1,099.81                    |
| J-17 | 1,066.18  | 0.02             | 34                 | 1,099.73                    |

Nota. Fuente: Elaboración propia en Excel.

**Cuadro 16.** Elevaciones, demandas y presiones.

| Nodo | Elevación | Demanda (L/s) | Presión<br>(m.c.a) | Gradiente<br>Hidráulica (m) |
|------|-----------|---------------|--------------------|-----------------------------|
| J-18 | 1,074.89  | 0.11          | 25                 | 1,099.81                    |
| J-19 | 1,070.44  | 0.07          | 29                 | 1,099.80                    |
| J-20 | 1,066.54  | 0.08          | 33                 | 1,099.73                    |
| J-21 | 1,081.30  | 0.01          | 18                 | 1,099.83                    |
| J-22 | 1,075.00  | 0.01          | 25                 | 1,099.80                    |
| J-23 | 1,071.82  | 0.02          | 28                 | 1,099.83                    |
| J-24 | 1,073.87  | 0.07          | 26                 | 1,099.77                    |
| J-25 | 1,073.23  | 0.02          | 26                 | 1,099.77                    |
| J-26 | 1,070.13  | 0.07          | 30                 | 1,099.72                    |
| J-27 | 1,064.90  | 0.06          | 35                 | 1,099.69                    |

Nota. Fuente: Elaboración propia en Excel.

## 6. CONCLUSIONES

Se obtiene con los resultados que:

1. Se logró diseñar la red de agua potable para el caserío de Carahuasi con los software AutoCAD y WaterCAD, que tiene como resultados los cuadros de nodos y tuberías. Y de acuerdo al RM – 192 – 2018 – vivienda que cumplan con las normas correctas.
2. El diseño hidráulico de la captación 1 nos dio la obtención de los varios resultados como el diámetro de la tubería de ingreso de PVC clase 7.5 de 2” o 55.4. mm, determinación del ancho de la pantalla 0.90 m, la longitud entre el punto de afloramiento y cámara húmeda 1.2 m, altura de la cámara húmeda 0.80 m, diámetro de la canastilla de 4” y longitud de esta de 0.16m y diámetro de la tubería de rebose de 2”.
3. El volumen del reservorio fue de 15 m<sup>3</sup> para el diseño de esta investigación.
4. Cota topográfica o *Junctions* 15 y 27 son los nodos de mayor presión estática con 35 (m.c.a) dentro del diseño de red de agua potable del caserío de Carahuasi. Se finaliza que el diseño cumple con la normativa vigente <sup>(1)</sup> que dice que no deberá superar la presión estática de 60 m H<sub>2</sub>O.

5. Cotas (*Junctions*) 1 y 2 son los nodos de menor presión estática con 14 y 15 m.c.a (mH<sub>2</sub>O) respectivamente dentro del diseño de red de agua potable del caserío de Carahuasi. Se finaliza que el diseño cumple con la normativa vigente <sup>(1)</sup> que dice que la presión estática mínima no debe ser menor que 5 mH<sub>2</sub>O.
6. Tubería (P-2) se da velocidad mayor en todas las tuberías con una velocidad de 0.54 m/s.
7. Tuberías (P-20, P-24, P-26, P-4, P-18) se da las velocidades menores en todas las tuberías con una velocidad de 0.01 m/s.
8. En mayoría de las tuberías se desarrollaron velocidades bajas debido a la poca demanda en el caserío, por esto se instalará 5 válvulas de purga. Las válvulas de purga en el diseño se instalarán en las partes más bajas teniendo claro su mantenimiento por los lodos y sedimentos. También se 6 válvulas compuerta para un correcto diseño.
9. Desde la captación hasta el reservorio la línea de conducción contendrá tuberías clase 7.5 – 2” o 55.4 mm con longitud de 1010.19 ml.
10. El diseño de red en el caserío contendrá tuberías clase 10 – 1” o 29.44 mm con longitud de 815.67 ml, tuberías de clase 7.5 – 1 ½” o 44.4 mm con longitud de 530.44 ml. También con instalaciones de accesorios como tees, codos, etc.

## **7. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS**

### **Recomendaciones**

1. En el RM – 192 – 2018 – vivienda se recomienda verificar las presiones y velocidades que el programa elabora y así poder desarrollar un correcto diseño y evitar algún problema o falla.
2. Realizar un mantenimiento regular para la limpieza de lodos y sedimentos donde se han instalado las válvulas de purga para que el fluido no falle en la red de distribución.
3. No alterar las redes de diseño para evitar problemas de corte de agua potable, perjudicando a todo el poblado del caserío de Carahuasi.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Resolución Ministerial N°- 192 - vivienda. Norma: guía de opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y saneamiento en el ámbito rural. Acceso 2018.
2. Agüero R. AGUA POTABLE PARA POBLACIONES RURALES. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento. Acceso 1997. Disponible en: <https://es.slideshare.net/yanethyovana/agua-potable-parapoblacionesruralesroger-aguero-pittman>.
3. Patricio B. “DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA AUGUSTO VALENCIA CANTÓN VINCES, PROVINCIA DE LOS RIOS, QUITO”. Acceso 2016. Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOL%C3%8DVAR%20PATRICIO%20L%C3%81RRAGA%20JURADO\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOL%C3%8DVAR%20PATRICIO%20L%C3%81RRAGA%20JURADO_.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
4. Villagra A., Pereyra G., Molina D., Seron N., Goupillat C. “ALGORITMOS EVOLUTIVOS HÍBRIDOS PARA EL DISEÑO Y OPERACIÓN EFICIENTE DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE”. Acceso 2016. Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52719/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52719/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

5. Quevedo T. “DISEÑO DE LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA POBLACIÓN DE CUYUJA COMO PARTE DE LAS OBRAS DE COMPENSACIÓN DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO VICTORIA”. Acceso 2016.  
Disponible en:  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11254/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
  
6. Doroteo F. “DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, CONEXIONES DOMICILIARIAS Y ALCANTARILLADO DEL ASENTAMIENTO HUMANO “LOS POLLITOS” – ICA, USANDO LOS PROGRAMAS WATERCAD Y SEWERCAD”. Acceso 2014.  
Disponible en:  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581935/DOROTEO\\_CF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581935/DOROTEO_CF.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  
7. Muñoz C. “DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE LUCMA, DISTRITO DE TARICA, PROVINCIA DE HUARAZ”. Acceso 2018. Disponible en:  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/26942/Chuqui\\_MN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/26942/Chuqui_MN.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

8. Guevara B. "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA EN LA LOCALIDAD DE HUAÑIPO-SAN ANTONIO, PICOTA, SAN MARTÍN". Acceso 2018.  
Disponible en:  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/27401/Guevara\\_DBG.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/27401/Guevara_DBG.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  
9. SILVA C. "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y UNIDADES DE SANEAMIENTO BÁSICO EN EL CASERÍO CHUGURSILLO, CENTRO POBLADO LLAUCÁN, DISTRITO DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC - CAJAMARCA". Acceso 2018. Disponible en:  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25093/silva\\_rc.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25093/silva_rc.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  
10. Cusquisibán R. "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL DISTRITO EL PRADO, PROVINCIA DE SAN MIGUEL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA". Acceso 2013. Disponible en:  
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/609/T%20628.162%20C984%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

11. Pretel C. “DISEÑO DEL MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y LETRINAS CON ARRASTRE HIDRÁULICO DE LOS ANEXOS LAS CONTOYAS, EL CABUYAL Y PEÑA GRANDE DEL CASERÍO LOS HIGOS - DISTRITO DE SANTA CRUZ DE TOLED - CONTUMAZÁ – CAJAMARCA”. Acceso 2018.  
Disponible en:  
[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25208/pretel\\_mc.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25208/pretel_mc.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  
12. Weatherspark. CLIMA PROMEDIO DE DISTRITO NANCHOC, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA.  
Acceso 2018. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/19279/Clima-promedio-en-Nanchoc-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>.
  
13. Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. COMPENDIO ESTADISTICO DEPARTAMENTAL. Acceso 2007. Disponible en:  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0834/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0834/libro.pdf).
  
14. Emapad – Ep. EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE DURÁN - EMPRESA PÚBLICA. Acceso 2017. Disponible en: <http://www.emapad.gob.ec/home/9-ultimas-noticias/121-reservorios-de-agua>.

15. GUIA Y ORIENTACION DE SANEAMIENTO BASICO.

Municipalidades rurales. Acceso 2012. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm>.

16. Aguirre, F. ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA

COMUNIDADES RURALES. MACHALA. Acceso 2015. Disponible en:

<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento>.

17. ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO. Universidad

nacional de ingeniera. Acceso 2014. Disponible en:

<https://es.slideshare.net/Evargs1992/cmaras-rompe-pesin>

18. Fustamante N. MANUAL PARA LA CLORACION DEL AGUA EN

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL

AMBITO RURAL. Acceso 2017. Disponible en:

[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf).

19. Hyc. "TUBERIAS PVC". Acceso 2016. Disponible en:

<http://www.hyc.com.pe/producto/21/TUBERIAS-PVC>.

20. Usaid. “MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD”. Acceso 2016. Disponible en: [http://observatoriodescentralizacion.org/descargas/wp-content/uploads/2017/08/manual\\_23.pdf](http://observatoriodescentralizacion.org/descargas/wp-content/uploads/2017/08/manual_23.pdf).
21. Arotoma A. “CALCULO DE CÁMARA ROMPE PRESIÓN”. Disponible en: <https://edoc.site/calculo-de-camara-rompe-presion-pdf-free.html>.
22. Juanpi R. “CAMARA ROMPRE PRESION”. Disponible en: <https://edoc.site/camara-rompe-presion-3-pdf-free.html>.
- 23.** Vierendel. Población. Abastecimiento de agua y alcantarillado. 4ta edición Perú; 2015.

## ANEXOS



**FOTOGRAFÍA 1.** Cámara rompe presión antigua. Fuente: Captura de foto propia.



**FOTOGRAFÍA 2.** Captación existente en el caserío Carahuasi. Fuente: Captura de foto propia.



**FOTOGRAFÍA 3.** Toma de cotas en el caserío de Carahuasi. Fuente: Captura de foto propia.



**FOTOGRAFÍA 4.** Reservorio existente en el caserío Carahuasi. Fuente: Captura de foto propia.

## Informe de Ensayo N° 12-32

| Parámetro                     | Norma/Metodo  | Límite de Detección   | Tiempo máximo de conservación recomendado/obligado |
|-------------------------------|---|---|--|
| Conductividad                 | SMEWW,APHA,AWWA,WEF-Part 2510 A,B 22nd Ed, 2012       | uS/cm   | 28d  |
| pH                            | SMEWW,APHA,AWWA,WEF Part 4500 H+ A,B 22nd Ed, 2012    | Units pH  | 0.25h  |
| Metales por ICP (A.S)         | EPA 200.7, Rev 4.4, 1994                              | Ag <0.00155,Al <0.026,As <0.0133,Ba <0.0000358,<br>Be <0.0000481,B <0.00814,Ca <0.00416,Cd <0.000145,<br>Ce <0.00451,Co <0.000148,Cr <0.0000296,Cu <0.000387, Fe <0.000723,Hg <0.0000326,K <0.0365,Li <0.0000669,<br>Mg <0.00255,Mn <0.00000659,Mo <0.000495,Se <0.0163,<br>Na <0.107,Ni <0.000316,P <0.00481,Pb <0.00158,<br>Sb <0.00667,Sl <0.0369,Sn <0.00391,Sr <0.0000419,<br>Ti <0.000104,Tl <0.00549,V <0.000724,Zn <0.000557 (mg/L) | 30d  |
| Aceites y Grasas              | EPA METHOD 1664 Rev. A                                | <0.98 mg/l  | 28d  |
| Cianuro Wad                   | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500                         | <0.007 mg/L   | 14d  |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | CN- A, B, I, E, 22nd Ed, 2012                         | <2.0 mg/l   | 48h  |
| Demanda Química de Oxígeno    | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210                         | <4.62 mg/l  | 28d  |
| Fluoruros*                    | A,B, 22nd Ed, 2012                                    | <0.01 mg/l  | 28d  |
| Nitratos*                     | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 A,                      | <0.013 mg/L   | 48h  |
| Nitritos                      | C 22nd Ed, 2012                                       | <0.009 mg/L   | 48h  |
| Oxígeno Disuelto              | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O A, B, C 22nd Ed, 2012 | <0.08 mg/l  | 8d   |
| Sulfatos                      | SMEWW,APHA,AWWA,WEF Part 4500SO42- A,E 22nd Ed, 2012  | <0.60 mg/l  | 28d  |

**FIGURA 41.** Análisis físico y químico de la fuente de agua. Fuente: Estudio Propio.



0

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : 06 botellas de plastico de 1L, 03 botellas de plastico de 500ml, 21 botellas de plastico de 250ml, 06 botellas de vidrio de 1L, 03 botellas de vidrio de 300ml, 03 frascos winkler Preservadas

MUESTREO : Muestras tomadas por Cliente

**FIGURA 42.** Análisis físico y químico de la fuente de agua. Fuente: Estudio Propio.

## Informe de Ensayo N° 12-32

| Código de Laboratorio    | Código de Cliente | Item de Ensayo   | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | HUEVOS HELMINTOS                 | ESTRUCTURA PARASITARIA | Resultado/L |
|--------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|------------------------|-------------|
| T-812-32-01              | M-01              | Agua Superficial | 21/10/2014        | 12:30            | <b>HELMINTOS</b>                 |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>PHYLLUM NEMATHELMINTOS</b>    |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE NEMATODES</b>           |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Ascaris lumbricoides</i>      | Huevo                  | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE PHASMIDEA</b>           |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Strongyloides stercoralis</i> | Larva                  | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Ancylostomidos</i>            | Huevos                 | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Trichuris trichiura</i>       | Huevos                 | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>PHYLLUM PLATELMINTOS</b>      |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE CESTODE</b>             |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Taenia sp</i>                 | Huevos                 | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Hymenolepis nana</i>          | Huevos                 | Ausencia    |
| <b>CLASE TREMATODE</b>   |                   |                  |                   |                  |                                  |                        |             |
| <i>Fasciola hepatica</i> | Huevos            | Ausencia         |                   |                  |                                  |                        |             |
| T-812-32-02              | M-02              | Agua Superficial | 21/10/2014        | 12:45            | <b>HELMINTOS</b>                 |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>PHYLLUM NEMATHELMINTOS</b>    |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE NEMATODES</b>           |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Ascaris lumbricoides</i>      | Huevo                  | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE PHASMIDEA</b>           |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Strongyloides stercoralis</i> | Larva                  | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Ancylostomidos</i>            | Huevos                 | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Trichuris trichiura</i>       | Huevos                 | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>PHYLLUM PLATELMINTOS</b>      |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE CESTODE</b>             |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Taenia sp</i>                 | Huevos                 | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Hymenolepis nana</i>          | Huevos                 | Ausencia    |
| <b>CLASE TREMATODE</b>   |                   |                  |                   |                  |                                  |                        |             |
| <i>Fasciola hepatica</i> | Huevos            | Ausencia         |                   |                  |                                  |                        |             |
| T-812-32-02              | M-03              | Agua Superficial | 21/10/2014        | 13:00            | <b>HELMINTOS</b>                 |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>PHYLLUM NEMATHELMINTOS</b>    |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE NEMATODES</b>           |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Ascaris lumbricoides</i>      | Huevo                  | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE PHASMIDEA</b>           |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Strongyloides stercoralis</i> | Larva                  | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Ancylostomidos</i>            | Huevos                 | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <i>Trichuris trichiura</i>       | Huevos                 | Ausencia    |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>PHYLLUM PLATELMINTOS</b>      |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE CESTODE</b>             |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE TREMATODE</b>           |                        |             |
|                          |                   |                  |                   |                  | <b>CLASE TREMATODE</b>           |                        |             |

Modelamiento con el software watercad: tuberías, diámetros, ajuste de presión, material y longitud en las estructuras de captación, cámara de rompe presión y reservorio.

| ESTRUCTURA  | ELEVACIÓN (m) | DIÁMETRO (mm) | GRADIENTE HIDRÁULICA (m) | AJUSTE DE PRESIÓN INICIAL (m.c.a) | MATERIAL | HAZEN-WILLIAMS C | VELOCIDAD (m/s) | LONGITUD (m) |
|-------------|---------------|---------------|--------------------------|-----------------------------------|----------|------------------|-----------------|--------------|
| CAPTACIÓN 1 | 1,171.68      | 55.4          | 1,172.75                 | -                                 | -        | -                | -               | -            |
| P-43        | -             | 55.4          | -                        | -                                 | PVC      | 150              | 2.42            | 89           |
| CRP-T6      | 1,207.80      | 55.4          | 1,115.00                 | 0                                 | -        | -                | -               | -            |
| P-44        | -             | 55.4          | -                        | -                                 | PVC      | 150              | 2.42            | 70           |
| RESERVORIO  | 1,099.35      | 55.4          | 1,100.38                 | -                                 | -        | -                | -               | -            |

Nota. Fuente: Elaboración propia en Excel.

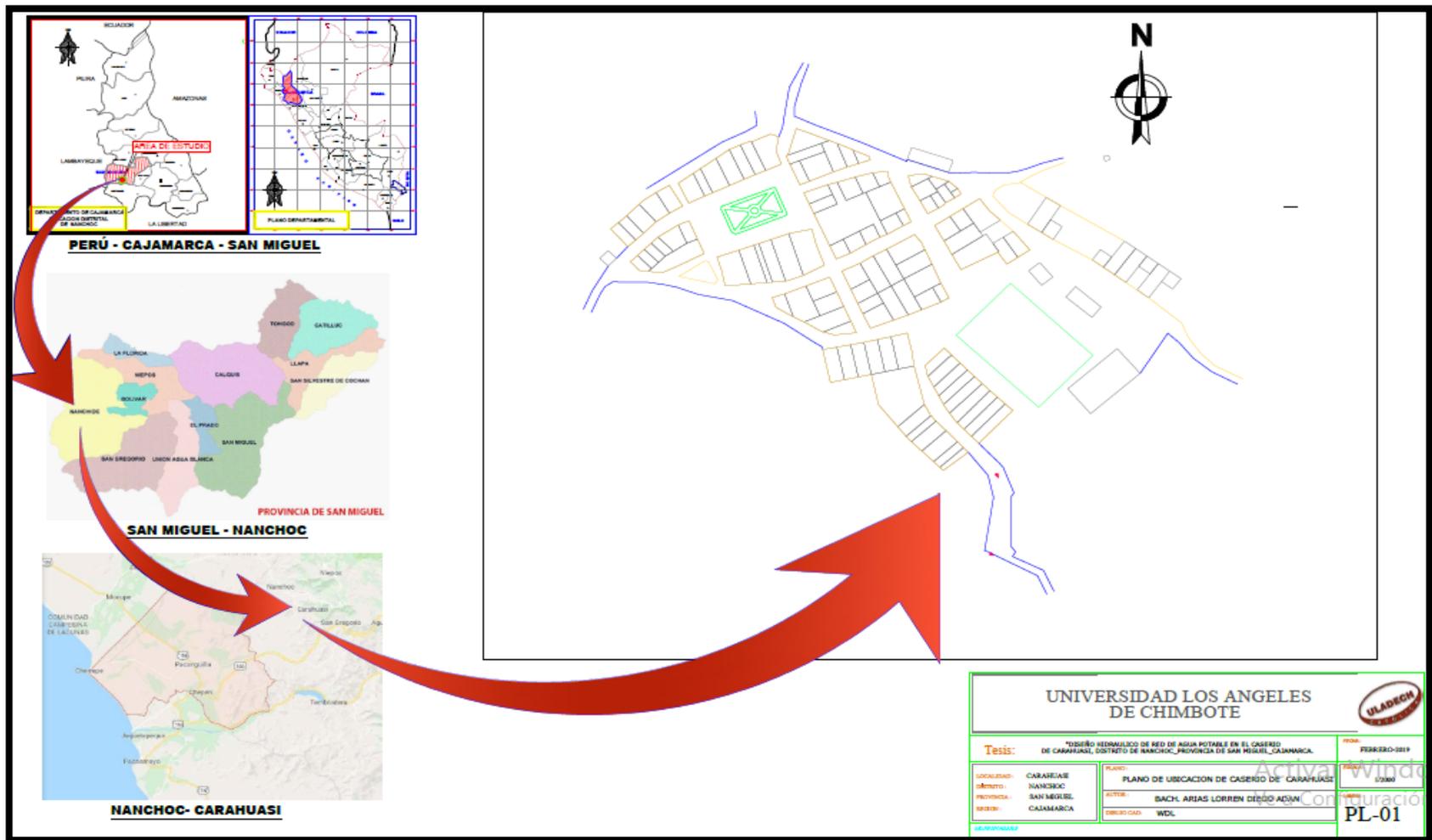


Figura 44. Plano de ubicación. Fuente: Elaboración propia en AutoCAD.

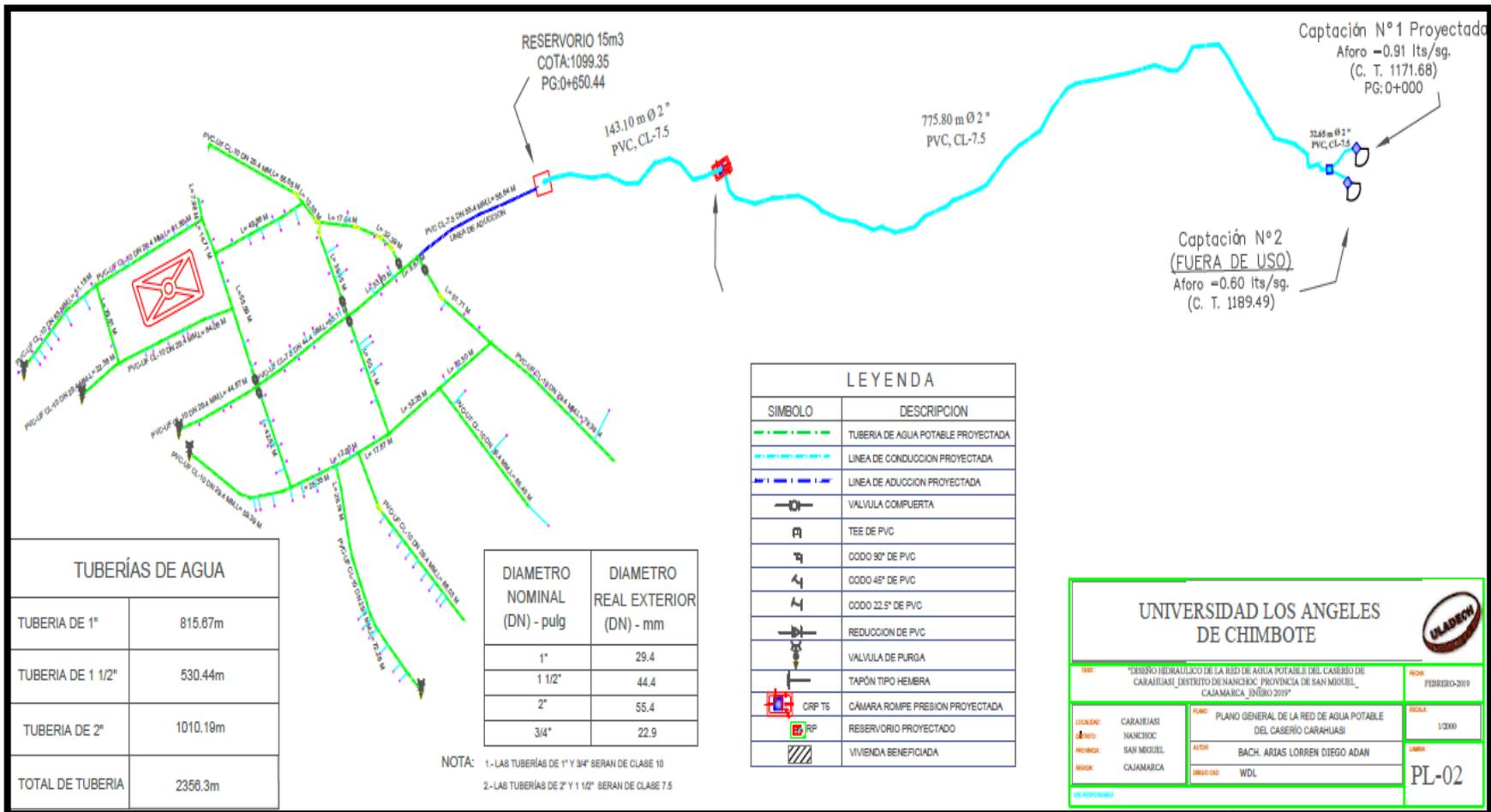


Figura 45. Plano general de red de agua potable. Fuente: Elaboración propia en AutoCAD.

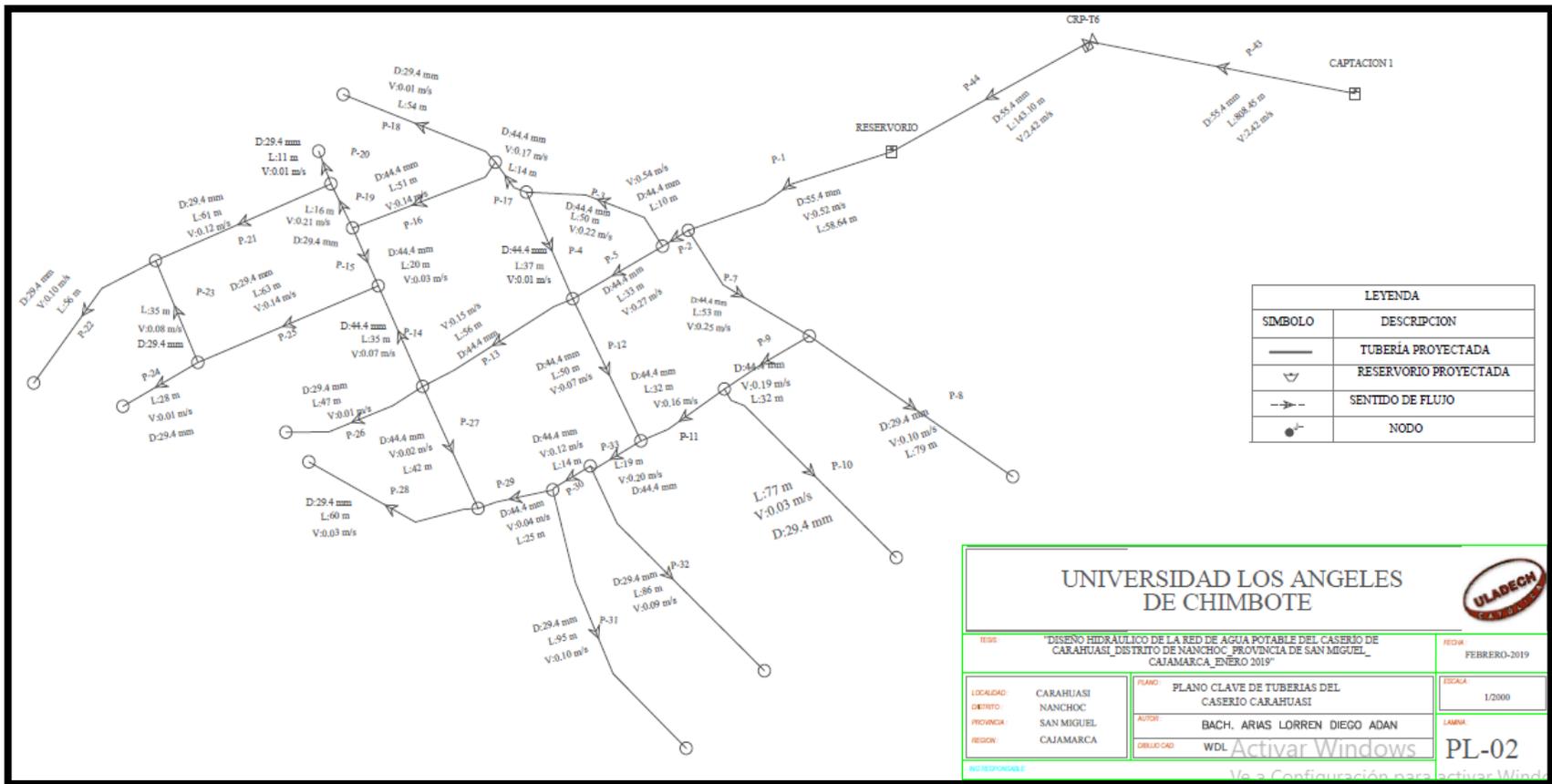
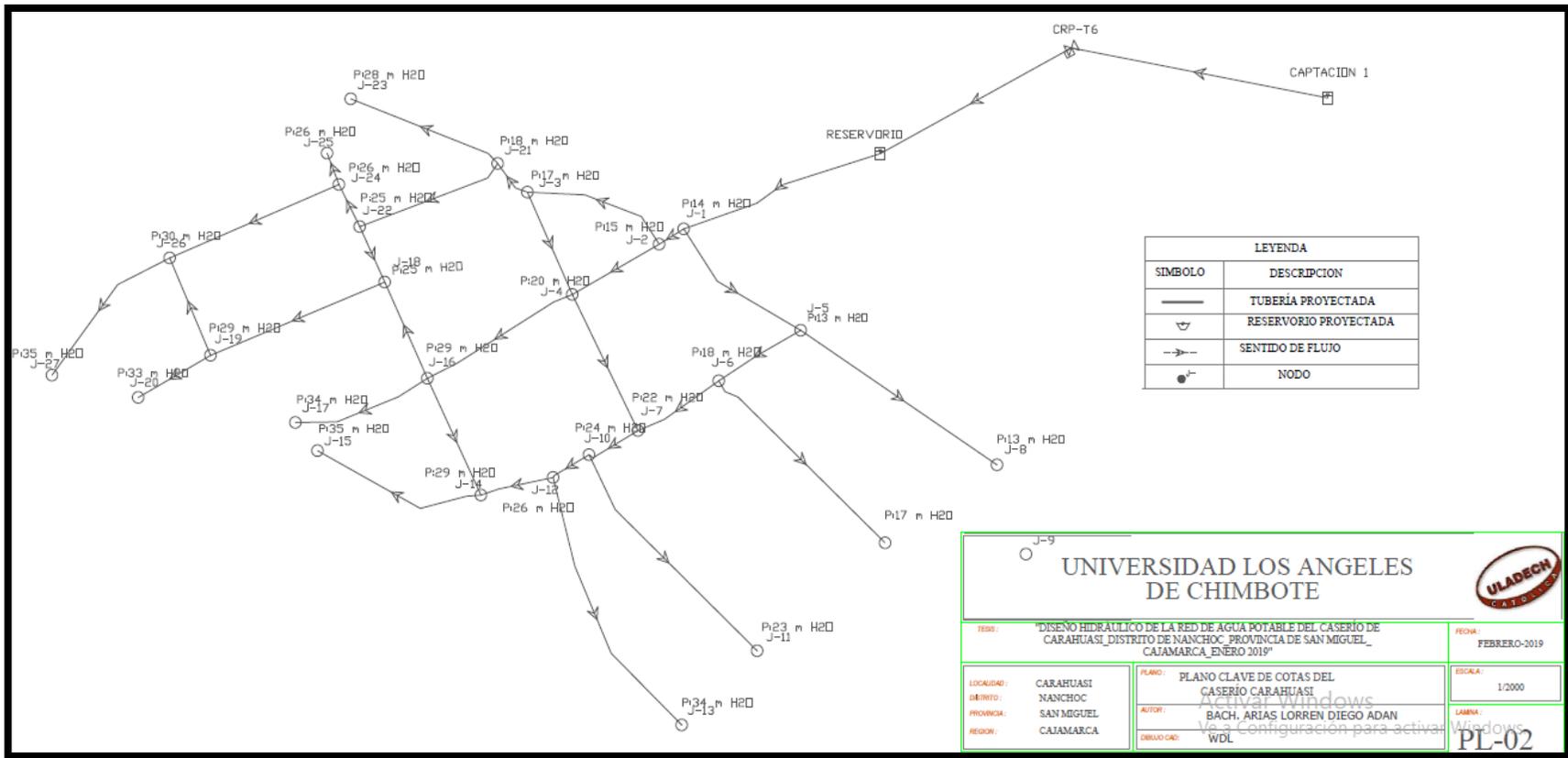
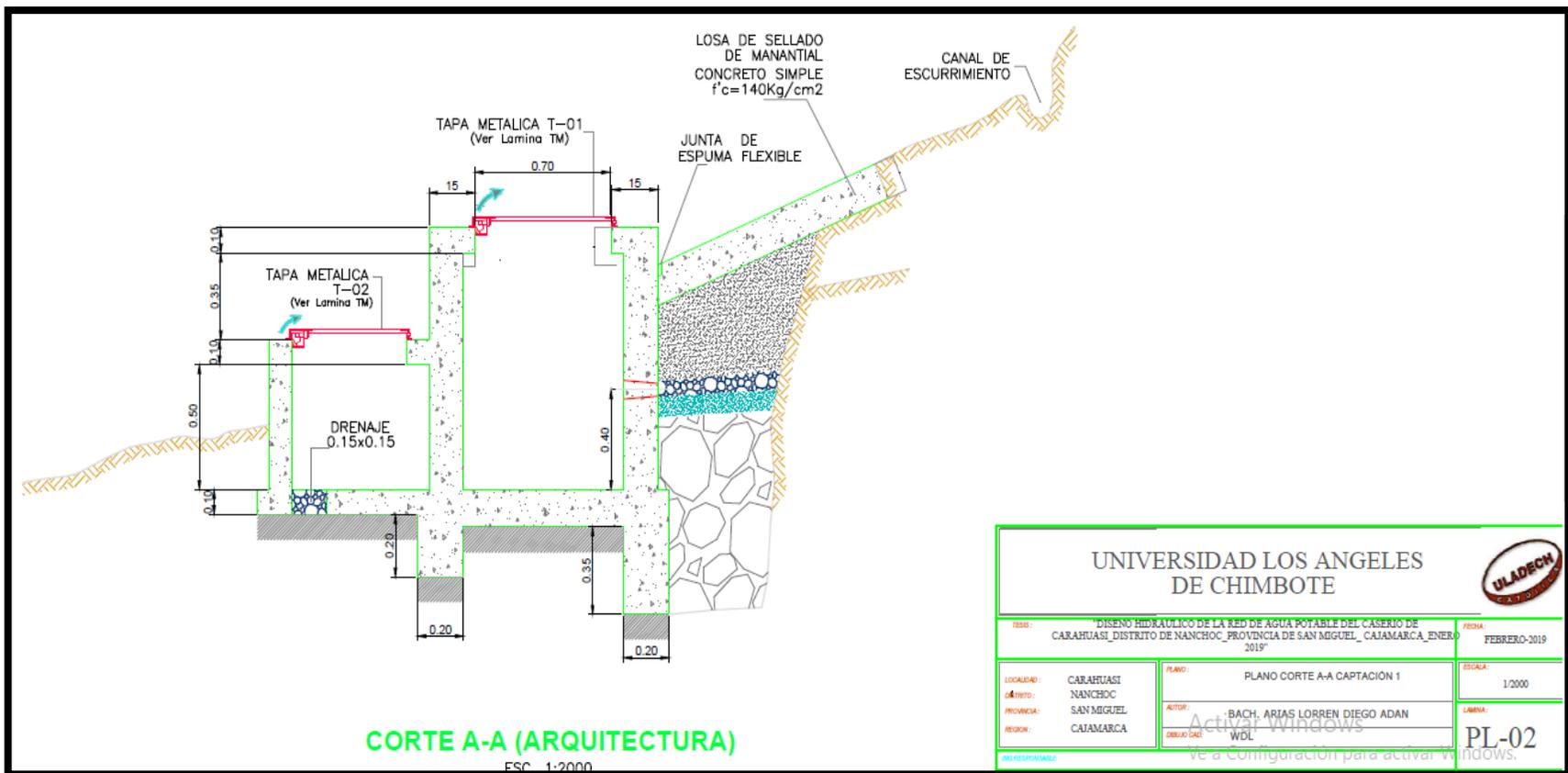


Figura 46. Plano clave de tuberías. Fuente: Elaboración propia en AutoCAD.



**Figura 47.** Plano clave de cotas o nodos. Fuente: Elaboración propia en AutoCAD.



**Figura 48.** Plano de corte A-A captación 1. Fuente: Elaboración propia en AutoCAD.

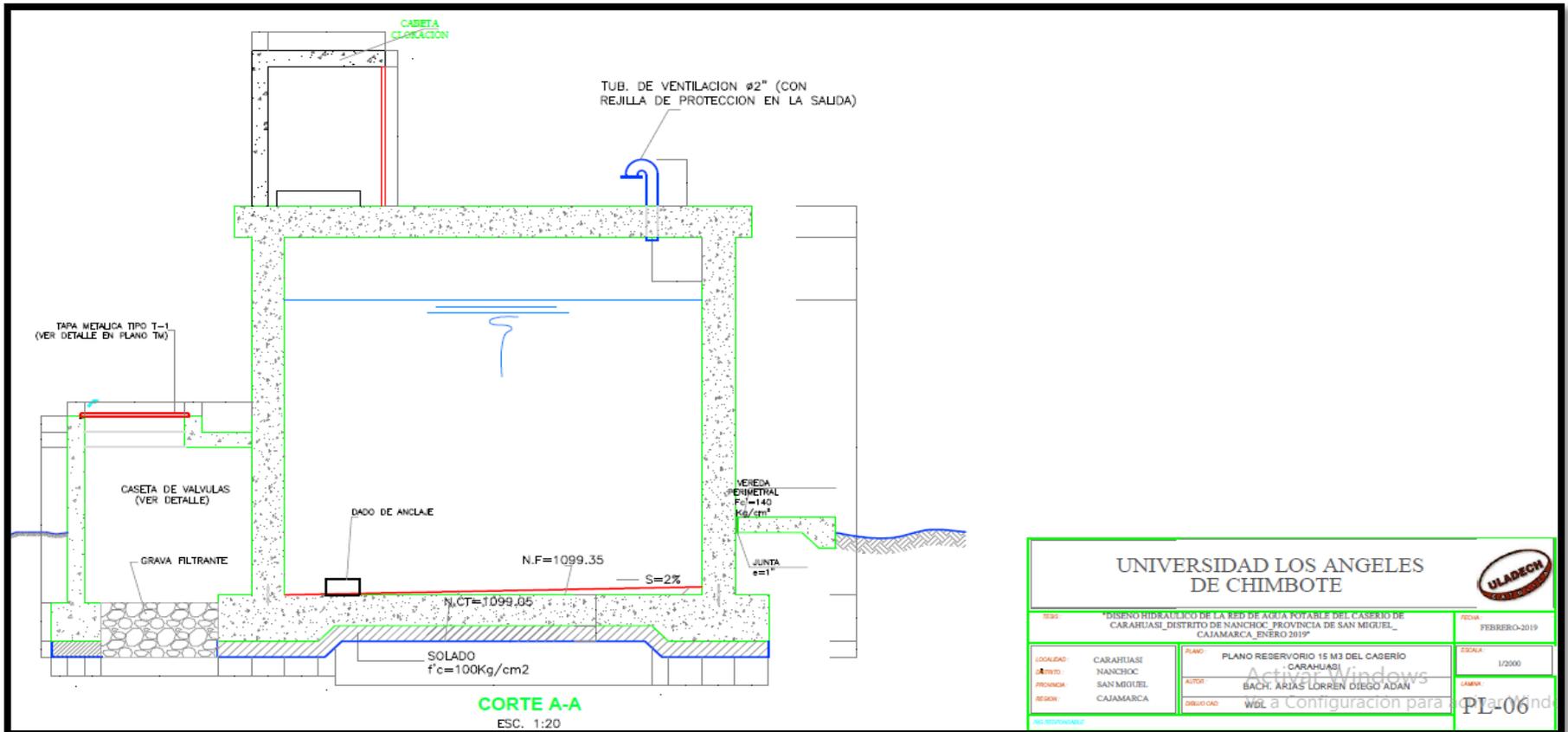


Figura 49. Plano de corte A-A reservorio. Fuente: Elaboración propia en AutoCAD.