



**Evaluación y rediseño del sistema de distribución de agua potable de la Brigada  
de Aviación del Ejército 15 “Paquisha”.**

Basurto Galeas, Kevin Sebastián y Chisag Ayala, Luis Alberto

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto, Ph.D.

18 de agosto del 2023



## Basurto\_Chisag\_Trabajo de Titulación...

### Scan details

Scan time:  
August 21th, 2023 at 20:5 UTC

Total Pages:  
40

Total Words:  
9814

### Plagiarism Detection



| Types of plagiarism |      | Words |
|---------------------|------|-------|
| ● Identical         | 2.1% | 206   |
| ● Minor Changes     | 0.9% | 90    |
| ● Paraphrased       | 1.3% | 130   |
| ● Omitted Words     | 0%   | 0     |

### AI Content Detection



Text coverage  
● AI text  
○ Human text

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
DARIO ROBERTO  
BOLANOS GUERRON

**Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto, Ph.D.**

C. C.: 1715206593

**Director**



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Civil**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Evaluación y rediseño del sistema de distribución de agua potable de la Brigada de Aviación del Ejército 15 Paquisha”** fue realizado por los señores **Basurto Galeas, Kevin Sebastián y Chisag Ayala, Luis Alberto**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 24 de agosto de 2023

Firma:



**Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto, Ph.D.**

C. C.: 1715206593



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Basurto Galeas, Kevin Sebastián** y **Chisag Ayala, Luis Alberto**, con cédulas de ciudadanía N° **1720567344** y **1753968138**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Evaluación y rediseño del sistema de distribución de agua potable de la Brigada de Aviación del Ejército 15 Paquisha”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 22 de agosto de 2023**

Firma

**Basurto Galeas, Kevin Sebastián**

C.C.: 1720567344

Firma

**Chisag Ayala, Luis Alberto**

C.C.: 1753968138



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Civil**

**Autorización de Publicación**

Nosotros **Basurto Galeas, Kevin Sebastián** y **Chisag Ayala, Luis Alberto**, con cédulas de ciudadanía N° **1720567344** y **1753968138**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Evaluación y rediseño del sistema de distribución de agua potable de la Brigada de Aviación del Ejército 15 Paquisha”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 22 de agosto de 2023**

Firma

**Basurto Galeas, Kevin Sebastián**

C.C.: 1720567344

Firma

**Chisag Ayala, Luis Alberto**

C.C.: 1753968138

## **Dedicatoria**

A mi querida madre, Vilma Galeas, quien me enseñó que para lograr algo significativo es necesario comprometerse plenamente, siendo ella misma un ejemplo palpable de dedicación y esfuerzo. Esta dedicatoria va impregnada de su inmenso amor y constante atención hacia mí, así como su motivación incansable día tras día.

A mi abuelita Mercedes Quila, un ejemplo de una mujer incansable, quien me enseñó a ser una persona humilde y honrada. Aunque ya no se encuentre físicamente presente, sé que desde el cielo ella siente un inmenso orgullo por este logro tan importante.

A mi abuelito, Ángel Galeas, que a pesar de no haberlo conocido mucho, siempre procuró mi bienestar y felicidad. Desde el cielo, estoy seguro de que sonrío de satisfacción ante cada logro que alcance.

A mis madrinas, Marina Galeas y Liliana Elsener, y a mi padrino, Jorge Espín, por su firme y constante apoyo incondicional. Fue su constante respaldo lo que me impulsó a avanzar en mi formación académica con determinación.

Por último, en reconocimiento de todas las noches largas sin dormir, los viajes agotadores y extenuantes, y a pesar de todas las adversidades que enfrenté, no fueron obstáculo para que pueda cumplir un sueño más.

***Kevin Sebastián Basurto Galeas***

## **Dedicatoria**

Dedicar estas páginas que reflejan el esfuerzo y dedicación es un acto de profundo agradecimiento y reconocimiento hacia aquellas personas que han dejado huellas imborrables en mi camino académico y personal.

A mis padres, Alberto Chisag y Rosa Ayala, quienes son una fuente inagotable de apoyo incondicional, cuya confianza ha sido mi mayor inspiración. Sus sacrificios y enseñanzas han sido el cimiento sobre el cual he construido mi formación personal y profesional.

A mi hermana, Elizabeth Chisag, que a más de su apoyo incondicional, ha sido mi mayor inspiración para alcanzar mis sueños. Su determinación incansable y su capacidad para sobreponerse a los desafíos han dejado una impresión profunda en mi camino.

A mis profesores y tutor, cuyo conocimiento y orientación han sido fundamentales en mi formación académica. Cada clase, cada consejo y cada crítica constructiva han enriquecido mi proceso de aprendizaje y crecimiento.

Finalmente, a mis queridos amigos y futuros colegas, quienes me han acompañado en esta travesía, brindándome su apoyo y su valiosa amistad. Siempre he encontrado en ustedes una red de afecto y confianza que ha fortalecido mi resiliencia. Que sigamos avanzando hacia horizontes llenos de sabiduría y comprensión.

***Luis Alberto Chisag Ayala***

## Agradecimiento

A Dios, quien me acompaña en el transcurso de mi vida, otorgándome sabiduría y fortaleza para poder alcanzar todos mis objetivos. En esta etapa universitaria me brindó la protección y salud necesaria para superar todos los desafíos que se presentaron en el camino.

A mi querida madre, Vilma Galeas, por darme la vida y su esfuerzo incansable, por ser quien forjó mi camino y estuvo a mi lado en cada paso, guiándome con paciencia para enmendar mis equivocaciones. Su apoyo inquebrantable ha sido mi constante impulso, alentándome a perseverar y convertirme en un profesional.

A mi abuelita Mercedes Quila, quien me brindo su ayuda incondicional y el aliento para seguir adelante. Guardo con cariño todas las experiencias y memorables momentos que compartí con ella.

A mi madrina y tía, Marina Galeas, quien siempre me ha impulsado a seguir adelante y no rendirme. A mi padrino, Jorge Espín, por confiar en mí desde el inicio de este grandioso sueño. No me puedo olvidar de mi otra madrina, Liliana Elsener, por siempre tenerme presente y brindarme su apoyo a lo largo de mi vida.

A mis tíos y tías, mi más sincero agradecimiento por su ayuda, por sus mensajes motivadores y por estar presentes en mi vida. A mis primos, gracias por su apoyo incondicional.

A mis amigos Adrián, Alexander, Anthony, Bryan, Carla, Cinthya, Daniela, Fernando, Jeff, Lupita, Marco, Magui y a todos aquellos que tuve el privilegio de conocer en esta etapa universitaria, por ser compañeros excepcionales y sacarme siempre una sonrisa.

A mi insustituible amigo y compañero de titulación Luis, tu constante apoyo ha sido un pilar fundamental en este camino. Este trabajo refleja el esfuerzo y dedicación que hemos puesto para culminar nuestra carrera universitaria.



Finalmente, deseo expresar mi más profundo agradecimiento al Dr. Darío Bolaños, su destreza como docente al compartir su vasto conocimiento con los estudiantes es admirable. Además, no puedo dejar de resaltar su calidad humana, por demostrar siempre su paciencia y ser la guía en la culminación de esta etapa universitaria.

***Kevin Sebastián Basurto Galeas***

## Agradecimiento

Quiero iniciar agradeciendo a Dios, por su infinita bondad y gracia, que me han guiado y sostenido en cada paso de mi trayectoria hasta alcanzar este significativo punto en mi vida.

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a mis padres, Alberto Chisag y Rosa Ayala. Su constante apoyo emocional y sus palabras de aliento fueron elementos fundamentales que contribuyeron de manera significativa en la consecución de este logro tan especial en mi vida.

Asimismo, a mi querida hermana Elizabeth Chisag, por su inquebrantable apoyo y aliento a lo largo de este viaje académico. Su valioso ejemplo a seguir y consejos han sido una fuente de inspiración para alcanzar este logro.

A mi tutor, el Dr. Darío Bolaños, por su invaluable guía a lo largo de la realización de este proyecto. Sus conocimientos profundos, paciencia y dedicación han sido fundamentales para enriquecer este trabajo.

No puedo pasar por alto el invaluable aporte de mis compañeros de clase y colegas, iniciando con Kevin, mi mejor amigo y compañero de titulación, que ha sido más que un amigo, un apoyo constante y una fuente inagotable de ánimo a lo largo de este viaje académico.

Carla, mi más sincero agradecimiento por demostrarme que la amistad no conoce barreras de tiempo, eres una persona que en un breve lapso se convirtió en una fuente inestimable de apoyo y compañía hacia la culminación de este proyecto.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a un amigo excepcional, alguien cuya generosidad y amabilidad me ayudaron en un momento de necesidad durante la finalización de nuestra novatada. Mi amigo Alex.

Margarita, una amiga excepcional, cuya capacidad de escucha empática y apoyo incondicional se convirtieron en un refugio invaluable durante los desafíos que se presentaron, tanto en mi vida personal como profesional.

Alexander, mi entera gratitud, a tu habilidad de compartir experiencias con humor y autenticidad, ya fuera lecciones de vida o simplemente momentos cómicos, convirtiéndose en un recordatorio de que la risa es un poderoso aliado en cualquier travesía.

Daniela, una gran persona y amiga, su capacidad para mantener una perspectiva positiva y solidaria, incluso en medio de los desafíos, es ejemplo claro de cómo una persona encara la vida y afronta las situaciones que se le presentan.

Marco, un gran amigo, con tus ocurrencias y chistes han demostrado que incluso en las situaciones más serias, hay espacio para la diversión.

Lupita, excelente amiga y persona, su humildad, responsabilidad y disposición para colaborar y compartir tus conocimientos de manera modesta ha sido un reflejo admirable de su carácter genuino.

Anthony, un excelente amigo, su dedicación y responsabilidad constante han sido una fuente de inspiración y apoyo en mi trayectoria universitaria.

Cintha, una amiga extraordinaria, cuya contagiosa alegría y energía positiva se han convertido en una luz al final del túnel en medio de desafíos y presiones.

Y por último, pero no menos importante, Jeff, cuyo inmenso conocimiento y sabiduría han sido una fuente invaluable de orientación y apoyo desde el momento en que lo conocí.

***Luis Alberto Chisag Ayala***

## Índice de Contenidos

|   |    |
|---|----|
| Dedicatoria.....                            | 6  |
| Agradecimiento.....                         | 8  |
| Índice de Contenidos .....                  | 12 |
| Índice de Tablas.....                       | 16 |
| Índice de Figuras .....                     | 17 |
| Resumen .....                               | 19 |
| Abstract.....                               | 20 |
| Capítulo I .....                            | 21 |
| Introducción.....                           | 21 |
| Antecedentes .....                          | 22 |
| Justificación.....                          | 22 |
| Objetivos .....                             | 23 |
| Objetivo General.....                       | 23 |
| Objetivo Específicos .....                  | 24 |
| Capítulo II .....                           | 25 |
| Metodología .....                           | 25 |
| Niveles de Investigación.....               | 25 |
| Exploratoria.....                           | 25 |
| Explicativo.....                            | 25 |
| Aspectos físicos .....                      | 25 |
| Ubicación Geográfica.....                   | 25 |
| Características de la zona de estudio ..... | 26 |
| Tipo de suelo.....                          | 26 |
| Levantamiento Topográfico .....             | 27 |
| Relieve .....                               | 28 |

|   |    |
|---|----|
|   | 13 |
| Infraestructura y Servicios.....                              | 29 |
| Vial y Transporte .....                                       | 29 |
| Energía Eléctrica .....                                       | 29 |
| Agua Potable.....   | 30 |
| Salud.....  | 31 |
| Educación .....   | 31 |
| Aspectos naturales.....                                       | 32 |
| Factores climáticos .....                                     | 32 |
| Temperatura.....  | 32 |
| Precipitación.....  | 33 |
| Recursos hídricos .....                                       | 34 |
| Sistema de Distribución de Agua Potable.....                  | 34 |
| Ubicación de las redes.....                                   | 35 |
| Tipos de redes.....   | 36 |
| Red de distribución de agua potable abierta o ramificada..... | 36 |
| Red de distribución de agua potable cerrada o malla.....      | 36 |
| Sistema de distribución a aportarse .....                     | 37 |
| Nodo .....  | 37 |
| Estimación de diámetros .....                                 | 38 |
| Determinación de pérdidas de carga.....                       | 38 |
| Válvulas .....  | 40 |
| Parámetros de diseño.....                                     | 40 |
| Periodo de diseño .....                                       | 40 |
| Análisis poblacional.....                                     | 41 |
| Población actual .....  | 41 |
| Población futura.....   | 42 |
| Cifras de consumo.....  | 43 |
| Dotación de diseño .....                                      | 43 |

|  |    |
|--|----|
|  | 14 |
| Caudales de diseño.....  | 44 |
| Caudal medio.....  | 45 |
| Caudal máximo diario .....   | 45 |
| Caudal máximo horario .....  | 45 |
| Caudal de incendio .....   | 45 |
| Presiones en la red.....   | 46 |
| Velocidades.....   | 46 |
| Materiales.....  | 46 |
| Diámetros comerciales de tuberías .....                              | 47 |
| Capítulo III .....   | 49 |
| Estudio topográfico.....   | 49 |
| Caracterización del suelo .....                                      | 51 |
| Evaluación de sistema de distribución de agua potable existente..... | 53 |
| Diagnóstico del sistema de agua potable .....                        | 53 |
| Presión.....   | 53 |
| Vida útil .....  | 56 |
| Material de las tuberías .....                                       | 57 |
| Reporte del sistema de agua potable .....                            | 57 |
| Cálculos y diseño del sistema de distribución de agua potable .....  | 58 |
| Caudal medio.....  | 58 |
| Caudal máximo diario .....   | 58 |
| Caudal máximo horario .....  | 59 |
| Caudal de diseño.....  | 59 |
| Distribución de áreas de consumo .....                               | 59 |
| Demandas por nodo .....  | 60 |
| Diámetro de tubería .....  | 61 |
| Bomba empleada.....  | 63 |
| CPm 620 .....  | 64 |

|   |    |
|---|----|
| Curva y datos de prestaciones .....                     | 65 |
| Datos y curva ingresados en el software WaterGEMS ..... | 65 |
| Modelación de la red de distribución .....              | 66 |
| Nodos y tuberías .....                                  | 67 |
| Válvulas y Bomba.....                                   | 68 |
| Demanda base .....                                      | 69 |
| Elevaciones .....                                       | 70 |
| Longitudes tuberías .....                               | 71 |
| Diámetros tuberías ocupadas.....                        | 72 |
| Velocidades en tuberías .....                           | 73 |
| Presiones en nodos.....                                 | 74 |
| Tabla de resumen de resultados obtenidos .....          | 75 |
| Planos.....   | 77 |
| Presupuesto .....                                       | 77 |
| Capítulo IV .....                                       | 81 |
| Conclusiones.....                                       | 81 |
| Recomendaciones.....                                    | 83 |
| Bibliografía.....                                       | 84 |
| Apéndices .....   | 86 |

## Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> Estadística de temperatura registrada en el año 2019 .....                     | 33 |
| <b>Tabla 2</b> Población/diámetro mínimo sugerido .....                                       | 38 |
| <b>Tabla 3</b> Coeficientes de Rugosidad Hazen-Williams.....                                  | 39 |
| <b>Tabla 4</b> Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable. ....      | 41 |
| <b>Tabla 5</b> Población actual en la BAE 15 “Paquisha”. .....                                | 42 |
| <b>Tabla 6</b> Población futura en la BAE 15 “Paquisha”. ....                                 | 43 |
| <b>Tabla 7</b> Dotaciones recomendadas .....  | 44 |
| <b>Tabla 8</b> Pendientes de las calles dentro de la BAE 15 “Paquisha” .....                  | 51 |
| <b>Tabla 9</b> Calicatas para estudio de suelo .....  | 52 |
| <b>Tabla 10</b> Resultados del estudio de suelo de la Vivienda Fiscal .....                   | 52 |
| <b>Tabla 11</b> Presiones actuales en la BAE 15 “Paquisha” .....                              | 56 |
| <b>Tabla 12</b> Cálculo de caudal por nodo .....  | 61 |
| <b>Tabla 13</b> Detalles técnicos de la bomba centrífuga CPM 620 .....                        | 64 |
| <b>Tabla 14</b> Resumen de información en cada nodo.....                                      | 75 |
| <b>Tabla 15</b> Resumen de información en cada tubería.....                                   | 76 |
| <b>Tabla 16</b> Presupuesto referencial para el sistema de distribución de agua potable ..... | 78 |



## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha” .....                      | 26 |
| <b>Figura 2</b> Tipo de Suelo de la parroquia Amaguaña .....                              | 27 |
| <b>Figura 3</b> Plano Topográfico de la BAE 15 “Paquisha” .....                           | 28 |
| <b>Figura 4</b> Red Vial Interna de la BAE 15 “Paquisha” .....                            | 29 |
| <b>Figura 5</b> Servicio de Electricidad provisto por la Empresa Eléctrica de Quito ..... | 30 |
| <b>Figura 6</b> Medidor de Agua Potable, EPMAPS-Q .....                                   | 30 |
| <b>Figura 7</b> Policlínico del fuerte militar “Marco Aurelio Subía” .....                | 31 |
| <b>Figura 8</b> Escuela de Aviación del Ejército “Capt. Fernando Vásconez” .....          | 32 |
| <b>Figura 9</b> Precipitación del año 2010-2019 .....                                     | 33 |
| <b>Figura 10</b> Sistema de Distribución de Agua Potable.....                             | 34 |
| <b>Figura 11</b> Sistema de Agua Potable Abierta o Ramificada .....                       | 36 |
| <b>Figura 12</b> Sistema de Agua Potable Cerrada o Malla .....                            | 37 |
| <b>Figura 13</b> Diámetros y especificaciones técnicas Plastigama .....                   | 48 |
| <b>Figura 14</b> Levantamiento topográfico en la BAE 15 “Paquisha” .....                  | 50 |
| <b>Figura 15</b> Punto de agua potable existente en la BAE 15 “Paquisha” .....            | 53 |
| <b>Figura 16</b> Manómetro empleado para la medición de presiones .....                   | 54 |
| <b>Figura 17</b> Evaluación de presiones en un lavabo de dormitorios de oficiales .....   | 54 |
| <b>Figura 18</b> Distribución de presiones por edificación .....                          | 55 |
| <b>Figura 19</b> Distribución de áreas en BAE 15 “Paquisha” .....                         | 60 |
| <b>Figura 20</b> Gráfica y tolerancia de las curvas de prestaciones.....                  | 65 |
| <b>Figura 21</b> Definición de la bomba en el software WaterGEMS .....                    | 66 |
| <b>Figura 22</b> Configuración de las tuberías y nodos.....                               | 67 |
| <b>Figura 23</b> Ubicación de válvulas y bomba presión.....                               | 68 |
| <b>Figura 24</b> Demanda base en los nodos.....   | 69 |
| <b>Figura 25</b> Elevación en los nodos.....  | 70 |
| <b>Figura 26</b> Longitud en las tuberías .....   | 71 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 27</b> <i>Diámetros ocupados</i> .....        | 72 |
| <b>Figura 28</b> <i>Velocidad en las tuberías</i> ..... | 73 |
| <b>Figura 29</b> <i>Presión en los nodos</i> .....      | 74 |

## Resumen

El presente proyecto de investigación tiene por objeto la evaluación y rediseño del sistema de distribución de agua potable de la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", el cual es parte del fuerte militar "Marco Aurelio Subía", ubicado en el sector de la Balbina, parroquia de Amaguaña, suroriente del cantón Quito, provincia de Pichincha. Es una unidad élite de la Fuerza Terrestre, para la planificación y conducción de las operaciones en el espacio terrestre. El estudio y propuesta de rediseño están orientados de manera exclusiva al sistema de distribución de agua potable, cuya función primordial es proveer este recurso vital a las diversas edificaciones que lo requieran. A lo largo del proceso de evaluación, se verificó que el sistema de distribución de agua potable actual opera dentro de rangos de presión permisibles. Sin embargo, con el transcurso del tiempo y la influencia de factores ambientales y orgánicos, han dado lugar a un nivel de desgaste que, en última instancia, podría obstaculizar el flujo de agua. En respuesta a esta situación, se han desarrollado diversas alternativas y soluciones ingenieriles con el propósito de garantizar la funcionalidad continua del sistema de distribución. Con este fin, se seleccionó la alternativa más idónea, la cual conjuga viabilidad técnica y eficiencia operativa de manera óptima. Finalmente, la opción seleccionada fue sometida a una evaluación cuantitativa a través de un análisis de precios unitarios, considerando los diferentes rubros involucrados en el proyecto.

*Palabras Claves:* sistema de distribución, recurso vital, flujo de agua, viabilidad técnica, evaluación cuantitativa.

### **Abstract**

The present research project aims at the evaluation and redesign of the potable water distribution system of the 15th Aviation Brigade of the Army "Paquisha", which is part of the military fort "Marco Aurelio Subía", located in the Balbina sector, Amaguaña parish, southeast of the Quito canton, Pichincha province. It is an elite unit of the Land Force, responsible for the planning and execution of operations in terrestrial space. The study and redesign proposal are exclusively focused on the potable water distribution system, whose primary function is to provide this vital resource to various required buildings. Throughout the evaluation process, it was verified that the current potable water distribution system operates within permissible pressure ranges. However, over time and due to the influence of environmental and organic factors, a level of wear and tear has occurred, which could ultimately hinder the water flow. In response to this situation, various engineering alternatives and solutions have been developed to ensure the continuous functionality of the distribution system. For this purpose, the most suitable alternative was selected, which combines technical feasibility and operational efficiency optimally. Finally, the chosen option underwent a quantitative evaluation through a unit price analysis, considering the different categories involved in the project.

*Key words:* distribution system, vital resource, water flow, technical feasibility, quantitative evaluation.

## Capítulo I

### Generalidades

#### Introducción

El propósito de un sistema de distribución de agua potable es suministrar agua pura para el consumo humano, cabe recalcar que se debe proveer un volumen de agua a una presión y calidad permisible, desde el lugar de suministro hacia los consumidores. Dentro de esto el agua captada debe cumplir con tratamientos previos, parámetros de presión y diámetros de la red, los mismos que deben encontrarse en condiciones aceptables, para luego conducir, almacenar y distribuir de forma continua (López, 2009).

La Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) a través del Programa de Reducción de Agua no Contabilizada prioriza la ejecución de la sectorización en los sistemas de distribución de agua potable. Este enfoque hidráulico de sectorización tiene diversos propósitos centrales: regularizar las presiones, optimizar la operación, mantener la red, facilitar la investigación y evaluar las causas de las pérdidas físicas y comerciales (EPMAPS, 2023).

En relación a la idea anterior, el departamento de distribución realiza el monitoreo de las variaciones en la red, con dispositivos de control de presión ubicados en los puntos de entrada de los subsectores hidráulicos. En estos puntos se analiza la regularidad del suministro y se detectan alteraciones en la presión, ya sea que excedan los 60 metros o sean menores a 10 metros. En tales situaciones, se procede a investigar las razones detrás de estos cambios y a efectuar ajustes de manera inmediata (EPMAPS, 2023).

La Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", se encuentra ubicada en el sector de la Balbina, provincia de Pichincha, cantón Quito, es una unidad élite de la Fuerza Terrestre, para la planificación y conducción de las operaciones en el espacio terrestre, dentro de sus instalaciones cuenta con un sistema de distribución de agua potable que fue implantado en 1977.

Por consiguiente, el presente proyecto fue desarrollado para evaluar el sistema de abastecimiento de agua potable actual en la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", así como también presentar una propuesta de diseño mejorando las condiciones de la distribución en los cuales se pretende cumplir con los rangos de presiones y diámetros de la normativa vigente.

### **Antecedentes**

El fuerte militar "Marco Aurelio Subía", se encuentra ubicado en el sector de La Balbina, parroquia de Amaguaña, provincia de Pichincha, suroriente del cantón Quito. Está conformada por el Batallón N° 68 "Cotopaxi", Batallón N° 69 "Chimborazo", la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", la Compañía de Puentes CEE, la Compañía General de Desminado y la Compañía de Ductos y Refinería (Guambo & Pérez, 2020).

De esta manera, el área de estudio delimitado por la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", cuenta con un edificio central administrativo, un bloque de aulas, tres almacenes de repuestos, un comando de apoyo logístico, el grupo de aviación N° 45, dos comedores, cinco bloques de dormitorios, un taller mecánico, una estación de combustible, tanque de combustible una plataforma de aterrizaje, una torre de control y áreas verdes, contando así con un área total de 24,13 ha.

En consecuencia, la Brigada de Aviación cuenta con un sistema de distribución de agua potable, que en la actualidad ha cumplido su vida útil. De acuerdo a las Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable, las tuberías principales y secundarias de una red de PVC, poseen una vida útil de 20 a 25 años, y el sistema actual cuenta con 46 años desde su construcción.

### **Justificación**

De acuerdo a la Constitución Política del Ecuador en los artículos N° 66 y N° 264, garantiza el derecho a una vida digna de los ecuatorianos por medio de la provisión de agua potable y saneamiento básico, además de establecer que es competencia de los gobiernos

municipales el suministrar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, gestión de desechos sólidos, actividades de preservación del entorno y otras funciones definidas por la ley (Constitución de la República del Ecuador, 2008). En relación con la oferta de servicios de agua potable y saneamiento, esta responsabilidad ha sido encomendada a la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS-Q).

Por lo expuesto, el presente proyecto tiene la finalidad de mejorar el servicio de distribución de agua potable en la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha”, debido a que hoy en día, el sistema actual ha cumplido con su vida útil. Así mismo se realizará la evaluación del sistema existente y se planteará el diseño de un nuevo sistema de distribución de agua potable, el cual tomará como base las siguientes normativas:

- Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes – Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN 1992 - Código Ecuatoriano de la Construcción.
- Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable para la EMAAP-Q (EMAAP-Q, 2007).

En función de lo planteado, el proyecto contribuirá al buen funcionamiento del sistema de distribución de agua potable, además de dar solución a la necesidad de demanda en los diferentes sectores que conforman a la brigada.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar la presión y estado de los materiales del sistema de distribución de agua potable de la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha” en las condiciones actuales, y rediseñar una nueva red cumpliendo acorde a la normativa vigente, con la finalidad de mejorar la entrega del servicio de agua potable.

**Objetivo Específicos**

- Realizar el levantamiento de información topográfica y cartográfica de la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", con la finalidad de obtener las curvas de nivel y la distribución de la infraestructura existente.
- Recopilar información de la población actual en la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", para determinar su respectivo caudal por nodo.
- Evaluar las presiones de entrada y salida del sistema de agua potable, para corroborar su funcionamiento.
- Rediseñar el nuevo sistema de distribución de agua potable en base a las normativas vigentes mediante el uso de un software.
- Elaborar el presupuesto del proyecto y los planos detallados de la red de distribución de agua potable, con referencia a los formatos del Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.



## **Capítulo II**

### **Materiales y Métodos**

#### **Metodología**

El trabajo de campo y el método analítico, son las dos metodologías más fundamentales que se utilizaron para el desarrollo del proyecto, estas estrategias fueron importantes para identificar las variables cuantitativas y cualitativas que requiere el sistema de distribución de agua potable de la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha".

#### **Niveles de Investigación**

##### **Exploratoria**

Se realizó una evaluación del sistema distribución de agua potable actual, mediante la observación directa de cada uno de los elementos que lo conforman, hay que resaltar que no existe ningún tipo de registro del trazado de la red actual. Así mismo se evaluaron presiones en cada una de las edificaciones existentes que poseen agua potable, con el propósito de establecer el estado actual del servicio.

##### **Explicativo**

Con la evaluación realizada, se determinó la causa principal por la que se requiere un nuevo rediseño del sistema de distribución de agua potable en la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha". Una vez implementado el proyecto, se espera un mejoramiento del sistema que permita aumentar la calidad del servicio, erradicando problemas de desabastecimiento de este servicio vital.

#### **Aspectos físicos**

##### **Ubicación Geográfica**

La Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", se encuentra ubicado en el sector de la Balbina, parroquia de Amaguaña, provincia de Pichincha, suroriente del cantón Quito;

en las coordenadas UTM Este 780785,60 m y Norte 9961330,40 m, Zona 17 Sur. Cuenta con un perímetro de 2105,18 m y una superficie de 24,13 ha.

## Figura 1

*Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha"*



*Nota.* Ortofoto obtenida a partir de fotografías aéreas tomadas con un dron.

## Características de la zona de estudio

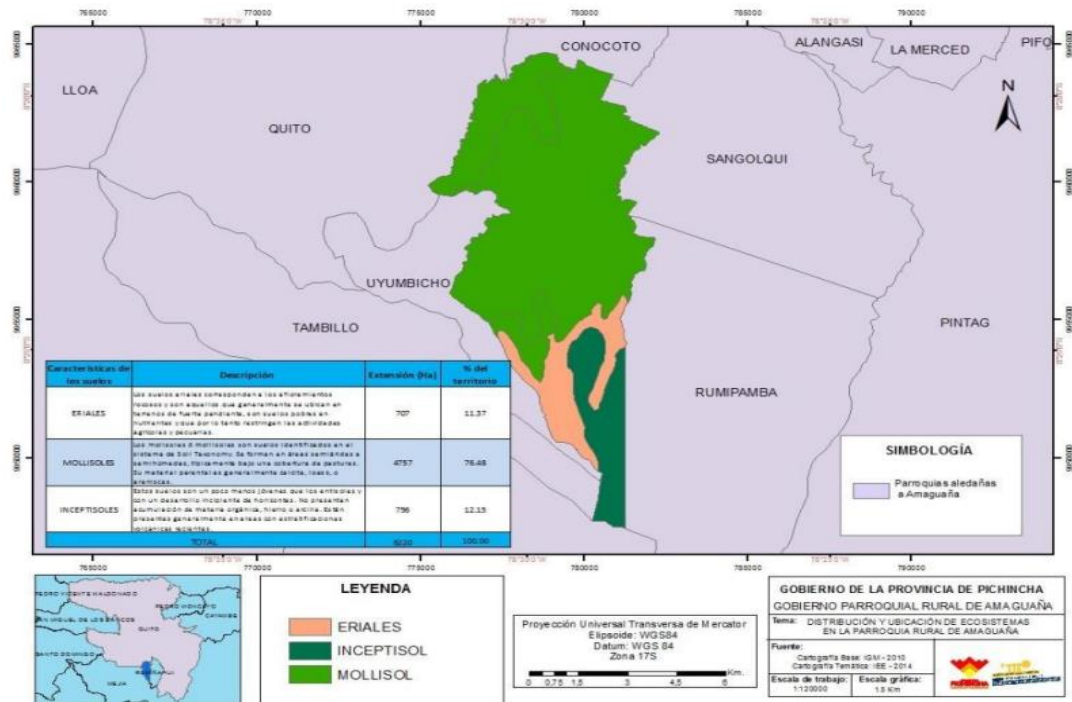
### Tipo de suelo

De acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019-2023 de la parroquia de Amaguaña, determina que: “Los suelos de la mayor parte del territorio parroquial, están constituidos por Molisoles (76,48%). Los molisoles son suelos oscuros y suaves que se han desarrollado bajo una vegetación herbácea. Estos suelos tienen un

horizonte superficial abundante en humus, que es rico en calcio y en magnesio”. (GAD Parroquial de Amaguaña, 2019).

**Figura 2**

*Tipo de Suelo de la parroquia Amaguaña*



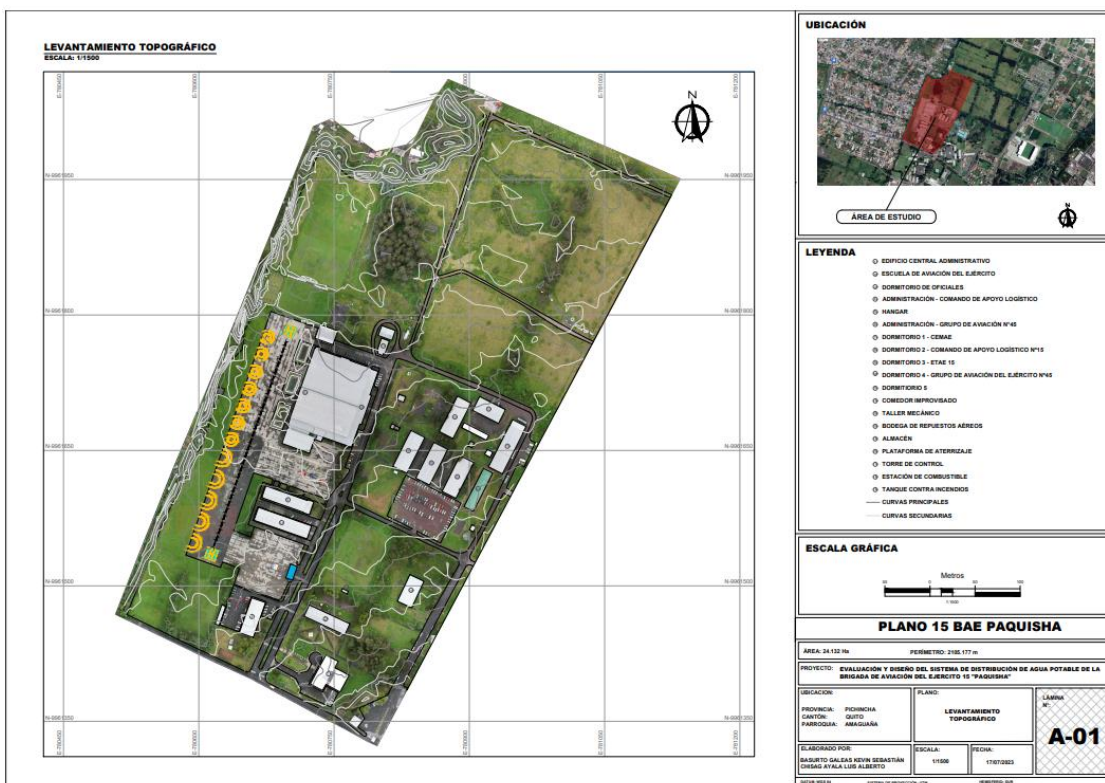
*Nota.* Tipo de suelo y clasificación en la parroquia Amaguaña. Recuperado de (GAD Parroquial de Amaguaña, 2019).

**Levantamiento Topográfico**

El levantamiento de información topográfica y cartográfica de la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha” se realizó por medio del método de la fotogrametría aérea con dron. Se optó por esta opción ya que requiere menos mano de obra y, además, es más rápida que los métodos terrestres convencionales. Una vez procesada la información, se obtuvo el Plano Topográfico de la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha”.

**Figura 3**

*Plano Topográfico de la BAE 15 "Paquisha".*



*Nota.* Curvas de nivel generadas a partir del levantamiento topográfico.

**Relieve**

En la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", se encuentran elevaciones entre los 2509,20 y 2523,60 msnm. En la dirección Norte-Sur, se encuentran cotas entre 2510,40 y 2522,80 msnm, dando como resultado una pendiente de 1,78 %. De acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019-2023 de la parroquia de Amaguaña, el relieve es considerado plano, ya que este es menor al 3% de inclinación (GAD Parroquial de Amaguaña, 2019).

## Infraestructura y Servicios

### Vial y Transporte

La zona de estudio está ubicada en la calle Jacinto Jijón y Caamaño, la cual es una vía de segundo orden asfaltado por la que transitan las cooperativas de buses Amaguaña, Los Chillos, Libertadores del Valle y Turismo, con sus rutas Marín – San Pedro de Taboada – Cuarteles (Batallas & Simbaña, 2022).

La Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha” cuenta con una red vial interna, siendo la principal adoquinada, mientras que las vías secundarias, en su mayoría, se encuentran lastradas y en algunos lugares específicos son caminos de tierra. El límite de velocidad permitida dentro de las instalaciones es de 20 km/h.

#### Figura 4

*Red Vial Interna de la BAE 15 “Paquisha”*



*Nota.* La figura muestra la red principal adoquinada de la BAE 15 “Paquisha”.

### Energía Eléctrica

El sector en el que se encuentra la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha” dispone del servicio de electricidad las 24 horas del día, además de contar con un alumbrado público; todo es provisto por la Empresa Eléctrica de Quito (Jiménez & Haro, 2020).

**Figura 5**

*Servicio de Electricidad provisto por la Empresa Eléctrica de Quito*



*Nota.* La figura muestra el servicio de electricidad de la BAE 15 “Paquisha”.

**Agua Potable**

La población de la zona de estudio dispone del servicio de agua potable las 24 horas del día. Este proviene de la red principal suministrada por la Empresa Pública Metropolitana de Agua potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS-Q). El medidor se encuentra ubicado en las coordenadas UTM Este 780527,46 m, Norte 9961467,12 m.

**Figura 6**

*Medidor de Agua Potable, EPMAPS-Q*



*Nota.* La figura muestra el medidor de agua potable de la BAE 15 “Paquisha”.

## Salud

La Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha” adquiere una relevancia mayor al formar parte del fuerte militar “Marco Aurelio Subía”. Esta base, cuenta con un policlínico que brinda los siguientes servicios: Medicina General, Odontología, Rehabilitación Física y Salud Ocupacional. Estos servicios, diseñados para garantizar la salud y el bienestar de los miembros del ejército, no son de carácter público y solo están disponibles para el personal militar y sus familiares (Jiménez & Haro, 2020).

### Figura 7

*Policlínico del fuerte militar “Marco Aurelio Subía”*



*Nota.* La figura muestra el policlínico que brinda sus servicios a todo el personal del fuerte militar “Marco Aurelio Subía”.

## Educación

Dentro de las instalaciones de la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha”, se encuentra un componente vital: la prestigiosa Escuela de Aviación del Ejército “Capt. Fernando Vásconez”. Esta institución ejemplar tiene la importante tarea de forjar a su personal en el campo de la ingeniería aeronáutica. Su misión es preparar a los individuos para enfrentar los desafíos tecnológicos y operativos del mundo aeronáutico actual.

**Figura 8**

*Escuela de Aviación del Ejército “Capt. Fernando Vásconez”*



*Nota.* La figura muestra la Escuela de Aviación del Ejército “Capt. Fernando Vásconez”.

**Aspectos naturales****Factores climáticos**

Para la recopilación precisa de los datos climatológicos y pluviométricos de la zona de estudio en el presente proyecto, se recurrirá a la estación meteorológica M0003, conocida por su nombre como IZOBAMBA, dado que se encuentra aledaño a la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha”.

**Temperatura**

Basándonos en la serie de datos meteorológicos mensuales facilitados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), se revela un panorama de las fluctuaciones de temperatura en la zona. Los registros de la temperatura climatológica en la estación se detallan en la Tabla 1.



**Tabla 1**

*Estadística de temperatura registrada en el año 2019*

| <b>Estadística Climática</b> |                         |              |               |
|------------------------------|-------------------------|--------------|---------------|
| <b>Estación</b>              | <b>Temperatura (°C)</b> |              |               |
|                              | <b>Mínima</b>           | <b>Media</b> | <b>Máxima</b> |
| IZOBAMBA                     | 20,03                   | 20,60        | 23,40         |

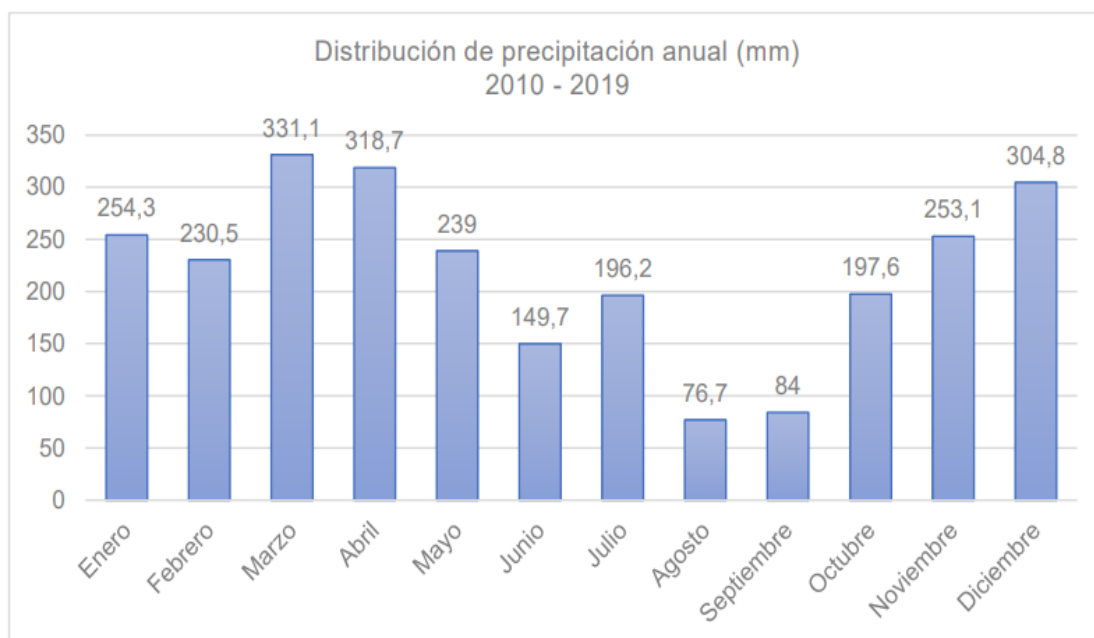
*Nota.* Recuperado del (INAMHI, 2019).

### **Precipitación**

Con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), se puede observar que la precipitación alcanzó su punto máximo en el mes de marzo, con un valor registrado de 331,1 mm. Por otro lado, el mes de agosto presentó la menor cantidad de precipitación, con tan solo 76,7 mm.

**Figura 9**

*Precipitación del año 2010-2019*



*Nota.* Distribución de precipitación anual. Recuperado del (INAMHI, 2019).

## Recursos hídricos

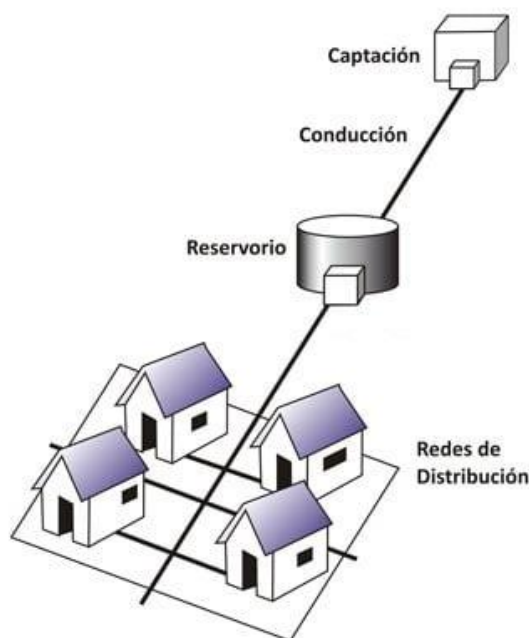
El área de estudio comprende el Río San Pedro al Este la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha”, mientras que en la parte Oeste se ubica la Quebrada Calicanto. Estas aguas actúan como cuerpos receptores de uso doméstico, las cuales son previamente tratadas.

## Sistema de Distribución de Agua Potable

El sistema de distribución de agua potable es el responsable de mover el agua desde su fuente de suministro a cualquier hogar o lugar que requiera este vital recurso. Ya sea un sistema simple o complejo, requiere de una infraestructura que necesita mantenimiento para que el agua siga siendo potable y su calidad no se deteriore significativamente (Huacho & Mena, 2016).

### Figura 10

*Sistema de Distribución de Agua Potable*



*Nota.* La figura muestra las partes que conforman un sistema de agua potable. Recuperado de (Equipo de redactores de Arkiplus.com, 2023).

Antes de abordar el rediseño de una red de distribución, es esencial considerar previamente los siguientes aspectos (INEN, 1992):

- Levantamiento topográfico;
- Condiciones geológicas del suelo;
- Tipo de calzadas;
- Redes e instalaciones de agua existentes;
- Localización de las industrias u otros puntos de gran demanda;
- Requerimientos de caudal.

Es fundamental que las redes operen de manera continua y sin interrupciones, evitando la prestación discontinua de servicios, ya que esto ocasiona inconvenientes y perjuicios en las actividades diarias de los usuarios.

### **Ubicación de las redes**

De acuerdo a las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, se debe tomar en cuenta lo siguiente (INEN, 1992):

- La localización de las tuberías principales y secundarias se hará en los costados norte y este de las calzadas.
- Se diseñarán obras de protección en casos donde las tuberías necesiten atravesar corrientes de agua como ríos o quebradas, etc.
- Las tuberías de agua potable, deberán estar separadas de las de alcantarillado por lo menos 3 m horizontalmente y 30 cm verticalmente, entre sus superficies exteriores.
- Las tuberías deberán estar colocadas a una profundidad de al menos 1 m sobre la corona del tubo.
- Se tomarán todas las precauciones necesarias para impedir conexiones cruzadas y flujo inverso.

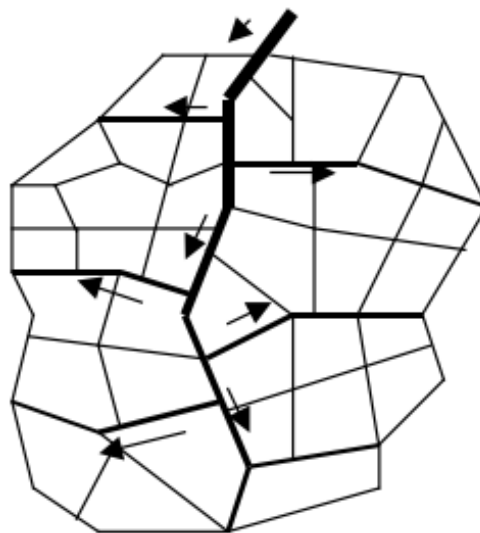
## Tipos de redes

### Red de distribución de agua potable abierta o ramificada

Estas redes se caracterizan por contar con una tubería principal de mayor diámetro, de la cual se desprenden tuberías secundarias que finalizan en puntos aislados, los cuales no están interconectados con otras tuberías en la red de suministro de agua potable (Huacho & Mena, 2016).

#### Figura 11

*Sistema de Agua Potable Abierta o Ramificada*



*Nota.* La figura muestra un ejemplo de malla abierta. Recuperado de (Orellana, 2005).

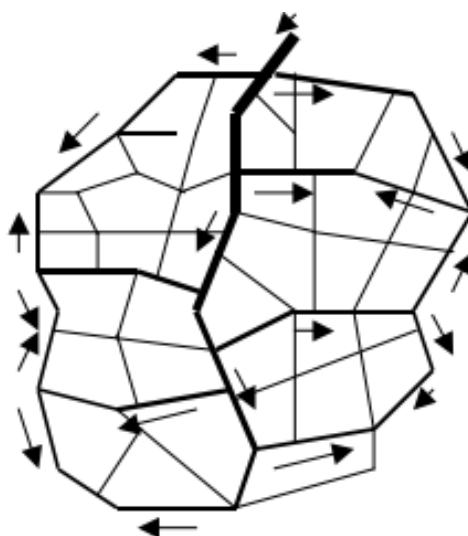
### Red de distribución de agua potable cerrada o malla

Estas redes se destacan por su disposición en forma de anillos o mallas, lo que posibilita la creación de circuitos cerrados para el flujo de agua en todo el sistema de distribución (Huacho & Mena, 2016).

Si las condiciones económicas lo permiten, se recomienda elegir este tipo de red debido a su principal ventaja, que radica en su eficiencia hidráulica al evitar áreas donde la circulación de agua es deficiente o nula. Además, facilita la regulación de presiones y caudales en el sistema de manera más efectiva (Huacho & Mena, 2016).

## Figura 12

### *Sistema de Agua Potable Cerrada o Malla*



*Nota:* La figura muestra un ejemplo de malla cerrada. Recuperado de (Orellana, 2005).

### **Sistema de distribución a aportarse**

En la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha”, se propondrá implementar una red de distribución de agua potable mixta, es decir, la combinación de una red cerrada con una abierta. Esta elección permitirá mantener un constante abastecimiento a todas las edificaciones. En caso de existir alguna rotura de tubería, se suspenderá el servicio solo en un sector, sin afectar el resto de las edificaciones.

### **Nodo**

Los nodos se definen como los puntos de intersección de los segmentos de tubería, donde normalmente ocurren cambios en el diámetro o propiedades de los tramos.

En los nodos de la red de distribución de agua potable es donde se agrupan las necesidades finales para realizar el análisis hidráulico pertinente, lo que conlleva la evaluación de las fuerzas y flujos en movimiento.

## Estimación de diámetros

Al dimensionar los diámetros, se establece la velocidad de flujo del líquido a través de las tuberías. Velocidades muy bajas pueden promover la acumulación de sedimentos y depósitos, mientras que velocidades demasiado altas pueden causar la erosión de las paredes de las tuberías.

Las redes de distribución se organizan en tuberías principales y secundarias, y se establecen los siguientes diámetros mínimos:

**Tabla 2**

*Población/diámetro mínimo sugerido*

| <b>Población<br/>(Hab)</b> | <b>Diámetro<br/>mínimo (mm)<br/>Tubería principal</b> | <b>Diámetro<br/>mínimo (mm)<br/>Tubería secundaria</b> |
|----------------------------|---|--|
| Menor a 1000               | 25  | 19   |
| 1000 - 3000                | 50  | 25   |
| 3000 - 20000               | 75  | 50   |
| Mayor a 20000              | 100   | 50   |

*Nota.* Los pequeños sistemas de agua potable. Recuperado de (Nicola, 1996)

## Determinación de pérdidas de carga

Para determinar las pérdidas de carga o altura piezométrica en las tuberías debido a su fricción causada por el flujo del agua, se pueden emplear tres fórmulas de cálculo.

En Estados Unidos, la fórmula de Hazen-Williams es la más ampliamente utilizada. Esta fórmula es válida únicamente para tuberías de flujo turbulento, con comportamiento hidráulico rugoso y con diámetros mayores a 2 pulgadas. Desde un punto de vista académico, la fórmula de Darcy-Weisbach es más precisa y puede aplicarse a todo tipo de líquidos y regímenes de flujo. Por otro lado, la fórmula de Chezy-Manning se utiliza

principalmente en canales y tuberías de gran diámetro, donde la turbulencia es significativa (Rossman, 2001).

Para el presente proyecto, se optó por emplear la fórmula de Hazen-Williams.

$$H_f = \left( \frac{Q}{0,2785 * C * D^{2,63}} \right)^{1,852} * L$$

Donde:

$H_f$  = pérdida de carga (m)

$Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/s)

$C$  = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

$D$  = diámetro interno de la tubería (m)

$L$  = longitud de la tubería (m)

A continuación, en la siguiente tabla, se presentarán los coeficientes de rugosidad correspondientes a cada tipo de material a utilizar.

**Tabla 3**

*Coeficientes de Rugosidad Hazen-Williams*

| <b>Material</b>                  | <b>Coeficiente de Rugosidad C</b> |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Asbesto Cemento                  | 140                               |
| Hormigón o Revestido de Hormigón | 120 - 140                         |
| Fundición                        | 130 - 140                         |
| Hierro Galvanizado               | 120                               |
| PVC                              | 140 - 150                         |
| Acero                            | 140 - 150                         |
| Cerámica                         | 110                               |

*Nota.* Recuperado de (Rossman, 2001).

## Válvulas

Para asegurar la efectividad de la política de reducción y control del agua no contabilizada, la EMAAP-Q establece diseñar la red de distribución con una amplia gama de válvulas, adaptadas a los distintos requerimientos de sectorización (EMAAP-Q, 2007).

- Válvulas de interconexión: Permiten comunicar los sectores, están cerradas normalmente.
- Válvulas límites de subsector: Permiten comunicar los subsectores, están cerradas normalmente.
- Válvulas de operación: Permiten conformar sectores de medición dentro un subsector.
- Válvulas de control (mariposa): Deben estar alojadas en cámaras de concreto que tengan espacio para instalar mediciones de caudal y presión.
- Válvulas de aire: Se instalan en la red de menor tamaño para prevenir la obstrucción durante el proceso de llenado de las tuberías.
- Válvulas de desagüe: Sirven para drenar al alcantarillado.
- Válvulas reductoras de presión: Deben tener un ramal como reductora de suplencia, un by-pass si se estima conveniente y tener filtros, que pueden ser limpiados sin desarmar las válvulas, para evitar su obstrucción.

## Parámetros de diseño

### Periodo de diseño

Se lo define como la vida útil que el sistema va a ser capaz de suministrar un buen servicio, y para ello se fundamenta en las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización.



**Tabla 4**

*Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable.*

| <b>Componente</b>                             | <b>Vida útil (años)</b>                              |
|---|--|
| Diques grandes y túneles                      | 50 a 100   |
| Obras de captación                            | 25 a 50  |
| Pozos   | 10 a 25  |
| Conducciones de hierro dúctil                 | 40 a 50  |
| Conducciones de asbesto cemento o PVC         | 20 a 30  |
| Planta de tratamiento                         | 30 a 40  |
| Tanques de almacenamiento                     | 30 a 40  |
| Tuberías principales y secundarias de la red: |  |
| De hierro dúctil                              | 40 a 50  |
| <b>De asbesto cemento o PVC</b>               | <b>20 a 25</b>                                       |
| Otros materiales                              | Variables de acuerdo especificaciones del fabricante |

*Nota.* Recuperado de (INEN, 1992).

Considerando la tabla presentada, se establece un periodo de diseño de 25 años para el nuevo diseño de la red, con el propósito de garantizar una eficiencia en la vida útil del sistema de agua potable de la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha”.

### **Análisis poblacional**

#### **Población actual**

Con el objetivo de conocer la población actual de la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha”, se llevó a cabo un conteo del personal que se encuentra en la zona de estudio, y los resultados se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 5**

*Población actual en la BAE 15 "Paquisha".*

| <b>Tipo de Edificación</b>                          | <b>Población actual</b> |
|---|-------------------------|
| Edificio Administrativo                             | 45                      |
| Escuela de Aviación del Ejército                    | 45                      |
| Dormitorio de oficiales                             | 62                      |
| Administración - Comando de apoyo logístico         | 25                      |
| Administración - Grupo de Aviación N°45             | 25                      |
| Dormitorio 1 - CEMAE                                | 93                      |
| Dormitorio 2 - Comando de apoyo logístico N°15      | 63                      |
| Dormitorio 3 - ETAE - 15                            | 78                      |
| Dormitorio 4 - Grupo de aviación del ejército N° 45 | 72                      |
| Dormitorio 5  | 18                      |
| <b>TOTAL</b>  | <b>526</b>              |

*Nota.* La siguiente tabla indica la cantidad de personas en cada tipo de edificación.

### **Población futura**

De acuerdo con la información proporcionada por la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", se tiene prevista la construcción de 2 bloques de dormitorios en la parte posterior del comedor provisional.

Para estimar la población que alojarán estos dormitorios en un futuro, se ha tomado en consideración un enfoque metódico. Esto implica considerar el aforo máximo permitido para cada una de estas edificaciones, garantizando así que se cumplan los estándares de seguridad y comodidad.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla el número de personas que se utilizará como base para el rediseño del sistema de distribución de agua potable.

**Tabla 6**

*Población futura en la BAE 15 "Paquisha".*

| <b>Tipo de Edificación</b>                          | <b>Población futura</b> |
|---|-------------------------|
| Edificio Administrativo                             | 45                      |
| Escuela de Aviación del Ejército                    | 45                      |
| Dormitorio de oficiales                             | 69                      |
| Administración - Comando de apoyo logístico         | 25                      |
| Administración - Grupo de Aviación N°45             | 25                      |
| Dormitorio 1 - CEMAE                                | 134                     |
| Dormitorio 2 - Comando de apoyo logístico N°15      | 116                     |
| Dormitorio 3 - ETAE - 15                            | 100                     |
| Dormitorio 4 - Grupo de aviación del ejército N° 45 | 124                     |
| Dormitorio 5  | 36                      |
| Implementación 2 bloques dormitorios                | 240                     |
| <b>TOTAL</b>  | <b>959</b>              |

*Nota.* La siguiente tabla indica la cantidad de personas en cada tipo de edificación.

### **Cifras de consumo**

#### **Dotación de diseño**

Para determinar la dotación más apropiada, es necesario llevar a cabo una investigación cualitativa. Esta investigación se enfoca en analizar los hábitos de consumo y los variados usos del agua en la comunidad. Además, se realiza una estimación de los costos de los servicios y se evalúa la disponibilidad de agua en las fuentes. En situaciones donde la población sea menor a 5000 habitantes, se debe tener en cuenta la dotación mínima que está previamente establecida.

A continuación, se presenta las dotaciones recomendadas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (CPE INEN 5):

**Tabla 7***Dotaciones recomendadas*

| <b>Población<br/>(habitantes)</b> | <b>Clima</b>    | <b>Dotación Media Futura<br/>(l/hab/día)</b> |
|-----------------------------------|-----------------|--|
| <b>Hasta 5000</b>                 | Frío            | 120 - 150                                    |
|                                   | <b>Templado</b> | <b>130 - 160</b>                             |
|                                   | Cálido          | 170 - 200                                    |
| 5000 a 50000                      | Frío            | 180 - 200                                    |
|                                   | Templado        | 190 - 220                                    |
|                                   | Cálido          | 200 - 230                                    |
| Más de 50000                      | Frío            | > 200  |
|                                   | Templado        | > 220  |
|                                   | Cálido          | > 230  |

*Nota.* Recuperado de (INEN, 1992).

En base a los parámetros de población y condición climática considerados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) para la elección de dotación media futura, se establece una dotación de 150 lt/hab/día.

### **Caudales de diseño**

En el diseño de redes de distribución los caudales serán el máximo diario al final del periodo de diseño más incendio, y el caudal máximo horario que se comprobarán las presiones al final de dicho periodo de la red (INEN, 1992).

En el presente proyecto, para el diseño del sistema de distribución de agua potable, se emplearán las ecuaciones que se encuentran en las Normas para estudio y diseño de

sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, recuperadas del Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN 1992.

### **Caudal medio**

$$Q_{med} = \frac{q \times N}{86400}$$

Donde:

$Q_{med}$  = Caudal medio (l/s)

$N$  = Número de habitantes

$q$  = Dotación (l/hab-día)

### **Caudal máximo diario**

$$Q_{m\acute{a}x.d\acute{a}a} = K_{m\acute{a}x.d\acute{a}a} \times Q_{med}$$

Donde:

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

$K_{m\acute{a}x.d\acute{a}a}$  = Factor de mayoración máximo diario; se debe encontrar en un rango de 1,3 – 1,5

### **Caudal máximo horario**

$$Q_{m\acute{a}x.hor} = K_{m\acute{a}x.hor} \times Q_{med}$$

Donde:

$Q_{MH}$  = Caudal máximo horario (l/s)

$K_{m\acute{a}x.hor}$  = Factor de mayoración máximo horario; se debe encontrar en un rango de 2 – 2,3

### **Caudal de incendio**

Conforme a las regulaciones establecidas en la Normativa CPE INEN 5, no se requiere contemplar una reserva para situaciones de incendio en localidades costeras con una población futura de hasta 3000 habitantes o en zonas de sierra con hasta 5000 habitantes (INEN, 1992).

## **Presiones en la red**

En el sistema de distribución de agua potable, las presiones deben cumplir con los siguientes parámetros, en donde la presión mínima será de 10 m columna de agua en los puntos y condiciones más desfavorables. En caso de que el abastecimiento se realice a través de grifos públicos esta podrá ser reducida a 5 m columna de agua. Por otro lado, la presión estática máxima no deberá ser mayor a 70 m columna de agua, y la presión máxima dinámica no deberá exceder los 50 m columna de agua (INEN, 1992).

## **Velocidades**

Un aspecto de gran importancia a considerar es la velocidad de flujo del agua. Se recomienda que no supere un valor mínimo de 0,30 m/s para prevenir la sedimentación de las partículas transportadas por el agua, y un rango máximo de 3 a 5 m/s para evitar la erosión en las paredes de las tuberías (Pérez, 2018).

La velocidad mínima corresponde al caudal medio del año inicial del período de diseño y será en lo posible superior a 0,60 m/s, en agua cruda y 0,45 m/s en agua tratada. Por otro lado, en las tuberías matrices de distribución, el límite máximo de velocidad debe ser de 3,00 m/s (EMAAP-Q, 2007).

Según las directrices establecidas en las Normas para el análisis y planificación de sistemas de abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas residuales para comunidades con más de 1000 residentes, se establece que se busca mantener idealmente una velocidad cercana a 1,50 metros por segundo dentro de las conducciones (INEN, 1992).

## **Materiales**

Los materiales que se pueden usar son, en general, tuberías de: asbesto-cemento, PVC, fibra de vidrio, hierro fundido, hierro dúctil, hierro galvanizado y acero. Estos deberán tener protección contra la corrosión interna y externa. El material a seleccionar debe cumplir

con los parámetros de calidad de agua, calidad de suelo y la economía del proyecto (INEN, 1992).

### **Diámetros comerciales de tuberías**

Plastigama Wavin ocupa el primer puesto en el mercado de tuberías y conexiones plásticas destinadas a la conducción de líquidos. Con más de seis décadas de experiencia, ha sido la vanguardia en la introducción de una amplia variedad de productos para el transporte de agua potable y alcantarillado, lo que ha contribuido significativamente a mejorar la calidad de vida de millones de ciudadanos ecuatorianos (Wavin, 2023).

Dentro del área de Infraestructura, la empresa desarrolla tuberías y accesorios de PVC destinados a la conducción de agua a presión E/C. Estos componentes fueron empleados en el rediseño del sistema de distribución de agua potable. Entre los beneficios destacados al utilizar esta marca de accesorios, se encuentran (Wavin, 2021);

- Amplia gama de diámetros y presiones.
- No afectan el olor ni el sabor del agua potable ni de otros líquidos destinados al consumo humano.
- Por su baja conductividad eléctrica, no se produce en el material corrosión galvánica y/o electrolítica, ni la formación de depósitos o incrustaciones en las paredes interiores, conservando inalterable su sección hidráulica.
- Debido a la resistencia química inherente del PVC y sus elementos añadidos, permanecen inmunes al deterioro ocasionado por aguas y suelos corrosivos.
- Su coeficiente de fricción reducido en comparación con otros materiales asegura una mayor capacidad de flujo.
- Su bajo peso facilita el transporte, manipulación e instalación.

**Figura 13***Diámetros y especificaciones técnicas Plastigama*

| Diámetro Nominal | CÓD.   | Serie | Espesor de Pared | Diámetro Interior | Presión de Trabajo |                     |                     |
|------------------|--------|-------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|                  |        |       |                  |                   | MPa                | Kgf/cm <sup>2</sup> | Lb/plg <sup>2</sup> |
| mm               |        | s     | mm               | mm                |                    |                     |                     |
| 20.00            | 926939 | 10    | 1.1              | 17.8              | 1.25               | 12.75               | 181.25              |
|                  | 925983 | 6.3   | 1.5              | 17.0              | 2.00               | 20.40               | 290.00              |
| 25.00            | 926940 | 12.5  | 1.1              | 22.8              | 1.00               | 10.20               | 145.00              |
|                  | 925994 | 8.0   | 1.5              | 22.0              | 1.60               | 16.32               | 232.00              |
| 32.00            | 926941 | 16.0  | 1.1              | 29.8              | 0.80               | 8.16                | 116.00              |
|                  | 926004 | 10.0  | 1.6              | 28.8              | 1.25               | 12.75               | 181.25              |
| 40.00            | 926938 | 20.0  | 1.1              | 37.8              | 0.63               | 6.43                | 91.35               |
|                  | 926020 | 12.5  | 1.6              | 36.8              | 1.00               | 10.20               | 145.00              |
|                  | 926018 | 10.0  | 1.9              | 36.2              | 1.25               | 12.75               | 181.25              |
| 50.00            | 926021 | 20.0  | 1.3              | 47.4              | 0.63               | 6.43                | 91.35               |
|                  | 926023 | 16.0  | 1.6              | 46.8              | 0.80               | 8.16                | 116.00              |
|                  | 926026 | 12.5  | 2.0              | 46.0              | 1.00               | 10.20               | 145.00              |
|                  | 926024 | 10.0  | 2.4              | 45.2              | 1.25               | 12.75               | 181.25              |
| 63.00            | 926029 | 20.0  | 1.6              | 59.8              | 0.63               | 6.43                | 91.35               |
|                  | 926031 | 16.0  | 2.0              | 59.0              | 0.80               | 8.16                | 116.00              |
|                  | 926033 | 12.5  | 2.5              | 58.0              | 1.00               | 10.20               | 145.00              |
|                  | 926032 | 10.0  | 3.0              | 57.0              | 1.25               | 12.75               | 181.25              |
| 75.00            | 926035 | 25.0  | 1.5              | 72.0              | 0.50*              | 5.10                | 72.50               |
|                  | 926036 | 20.0  | 1.9              | 71.2              | 0.63               | 6.43                | 91.35               |
|                  | 926040 | 16.0  | 2.3              | 70.4              | 0.80               | 8.16                | 116.00              |
| 90.00            | 926041 | 25.0  | 1.8              | 86.4              | 0.50*              | 5.10                | 72.50               |
|                  | 926042 | 20.0  | 2.2              | 85.6              | 0.63               | 6.43                | 91.35               |
|                  | 926043 | 16.0  | 2.8              | 84.4              | 0.80               | 8.16                | 116.00              |
|                  | 926046 | 12.5  | 3.5              | 83.0              | 1.00               | 10.20               | 145.00              |
|                  | 926044 | 10.0  | 4.3              | 81.4              | 1.25               | 12.75               | 181.25              |
| 110.00           | 925950 | 25.0  | 2.2              | 105.6             | 0.50*              | 5.10                | 72.50               |
|                  | 925952 | 20.0  | 2.7              | 104.6             | 0.63               | 6.43                | 91.35               |
|                  | 925953 | 16.0  | 3.4              | 103.2             | 0.80               | 8.16                | 116.00              |
|                  | 925956 | 12.5  | 4.2              | 101.6             | 1.00               | 10.20               | 145.00              |
|                  | 925954 | 10.0  | 5.3              | 99.4              | 1.25               | 12.75               | 181.25              |
| 160.00           | 925967 | 25.0  | 3.2              | 153.6             | 0.50*              | 5.10                | 72.50               |
|                  | 925968 | 20.0  | 4.0              | 152.0             | 0.63               | 6.43                | 91.35               |
|                  | 925969 | 16.0  | 4.9              | 150.2             | 0.80               | 8.16                | 116.00              |
|                  | 925972 | 12.5  | 6.2              | 147.6             | 1.00               | 10.20               | 145.00              |
|                  | 925970 | 10.0  | 7.7              | 144.6             | 1.25               | 12.75               | 181.25              |
| 200.00           | 925975 | 25.0  | 3.9              | 192.2             | 0.50*              | 5.10                | 72.50               |
|                  | 925976 | 20.0  | 4.9              | 190.2             | 0.63               | 6.43                | 91.35               |
|                  | 925977 | 16.0  | 6.2              | 187.6             | 0.80               | 8.16                | 116.00              |
|                  | 925979 | 12.5  | 7.7              | 184.6             | 1.00               | 10.20               | 145.00              |
|                  | 925981 | 10.0  | 9.6              | 180.8             | 1.25               | 12.75               | 181.25              |

Nota. Recuperado de (Wavin, 2021)



## Capítulo III

### Análisis y Discusión de Resultados

#### Estudio topográfico

En el área de investigación, se inició con el uso de los equipos GNSS marca COMNAV modelo T300 plus y T300. El método consiste en establecer un punto base en la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", el cual se sincronizó con la cota nivelada del punto de referencia ubicado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

A continuación, se establecieron 14 puntos de control de manera homogénea en toda el área de estudio, los cuales sirvieron como guía para alinear el modelo de la superficie al sistema de coordenadas UTM y que faciliten una correcta georreferenciación. Posteriormente, se programaron 3 planes de vuelo los cuales permitieron representar sobre un mapa las líneas de vuelo a seguir.

Finalmente se procesaron todos los datos obtenidos, y se efectuó el uso del software Pix4D para la generación de la ortofoto. Por otra parte, para generar las curvas de nivel, se utilizó el software AutoCAD Civil 3D.

En la siguiente sección, se encuentra una descripción de los equipos, materiales y personal empleado en el estudio topográfico:

Equipo:

- Dron DJI Mavic Air 2s
- Sistema GNSS RTK
- Flexómetro de 5m
- Radios de comunicación
- Trípode para bastones
- Bastón Telescópico

Materiales:

- Lonas
- Clavo de acero
- Pintura roja

Personal:

- Operador
- Cadenero

### Figura 14

*Levantamiento topográfico en la BAE 15 "Paquisha"*



*Nota.* La siguiente figura muestra el posicionamiento del equipo GNSS.

Utilizando todos los datos recopilados, se calculan las pendientes de las calles del proyecto, junto con sus respectivas elevaciones y distancias, que se encuentran especificadas en la Tabla 7.

**Tabla 8**

*Pendientes de las calles dentro de la BAE 15 "Paquisha"*

| <b>Calle</b> | <b>Cota inicial (m)</b> | <b>Cota final (m)</b> | <b>Distancia (m)</b> | <b>Pendiente (%)</b> |
|--------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| A            | 2520,44                 | 2518,21               | 213,33               | 1,05                 |
| B            | 2520,47                 | 2520,99               | 38,25                | 1,36                 |
| C            | 2519,40                 | 2519,05               | 42,40                | 0,83                 |
| D            | 2518,30                 | 2518,20               | 70,00                | 0,14                 |
| E            | 2518,35                 | 2519,94               | 135,50               | 1,17                 |
| F            | 2518,28                 | 2516,60               | 167,35               | 1,00                 |
| G            | 2516,91                 | 2517,26               | 68,62                | 0,51                 |
| H            | 2516,58                 | 2518,27               | 158,70               | 1,06                 |
| I            | 2516,58                 | 2513,66               | 278,18               | 1,05                 |
| J            | 2515,48                 | 2516,85               | 191,78               | 0,71                 |
| K            | 2513,65                 | 2515,20               | 214,41               | 0,72                 |

*Nota.* La tabla indica las elevaciones y distancias dentro de la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha".

Los puntos obtenidos del levantamiento topográfico con dron se encuentran en el Apéndice 1. El plano topográfico con las curvas de nivel generadas se encuentra en el Apéndice 2.

### **Caracterización del suelo**

El análisis del suelo se basa en el estudio realizado en la Vivienda Fiscal, donde se llevaron a cabo tres calicatas designadas como P1, P2 y P3, cada una con una profundidad de 1,50 metros, con el propósito de determinar las características físicas y clasificar el tipo de suelo presente en la zona de estudio (Jiménez & Haro, 2020).

**Tabla 9***Calicatas para estudio de suelo*

| Calicata | Ubicación |            | Profundidad (m) |
|----------|-----------|------------|-----------------|
|          | Este (m)  | Norte (m)  |                 |
| P1       | 503375,63 | 9961787,94 | 1,50            |
| P2       | 503234,52 | 9962086,98 | 1,50            |
| P3       | 502804,58 | 9962221,54 | 1,50            |

*Nota.* Recuperado de (Jiménez & Haro, 2020).

Para la caracterización de suelo se realizaron los siguientes ensayos;

- Contenido de Agua: Norma ASTM D-2216
- Análisis granulométrico: Norma ASTM D-422
- Límites de Atterberg: Norma ASTM D-4318

Después de obtener los resultados de los ensayos realizados, se procede a determinar el tipo de suelo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), conforme a la norma ASTM D-2487 (Jiménez & Haro, 2020).

Seguidamente, se presentan los resultados del laboratorio y la clasificación del tipo de suelo encontrado en la zona de estudio.

**Tabla 10***Resultados del estudio de suelo de la Vivienda Fiscal*

| Calicata              | P1     | P2     | P3     |
|-----------------------|--------|--------|--------|
| Humedad Natural       | 17,86% | 19,13% | 22,37% |
| Límite Líquido        | 30,00% | 28,00% | 31,00% |
| Límite Plástico       | 27,98% | 26,45% | 27,20% |
| Índice de Plasticidad | 2,02%  | 1,55%  | 3,80%  |
| Clasificación SUCS    | ML     | ML     | ML     |

*Nota.* Recuperado de (Jiménez & Haro, 2020).

## Evaluación de sistema de distribución de agua potable existente

### Diagnóstico del sistema de agua potable

El suministro de agua potable en la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha” es proporcionado por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS-Q). Este suministro se realiza a través de un medidor ubicado en las coordenadas UTM Este 780527,46 m y Norte 9961467,12 m.

#### Figura 15

*Punto de agua potable existente en la BAE 15 “Paquisha”*



*Nota.* La siguiente figura muestra el medidor de agua potable.

Con el fin de evaluar el sistema de distribución de agua potable existente, se realizó la medición de las presiones de agua en cada una de las edificaciones. Además, se observó el material actual de las tuberías dentro de la Brigada de Aviación del Ejército 15 “Paquisha”.

#### Presión

El agua potable que se suministra a cada edificación que requiera este servicio deberá tener una presión admisible para garantizar su correcto funcionamiento. Cabe recalcar que tener una presión baja puede ocasionar falta de agua en los diferentes aparatos sanitarios, mientras que una presión excesiva daña graves en las tuberías y válvulas.

En relación a la idea anterior, la presión es un parámetro influyente; por tal motivo, se realizó una medición en cada una de las edificaciones que cuentan con el servicio de agua potable. Esto se llevó a cabo mediante el uso de manómetro que se instaló en el primer aparato sanitario de cada edificio.

### Figura 16

*Manómetro empleado para la medición de presiones*



*Nota.* La siguiente figura muestra el instrumento empleado para la medición de las presiones.

### Figura 17

*Evaluación de presiones en un lavabo de dormitorios de oficiales*

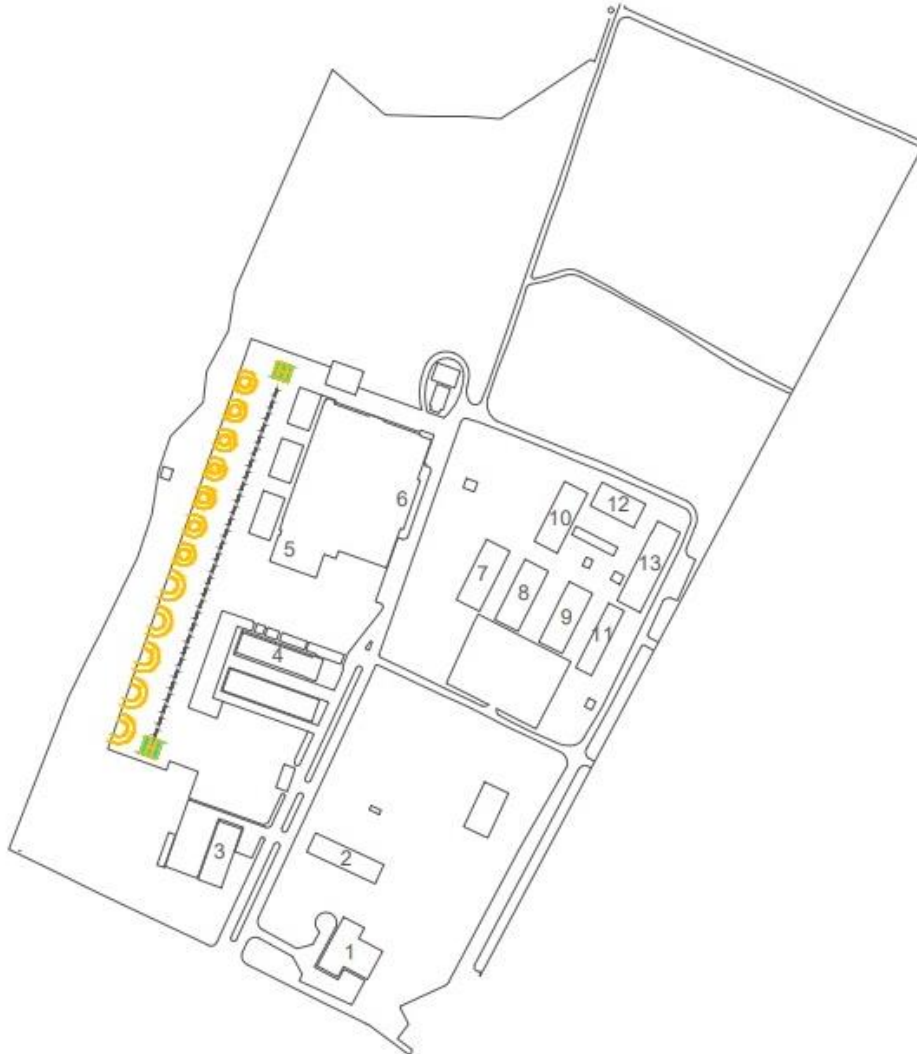


*Nota.* La siguiente figura muestra la medición de presiones.

Los resultados obtenidos de las presiones se encuentran organizados por cada edificación, como se observa en la figura 17.

### Figura 18

*Distribución de presiones por edificación*



*Nota.* La siguiente figura muestra la planimetría con la enumeración de cada edificación.

Por consiguiente, se presenta en la Tabla 8 las presiones que cubren la red de distribución de agua potable actual en la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha".

**Tabla 11***Presiones actuales en la BAE 15 "Paquisha"*

| <b>No.</b> | <b>Tipo de Edificación</b>                         | <b>Presión bar</b> | <b>Presión mca</b> |
|------------|--|--------------------|--------------------|
| 1          | Edificio Administrativo                            | 2,05               | 20,95              |
| 2          | Escuela de Aviación del Ejército                   | 2,05               | 20,95              |
| 3          | Dormitorio de oficiales                            | 2,20               | 22,45              |
| 4          | Administración - Comando de apoyo logístico        | 2,40               | 24,47              |
| 5          | Hangar   | 2,55               | 25,99              |
| 6          | Administración - Grupo de Aviación N°45            | 2,60               | 26,50              |
| 7          | Dormitorio 1 - CEMAE                               | 2,30               | 23,48              |
| 8          | Dormitorio 2 - Comando de apoyo logístico N°15     | 2,40               | 24,47              |
| 9          | Dormitorio 3 - ETAE - 15                           | 2,20               | 22,45              |
| 10         | Dormitorio 4 - Grupo de aviación del ejército N°45 | 2,40               | 24,47              |
| 11         | Dormitorio 5                                       | 2,20               | 22,45              |
| 12         | Comedor improvisado                                | 2,05               | 20,95              |
| 13         | Taller mecánico                                    | 2,00               | 20,39              |

*Nota.* La tabla indica los valores de presiones en unidades de bar y mca.

### **Vida útil**

La calidad del agua que circula mediante las tuberías de un sistema de abastecimiento de agua potable es de vital importancia para la salud de quien posee este servicio. Por tanto, otro de los parámetros que se debe cumplir correctamente es la vida útil del sistema, ya que se espera utilizar el servicio de manera continua.

En la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", el sistema de distribución de agua potable actual ha cumplido con su funcionamiento de manera efectiva. Esto se debe a que sus tuberías principales y secundarias son de PVC, lo que garantiza una vida útil dentro del rango de 20 a 25 años. Sin embargo, es destacable que dicho sistema ha superado el rango establecido en las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y



disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, ya que a la fecha cuenta con una vida útil de 46 años.

### **Material de las tuberías**

La Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha" no cuenta con ningún tipo de registro del trazado actual de la red de distribución de agua potable. En consecuencia, este problema impide realizar un mantenimiento regular y programar reparaciones cuando sea necesario. Asimismo, el desconocimiento de la ubicación de las tuberías existentes dificulta la planificación precisa de la construcción de futuras infraestructuras.

En relación a la problemática expuesta, se desconoce el estado del material de la red, ya que esta se encuentra bajo el nivel del suelo. No obstante, tomando en cuenta la fecha de su construcción, es probable que presente un alto grado de desgaste debido al paso del tiempo y a la exposición a diversos elementos ambientales y orgánicos.

### **Reporte del sistema de agua potable**

Después de evaluar las presiones en diferentes edificaciones, la vida útil y el estado del material, se describen a continuación las observaciones identificadas en la red de distribución de agua potable actual.

- Las presiones obtenidas en cada edificación son las adecuadas, debido a que se encuentran en un rango de 20 mca – 27 mca.
- La capacidad del sistema se vio afectada por el pasar de los años, considerando que este se construyó en el año 1977.
- Es indispensable conocer el trazado de la red de distribución de agua potable para realizar mantenimientos y reparaciones en el futuro.

Basándonos en las observaciones mencionadas, se determina que el sistema de distribución de agua potable de la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha" tiene una presión adecuada. Sin embargo, debido al paso del tiempo y la falta de mantenimiento

evidenciado, se ha tomado la decisión de realizar un nuevo diseño del sistema de distribución de agua potable.

### **Cálculos y diseño del sistema de distribución de agua potable**

#### **Caudal medio**

El consumo medio anual diario ( $m^3/s$ ), se debe calcular por la fórmula (INEN, 1992);

Datos:

$$N = 959 \text{ hab}$$

$$q = 150 \text{ l/hab-día}$$

$$Q_{med} = \frac{q \times N}{86400} \text{ (l/s)}$$

$$Q_{med} = \frac{150 \text{ l/hab} - \text{día} \times 959 \text{ hab}}{86400} \text{ (l/s)}$$

$$Q_{med} = 1,66 \text{ l/s}$$

#### **Caudal máximo diario**

El requerimiento máximo correspondiente al mayor consumo diario, se debe calcular por la fórmula (INEN, 1992);

Datos:

$$Q_{med} = 1,66 \text{ l/s}$$

$$K_{m\acute{a}x.d\acute{a}a} = 1,3$$

$$Q_{m\acute{a}x.d\acute{a}a} = K_{m\acute{a}x.d\acute{a}a} \times Q_{med}$$

$$Q_{m\acute{a}x.d\acute{a}a} = 1,3 \times 1,66 \text{ l/s}$$

$$Q_{m\acute{a}x.d\acute{a}a} = 2,16 \text{ l/s}$$

### Caudal máximo horario

La demanda máxima horaria se debe calcular por la fórmula (INEN, 1992):

Datos:

$$Q_{med} = 1,66 \text{ l/s}$$

$$K_{m\acute{a}x.hor} = 2$$

$$Q_{m\acute{a}x.hor} = K_{m\acute{a}x.hor} \times Q_{med}$$

$$Q_{m\acute{a}x.hor} = 2 \times 1,66 \text{ l/s}$$

$$Q_{m\acute{a}x.hor} = 3,32 \text{ l/s}$$

### Caudal de diseño

Para poblaciones de hasta 3000 habitantes futuros en la costa y 5000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios (INEN, 1992).

$$Q_{diseño} = Q_{m\acute{a}x.hor} + Incendios$$

$$Q_{diseño} = 3,32 \text{ l/s} + 0 \text{ l/s}$$

$$Q_{diseño} = 3,32 \text{ l/s}$$

### Distribución de áreas de consumo

Con el fin de establecer con precisión la distribución de las áreas de consumo y asignar de manera eficiente la demanda correspondiente a cada nodo, se realizó un análisis respaldado por la información detallada presentada en el Libro 13 del CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). Este análisis no solo sienta las bases para una distribución efectiva, sino que también garantiza que los recursos se asignen de manera justa y equitativa, alineándose con los estándares de gestión hídrica respaldados por una autoridad reconocida en la materia. (CONAGUA, 2019).

**Figura 19**

*Distribución de áreas en BAE 15 "Paquisha"*



*Nota.* La siguiente figura indica las áreas de consumo asignadas en cada nodo.

### **Demandas por nodo**

Se empleó el Método del área unitaria para calcular los caudales por nodo.

**Tabla 12***Cálculo de caudal por nodo*

| <b>NODO</b> | <b>COTA</b> | <b>TRAMO</b> | <b>LONGITUD<br/>(m)</b> | <b>ÁREA<br/>APORTACIÓN<br/>(m2)</b> | <b>ÁREA<br/>(%)</b> | <b>Qmáx<br/>día<br/>(l/s)</b> | <b>Qmáx<br/>hor<br/>(l/s)</b> |
|-------------|-------------|--------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 3           | 2518,19     | Tubería 2    | 53,00                   | 1730,94                             | 6,28                | 0,14                          | <b>0,21</b>                   |
| 5           | 2519,00     | Tubería 4    | 47,00                   | 1660,47                             | 6,02                | 0,13                          | <b>0,20</b>                   |
| 7           | 2518,13     | Tubería 6    | 33,00                   | 1370,00                             | 4,97                | 0,11                          | <b>0,16</b>                   |
| 9           | 2517,00     | Tubería 8    | 67,00                   | 2667,98                             | 9,68                | 0,21                          | <b>0,32</b>                   |
| 10          | 2516,88     | Tubería 9    | 89,00                   | 3591,34                             | 13,03               | 0,28                          | <b>0,43</b>                   |
| 11          | 2516,57     | Tubería 10   | 38,00                   | 3664,72                             | 13,29               | 0,29                          | <b>0,44</b>                   |
| 13          | 2517,00     | Tubería 12   | 80,00                   | 2906,33                             | 10,54               | 0,23                          | <b>0,35</b>                   |
| 14          | 2517,00     | Tubería 13   | 77,00                   | 2901,15                             | 10,52               | 0,23                          | <b>0,35</b>                   |
| 16          | 2515,50     | Tubería 15   | 83,00                   | 1872,14                             | 6,79                | 0,15                          | <b>0,23</b>                   |
| 17          | 2516,50     | Tubería 16   | 98,00                   | 2308,68                             | 8,37                | 0,18                          | <b>0,28</b>                   |
| 18          | 2516,41     | Tubería 17   | 86,00                   | 2897,37                             | 10,51               | 0,23                          | <b>0,35</b>                   |
| <b>Σ</b>    |             |              |                         | <b>27571,12</b>                     | <b>100,00</b>       | <b>2,16</b>                   | <b>3,32</b>                   |

*Nota.* La tabla indica el resumen de los cálculos de los caudales unitarios.

### **Diámetro de tubería**

Se utiliza la siguiente ecuación para el cálculo de la pendiente topográfica:

$$S = \frac{\text{Cota superior} - \text{Cota inferior}}{\text{Longitud de tramo}}$$

Donde:

S = Pendiente topográfica

### **Cálculo de la pendiente:**

TRAMO 1-2 (tubería 1)

Cota del nodo entrada de agua = 2518,88 msnm

Cota Llegada nodo 1 = 2518,61 msnm

Longitud = 112 m

$$S = \frac{\text{Cota superior} - \text{Cota inferior}}{\text{Longitud de tramo}}$$

$$S = \frac{2518,88 - 2518,61}{112}$$

$$S = 0,00241 \text{ m/m}$$

**Cálculo del diámetro:**

$$D_{\text{calculado}} = \sqrt[2,63]{\left(\frac{Q \times 10^{-3}}{0,2785 \times C \times S^{0,54}}\right)}$$

$$D_{\text{calculado}} = \sqrt[2,63]{\left(\frac{3,32 \times 10^{-3}}{0,2785 \times 150 \times 0,00241^{0,54}}\right)}$$

$$D_{\text{calculado}} = 0,095 \text{ m} = 95 \text{ mm}$$

Diámetro nominal comercial adoptado

$$\emptyset \text{ comercial} = 90 \text{ mm}$$

Espesor = 4,3 mm (Según tablas para tubería PVC – PLASTIGAMA)

**Cálculo del diámetro interior:**

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2(e)$$

$$D_{\text{int}} = 90 - 2(4,3)$$

$$D_{\text{int}} = 81,4 \text{ mm}$$

**Cálculo de velocidad:**

$$V = \frac{Q \times 10^{-3}}{A}$$

$$V = \frac{Q \times 10^{-3}}{\pi \times \frac{D_{int}^2}{4}}$$

$$V = \frac{3,32 \times 10^{-3}}{\pi \times \frac{0,0814^2}{4}}$$

$$V = 0,64 \text{ m/s}$$

$$0,45 \text{ m/s} < 0,64 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s} \text{ **Cumple**}$$

La tubería 1 del tramo 1-2 se encuentra dentro del rango de velocidades adecuado. No obstante, se propone utilizar un diámetro menor con el propósito de acercar el valor de la velocidad a 1,50 m/s, que es el valor recomendado por la normativa INEN.

$$\emptyset \text{ comercial} = 63 \text{ mm}$$

Espesor = 3 mm (Según tablas para tubería PVC – PLASTIGAMA)

$$D_{int} = 63 - 2(3)$$

$$D_{int} = 57 \text{ mm}$$

$$V = \frac{3,32 \times 10^{-3}}{\pi \times \frac{0,057^2}{4}}$$

$$V = 1,30 \text{ m/s}$$

$$0,45 \text{ m/s} < 1,30 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s} \text{ **Cumple**}$$

El diámetro nominal de tubería a ocupar en la tubería 1 es de **63 mm**.

### **Bomba empleada**

Las bombas centrífugas desempeñan un rol esencial en los sistemas de provisión de agua potable, ya que juegan un papel fundamental para asegurar un flujo constante y

efectivo de este recurso vital. Estos dispositivos aprovechan la fuerza centrífuga originada por la rotación de un impulsor para impulsar el agua a través de las tuberías y elevarla a distintos niveles de elevación. Al mantener una presión adecuada en el sistema, son capaces de superar las disparidades de altitud entre la fuente de agua y los puntos de entrega, garantizando que el abastecimiento llegue a los lugares necesitados. La selección meticulosa y el diseño apropiado de estas bombas, tomando en cuenta variables como la capacidad de flujo, la presión requerida y la eficiencia energética, son de suma importancia para optimizar el funcionamiento y satisfacer las necesidades de la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha" de manera eficiente y sostenible.

### **CPm 620**

Estas son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba. Por su confiabilidad y simplicidad encuentran un amplio uso en el sector doméstico y civil (Rotoplas, 2022).

**Tabla 13**

*Detalles técnicos de la bomba centrífuga CPm 620*

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Potencia:</b>        | 1 HP   |
| <b>Voltaje:</b>         | 110 V. MONOFASE  |
| <b>Succión:</b>         | 1  |
| <b>Descarga (pulg):</b> | 1  |
| <b>Caudal (máx):</b>    | 100 lpm  |
| <b>Altura (máx):</b>    | 34 m.  |
| <b>Características:</b> | Irrigación, sistemas de enfriamiento, sistemas de acondicionamiento, abastecimiento de agua transferencia de agua, sistemas de presión |

*Nota.* La tabla contiene una descripción detallada de la bomba CPm 620. Recuperado de (Rotoplas, 2022)

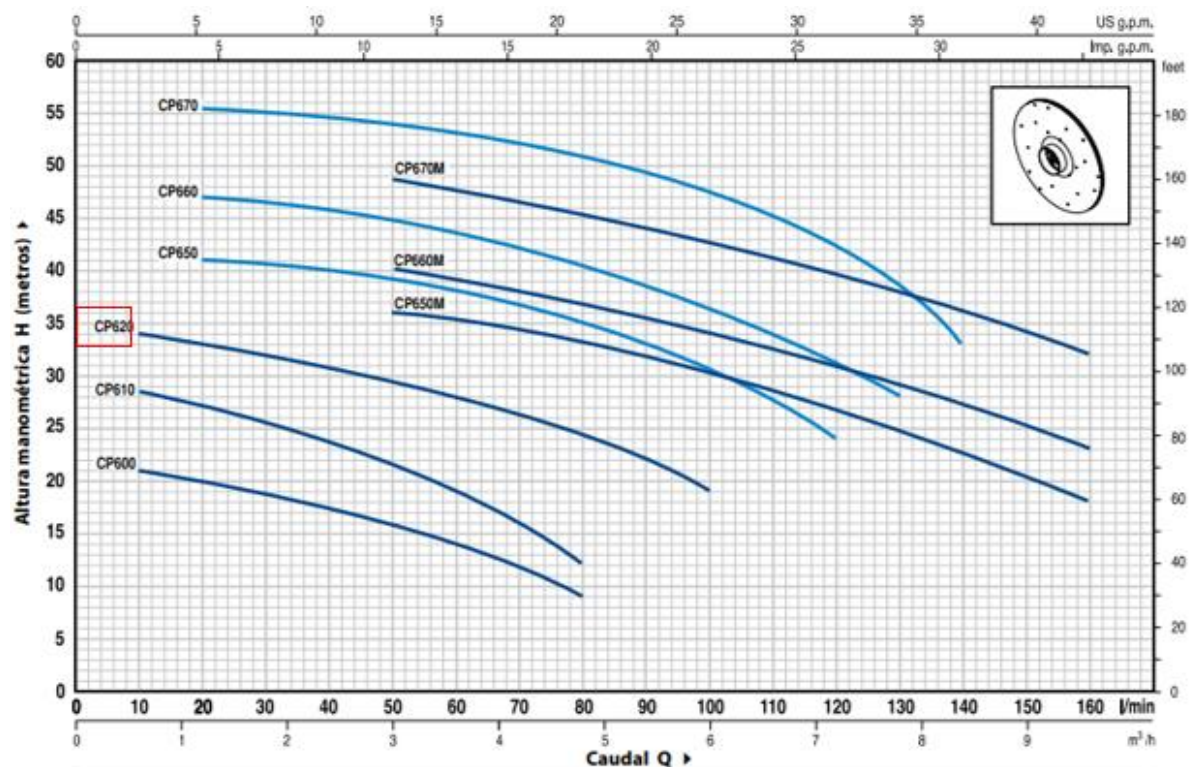


### Curva y datos de prestaciones

La curva de prestaciones de una bomba es una representación visual clave que proporciona información esencial para el diseño, selección y operación eficiente de sistemas de bombeo en una variedad de aplicaciones.

**Figura 20**

*Gráfica y tolerancia de las curvas de prestaciones*



| MODELO     |           | POTENCIA |    | Q | Flow Rate (l/min) |     |     |      |      |      |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|------------|-----------|----------|----|---|-------------------|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| Monofásica | Trifásica | kW       | HP |   | 0                 | 0.6 | 1.2 | 1.8  | 2.4  | 3.0  | 3.6 | 4.2  | 4.8  | 5.4 | 6.0 | 6.6 | 7.2 | 7.8 | 8.4 | 9.0 | 9.6 |  |
| CPm 620    | CP 620    | 0.75     | 1  |   | 35                | 34  | 33  | 31.5 | 30.5 | 29.5 | 28  | 26.5 | 24.5 | 22  | 19  |     |     |     |     |     |     |  |

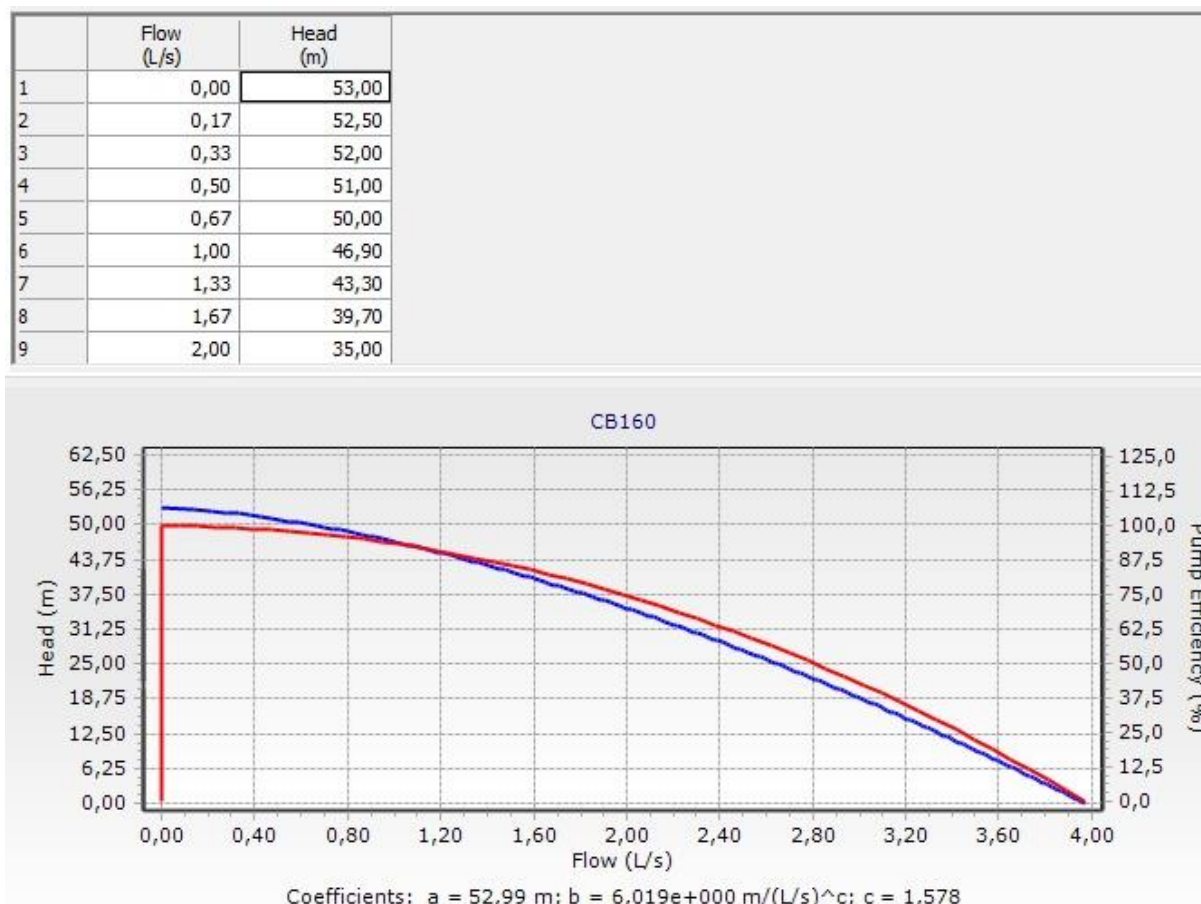
*Nota.* La siguiente figura indica los datos de la bomba centrífuga CPm 620. Recuperado de (Rotoplas, 2022).

### Datos y curva ingresados en el software WaterGEMS

Para introducir los datos correspondientes en el software WaterGEMS, se utilizó la herramienta "PUMP definitions". En esta herramienta, se registraron los valores de acuerdo a los datos de la bomba centrífuga CPm 620.

**Figura 21**

*Definición de la bomba en el software WaterGEMS*



*Nota.* La siguiente figura indica los datos ingresados de la bomba centrífuga CPm 620 en el software WaterGEMS.

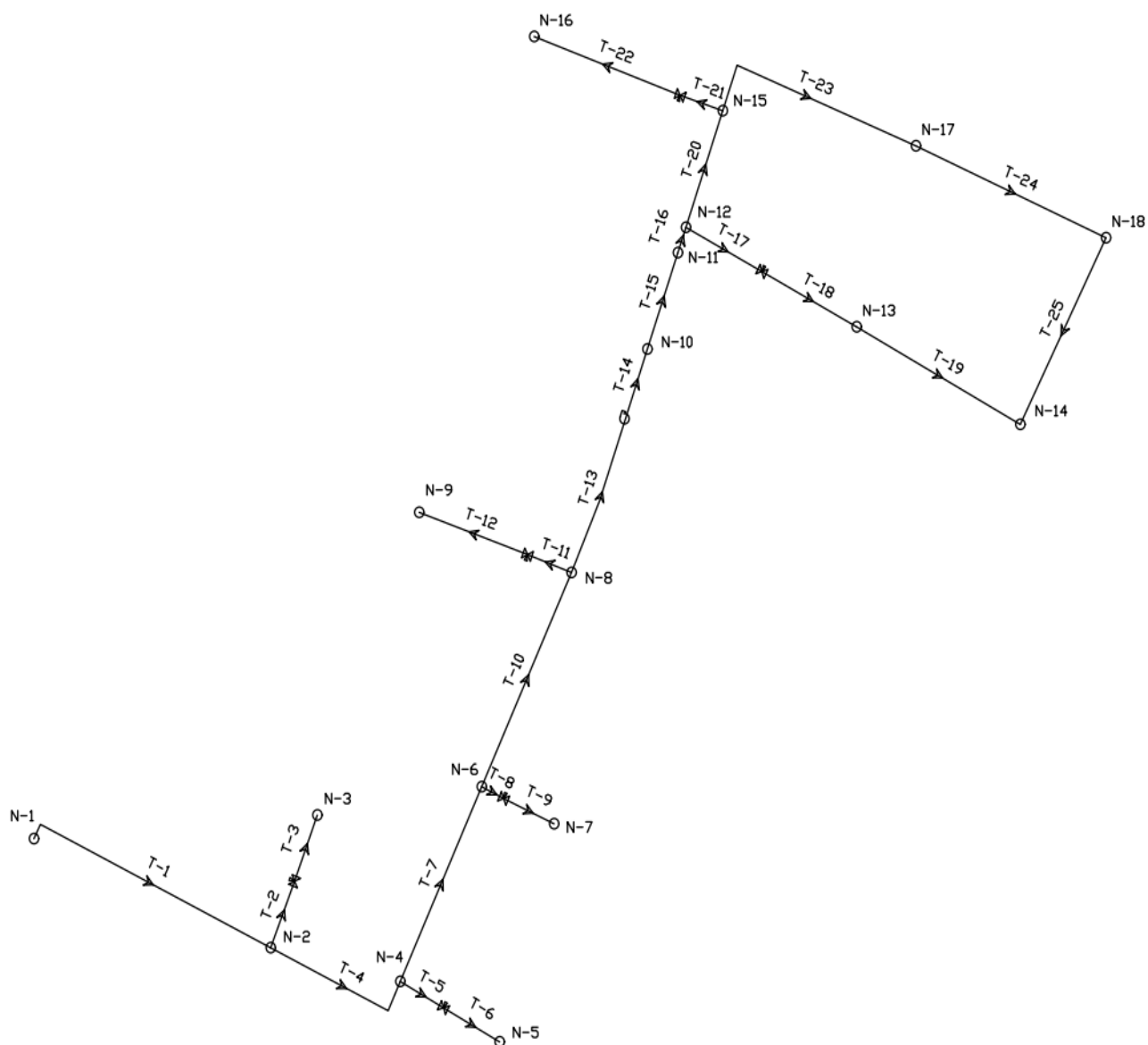
### **Modelación de la red de distribución**

Con el propósito de realizar el diseño del sistema de distribución de la red de agua potable, se llevó a cabo un proceso de modelado utilizando el software WaterGEMS, con licencia estudiantil. Esta herramienta permitió obtener datos y una representación visual más clara de los resultados, estos a su vez ayudaron a comprender de manera efectiva el diseño propuesto.

## Nodos y tuberías

**Figura 22**

*Configuración de las tuberías y nodos*

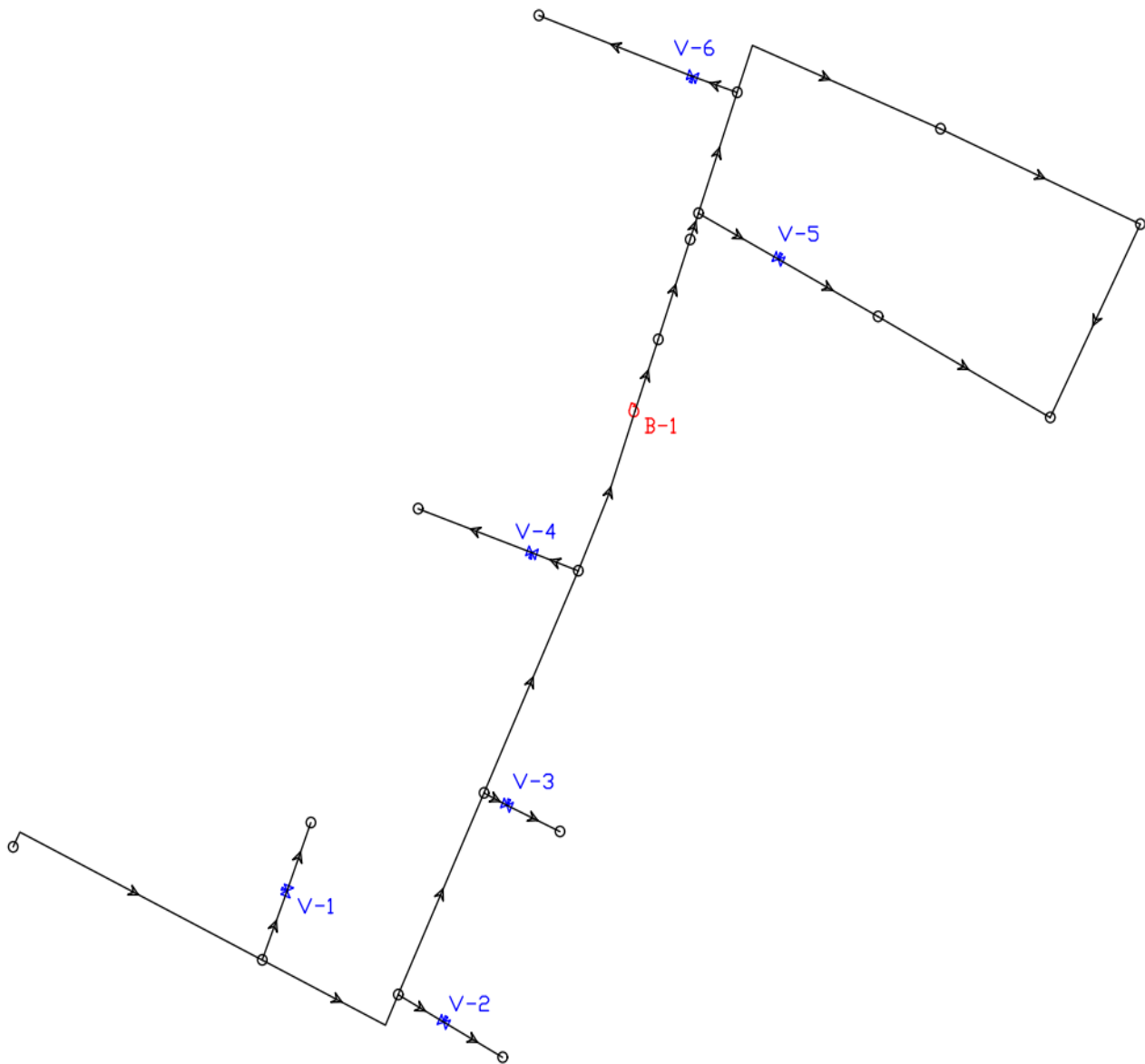


*Nota.* La siguiente figura indica los nodos y tuberías de la red de distribución de agua potable en el software WaterGEMS.

## Válvulas y Bomba

**Figura 23**

*Ubicación de válvulas y bomba presión*

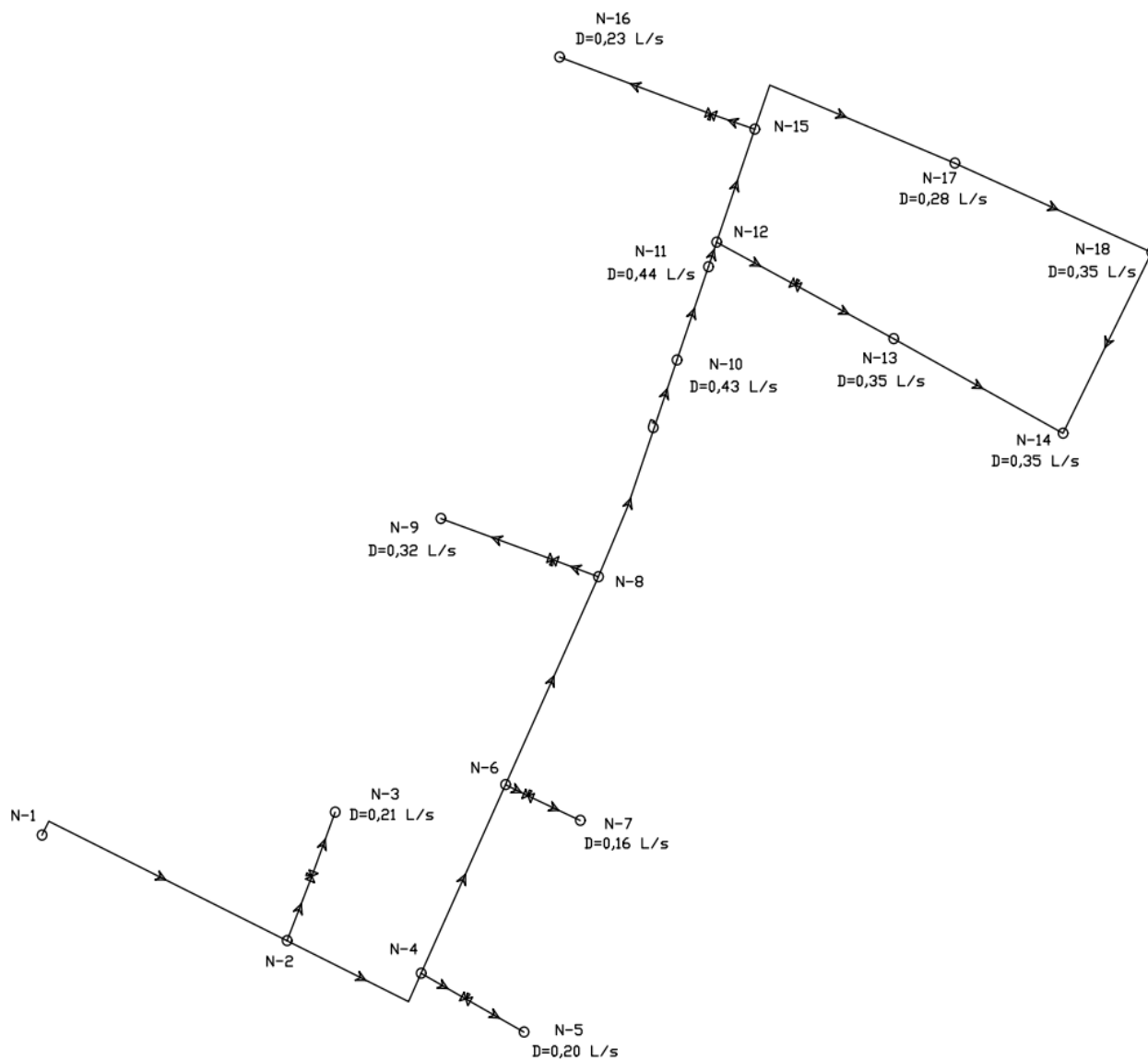


*Nota.* La siguiente figura indica las válvulas y la bomba utilizada en la red de distribución de agua potable en el software WaterGEMS.

## Demanda base

**Figura 24**

*Demanda base en los nodos*

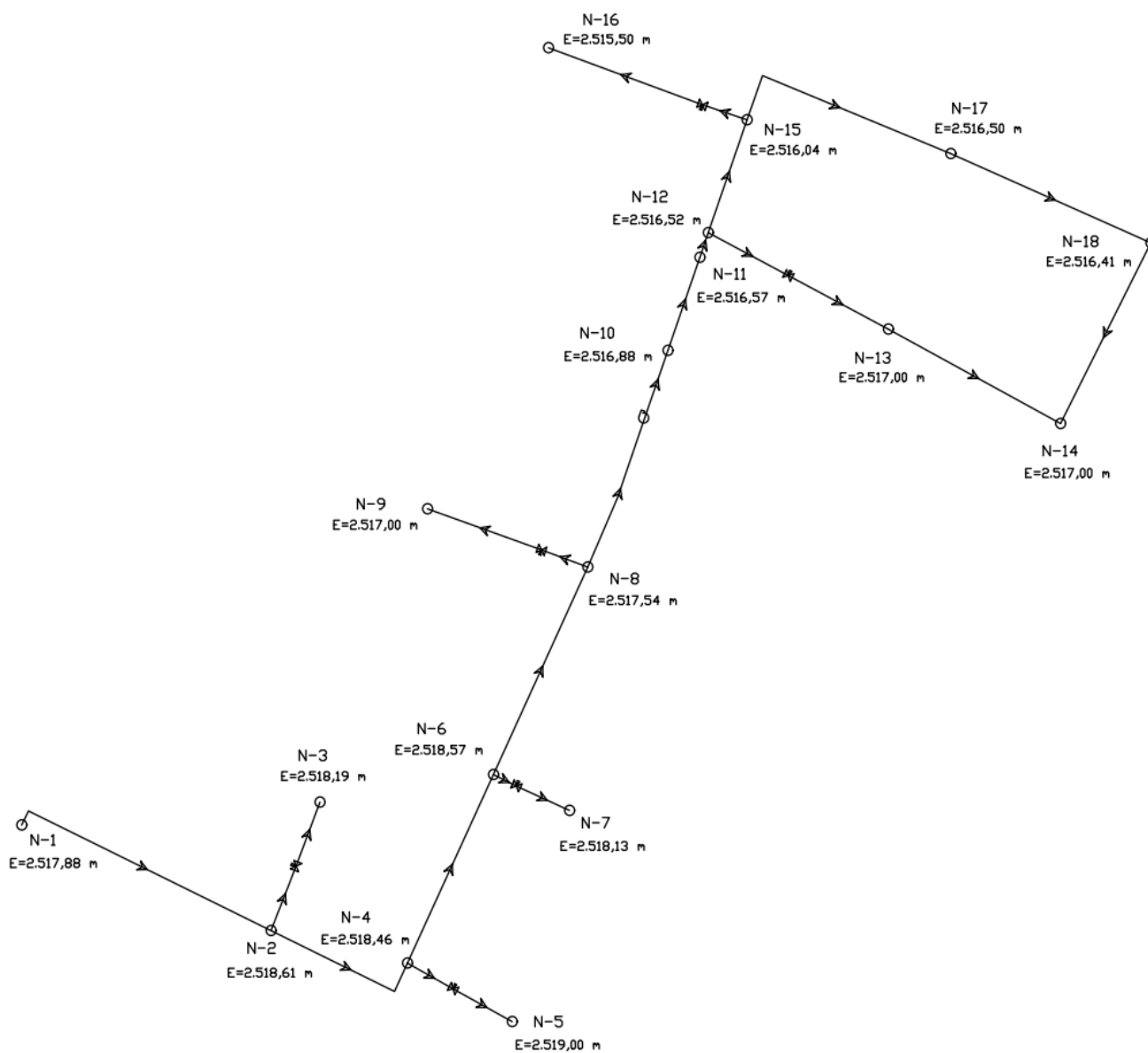


*Nota.* La siguiente figura indica las demandas en los nodos correspondientes de la red de distribución de agua potable en el software WaterGEMS.

## Elevaciones

Figura 25

*Elevación en los nodos*

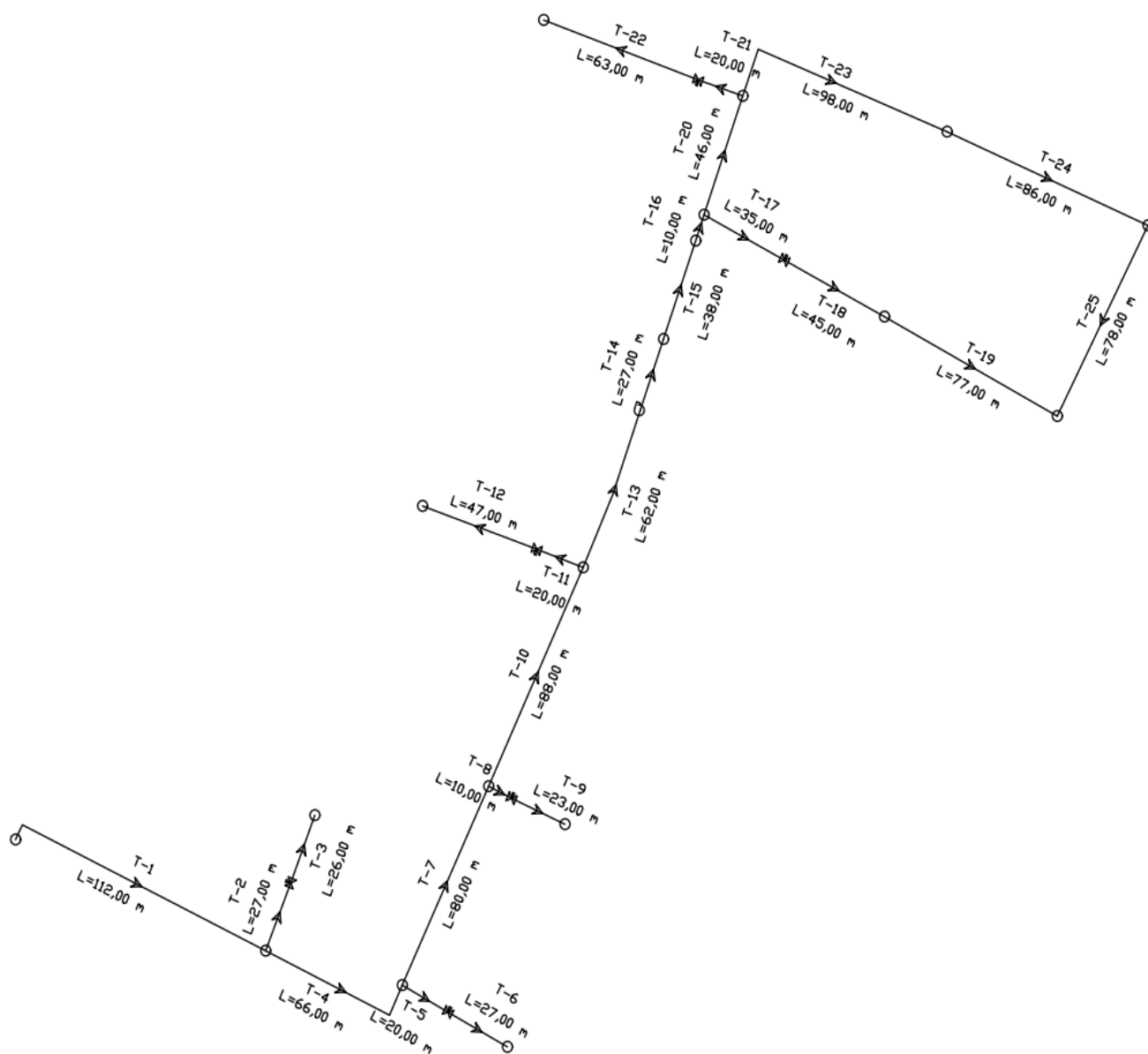


*Nota.* La siguiente figura indica las elevaciones en los nodos de la red de distribución de agua potable en el software WaterGEMS.

## Longitudes tuberías

Figura 26

Longitud en las tuberías

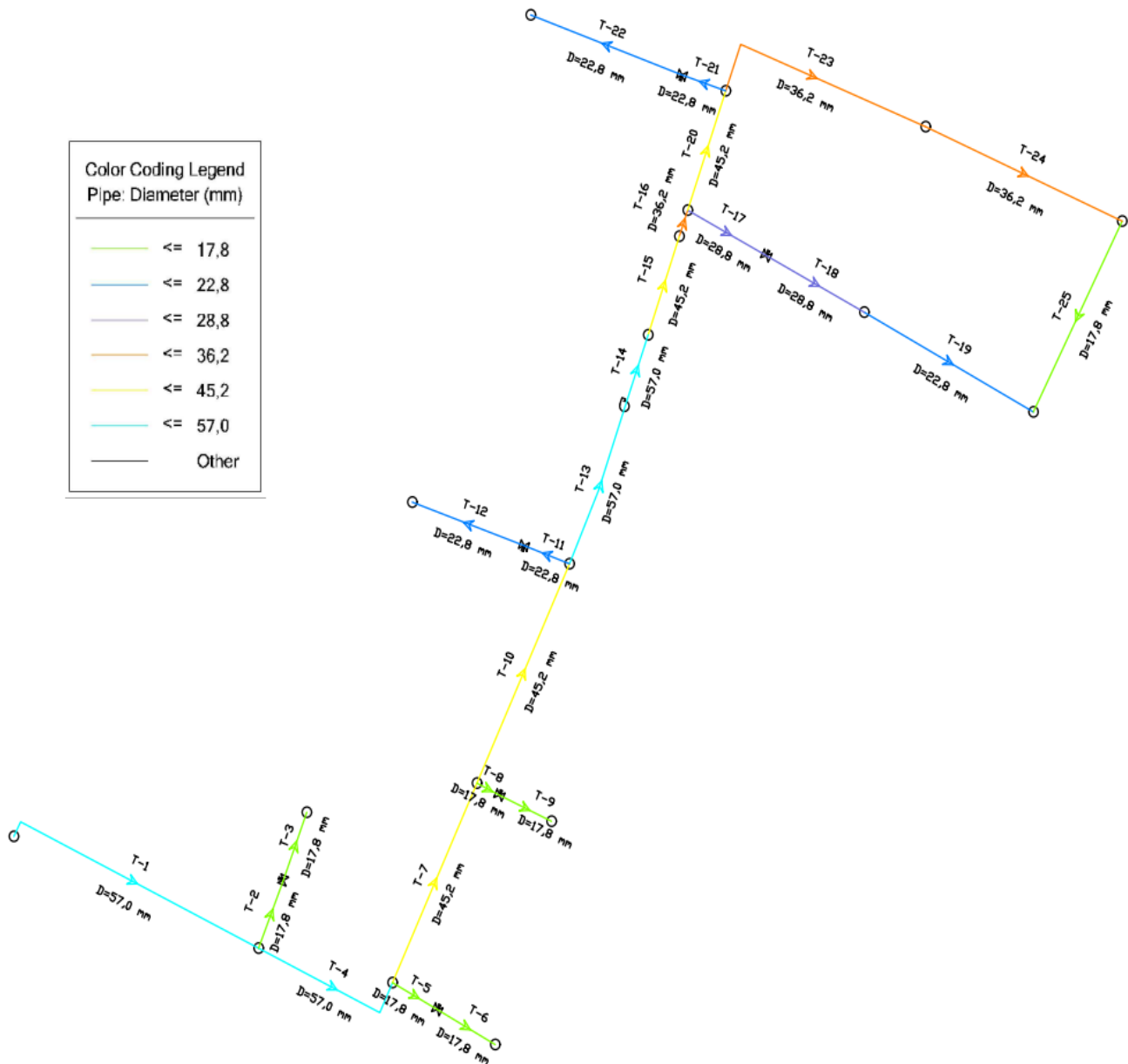


Nota. La siguiente figura indica las longitudes de las tuberías en la red de distribución de agua potable en el software WaterGEMS.

## Diámetros tuberías ocupadas

Figura 27

Diámetros ocupados



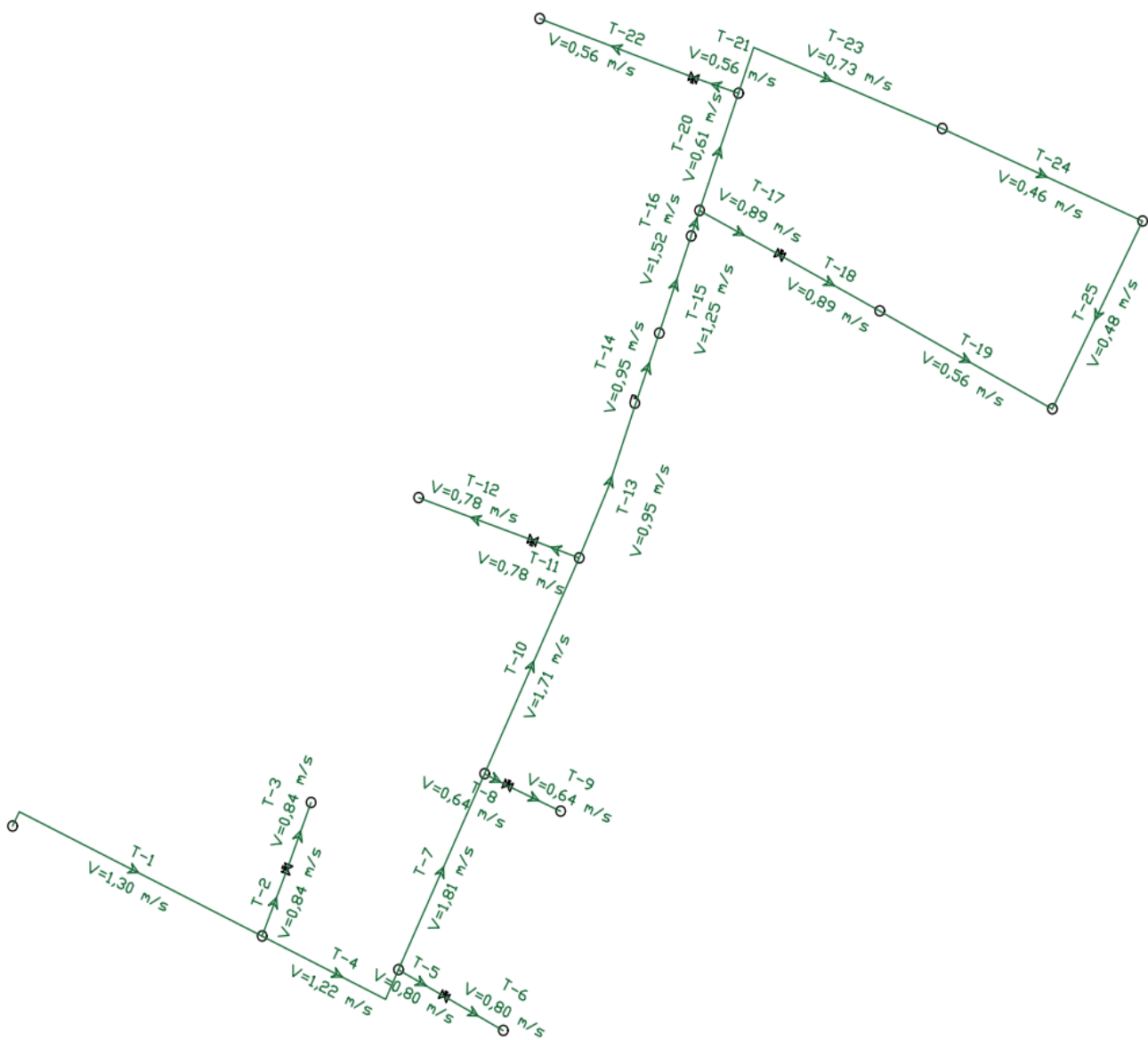
Nota. La siguiente figura indica los diámetros ocupados en la red de distribución de agua potable en el software WaterGEMS.



## Velocidades en tuberías

Figura 28

Velocidad en las tuberías

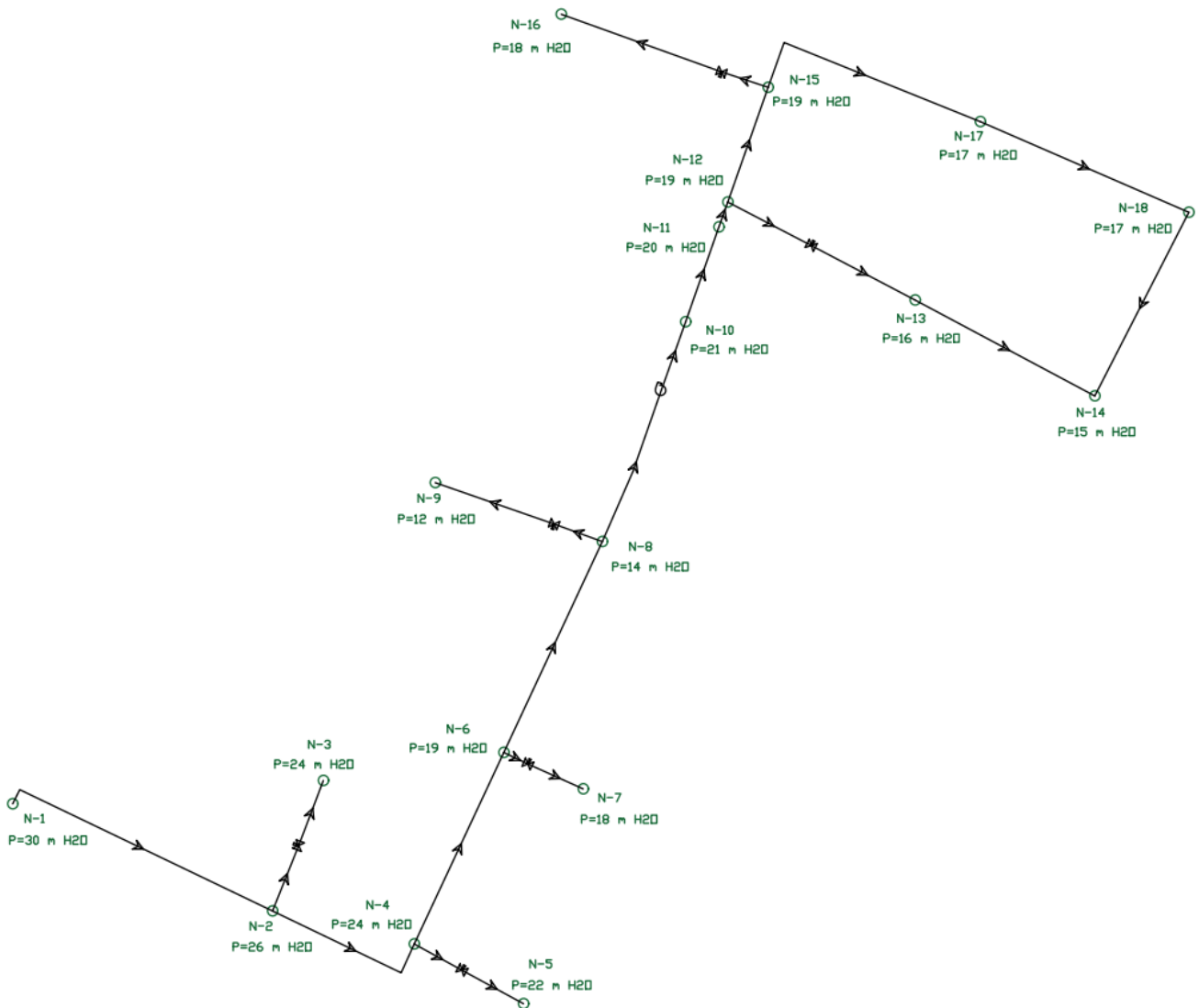


Nota. La siguiente figura indica las velocidades en las tuberías de la red de distribución de agua potable en el software WaterGEMS.

## Presiones en nodos

Figura 29

Presión en los nodos



*Nota.* La siguiente figura indica las presiones en los nodos de la red de distribución de agua potable en el software WaterGEMS.

## Tabla de resumen de resultados obtenidos

**Tabla 14**

*Resumen de información en cada nodo*

| <b>Nodo</b> | <b>Elevación<br/>(m)</b> | <b>Demanda<br/>(l/s)</b> | <b>Altura<br/>Piezométrica<br/>(m)</b> | <b>Presión<br/>(mca)</b> |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| N-1         | 2517,88                  | 0,00                     | 2.547,95                               | 30,00                    |
| N-2         | 2518,61                  | 0,00                     | 2.544,66                               | 26,00                    |
| N-3         | 2518,19                  | 0,21                     | 2.541,95                               | 24,00                    |
| N-4         | 2518,46                  | 0,00                     | 2.542,95                               | 24,00                    |
| N-5         | 2519,00                  | 0,20                     | 2.540,75                               | 22,00                    |
| N-6         | 2518,57                  | 0,00                     | 2.537,26                               | 19,00                    |
| N-7         | 2518,13                  | 0,16                     | 2.536,24                               | 18,00                    |
| N-8         | 2517,54                  | 0,00                     | 2.531,63                               | 14,00                    |
| N-9         | 2517,00                  | 0,32                     | 2.529,39                               | 12,00                    |
| N-10        | 2516,88                  | 0,43                     | 2.537,71                               | 21,00                    |
| N-11        | 2516,57                  | 0,44                     | 2.536,36                               | 20,00                    |
| N-12        | 2516,52                  | 0,00                     | 2.535,70                               | 19,00                    |
| N-13        | 2517,00                  | 0,35                     | 2.532,96                               | 16,00                    |
| N-14        | 2517,00                  | 0,35                     | 2.531,56                               | 15,00                    |
| N-15        | 2516,04                  | 0,00                     | 2.535,26                               | 19,00                    |
| N-16        | 2515,50                  | 0,23                     | 2.533,76                               | 18,00                    |
| N-17        | 2516,50                  | 0,28                     | 2.533,59                               | 17,00                    |
| N-18        | 2516,41                  | 0,35                     | 2.532,98                               | 17,00                    |

*Nota.* Información obtenida del software WaterGEMS.

**Tabla 15***Resumen de información en cada tubería*

| <b>Tubería</b> | <b>Longitud (m)</b> | <b>Diámetro (mm)</b> | <b>Rugosidad</b> | <b>Caudal (l/s)</b> | <b>Velocidad (m/s)</b> | <b>Pérdidas (m/m)</b> |
|----------------|---------------------|----------------------|------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| T-1            | 112,00              | 57,00                | 150,00           | 3,32                | 1,30                   | 0,03                  |
| T-2            | 27,00               | 17,80                | 150,00           | 0,21                | 0,84                   | 0,05                  |
| T-3            | 26,00               | 17,80                | 150,00           | 0,21                | 0,84                   | 0,05                  |
| T-4            | 66,00               | 57,00                | 150,00           | 3,11                | 1,22                   | 0,03                  |
| T-5            | 20,00               | 17,80                | 150,00           | 0,20                | 0,80                   | 0,05                  |
| T-6            | 27,00               | 17,80                | 150,00           | 0,20                | 0,80                   | 0,05                  |
| T-7            | 80,00               | 45,20                | 150,00           | 2,91                | 1,81                   | 0,07                  |
| T-8            | 10,00               | 17,80                | 150,00           | 0,16                | 0,64                   | 0,03                  |
| T-9            | 23,00               | 17,80                | 150,00           | 0,16                | 0,64                   | 0,03                  |
| T-10           | 88,00               | 45,20                | 150,00           | 2,75                | 1,71                   | 0,06                  |
| T-11           | 20,00               | 22,80                | 150,00           | 0,32                | 0,78                   | 0,03                  |
| T-12           | 47,00               | 22,80                | 150,00           | 0,32                | 0,78                   | 0,03                  |
| T-13           | 62,00               | 57,00                | 150,00           | 2,43                | 0,95                   | 0,02                  |
| T-14           | 27,00               | 57,00                | 150,00           | 2,43                | 0,95                   | 0,02                  |
| T-15           | 38,00               | 45,20                | 150,00           | 2,00                | 1,25                   | 0,04                  |
| T-16           | 10,00               | 36,20                | 150,00           | 1,56                | 1,52                   | 0,07                  |
| T-17           | 35,00               | 28,80                | 150,00           | 0,58                | 0,89                   | 0,03                  |
| T-18           | 45,00               | 28,80                | 150,00           | 0,58                | 0,89                   | 0,03                  |
| T-19           | 77,00               | 22,80                | 150,00           | 0,23                | 0,56                   | 0,02                  |
| T-20           | 46,00               | 45,20                | 150,00           | 0,98                | 0,61                   | 0,01                  |
| T-21           | 20,00               | 22,80                | 150,00           | 0,23                | 0,56                   | 0,02                  |
| T-22           | 63,00               | 22,80                | 150,00           | 0,23                | 0,56                   | 0,02                  |
| T-23           | 98,00               | 36,20                | 150,00           | 0,75                | 0,73                   | 0,02                  |
| T-24           | 86,00               | 36,20                | 150,00           | 0,47                | 0,46                   | 0,01                  |
| T-25           | 78,00               | 17,80                | 150,00           | 0,12                | 0,48                   | 0,02                  |

*Nota.* Información obtenida del software WaterGEMS.

## **Planos**

Las áreas de consumo de la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha" se detallan en el Apéndice 3.

En el Apéndice 4 se presenta el rediseño de la red de distribución de agua potable, incluyendo los datos de presiones, velocidades, diámetros y caudales obtenidos.

El Apéndice 5 contiene los perfiles longitudinales de la red de distribución de agua potable.

Asimismo, la línea piezométrica de la red de distribución de agua potable está disponible en el Apéndice 6.

Por último, el Apéndice 7 contiene el plano de los accesorios.

## **Presupuesto**

Finalmente, se procedió a realizar el análisis de precios unitarios. Esta evaluación se basó en los sueldos vigentes en el año 2023 en el ámbito de la construcción, así como en los costos de referencia establecidos previamente por la revista de la Cámara de la Construcción para el año 2022.

Las cantidades de obra correspondientes al proyecto se derivan de la planificación del sistema de distribución de agua potable detallado en las secciones anteriores de este estudio.

Tabla 16

Presupuesto referencial para el sistema de distribución de agua potable

| <b>UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE</b>  |   |                |                 |                    |                 |
|---|---|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| <b>Evaluación y rediseño del sistema de distribución de agua potable en la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha"</b> |   |                |                 |                    |                 |
| <b>Nº</b>   | <b>RUBRO</b>  | <b>UNIDAD</b>  | <b>CANTIDAD</b> | <b>P. UNITARIO</b> | <b>P. TOTAL</b> |
| <b>Obras Preliminares</b>   |   |                |                 |                    |                 |
| 1   | Limpieza y desbroce del terreno                                 | m <sup>2</sup> | 719,25          | \$1,51             | \$1.085,31      |
| 2   | Replanteo y nivelación con equipo topográfico                   | m <sup>2</sup> | 9593,466        | \$2,04             | \$19.560,90     |
| <b>Levamiento y Recolocación de adoquín</b>   |   |                |                 |                    |                 |
| 3   | Levantamiento de adoquín y apilado                              | m <sup>2</sup> | 1091,81         | \$2,48             | \$2.711,87      |
| 4   | Reposición de adoquín con el mismo material                     | m <sup>2</sup> | 1091,81         | \$5,74             | \$6.265,42      |
| <b>Movimiento de tierras</b>  |   |                |                 |                    |                 |
| 5   | Excavación de zanjas a máquina en tierra h=0-2 m                | m <sup>3</sup> | 1446,29         | \$2,56             | \$3.699,87      |
| 6   | Excavación de zanjas a mano en tierra h=0-2 m                   | m <sup>3</sup> | 340,08          | \$8,99             | \$3.057,91      |
| 7   | Rasanteo de zanja a mano  | m <sup>2</sup> | 1469,69         | \$1,49             | \$2.191,03      |
| 8   | Relleno de zanja compactado con material de sitio               | m <sup>3</sup> | 2143,644        | \$7,53             | \$16.147,64     |
| <b>Instalación de tubería</b>   |   |                |                 |                    |                 |
| 9   | Cama de arena h=10 cm   | m <sup>3</sup> | 146,97          | \$17,70            | \$2.601,44      |
| 10  | Tubería PVC E/C 20 mm (mat/trans/inst)                          | M              | 211,00          | \$2,17             | \$457,80        |
| 11  | Tubería PVC E/C 25 mm (mat/trans/inst)                          | M              | 227,00          | \$2,62             | \$595,16        |
| 12  | Tubería PVC E/C 32 mm (mat/trans/inst)                          | M              | 80,00           | \$3,20             | \$255,61        |
| 13  | Tubería PVC E/C 40 mm (mat/trans/inst)                          | M              | 194,00          | \$3,95             | \$765,94        |
| 14  | Tubería PVC E/C 50 mm (mat/trans/inst)                          | M              | 252,00          | \$4,78             | \$1.204,97      |
| 15  | Tubería PVC E/C 63 mm (mat/trans/inst)                          | M              | 267,00          | \$6,33             | \$1.689,41      |
| <b>Accesorios</b>   |   |                |                 |                    |                 |
| 16  | Suministro e instalación de Tee Reductora PVC E/C 50 mm a 20 mm | U              | 1,00            | \$3,73             | \$3,73          |
| 17  | Suministro e instalación de Tee Reductora PVC E/C 50 mm a 25 mm | U              | 1,00            | \$3,94             | \$3,94          |

---

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**


---

**Evaluación y rediseño del sistema de distribución de agua potable en la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha"**

| <b>Nº</b> | <b>RUBRO</b>  | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>P. UNITARIO</b> | <b>P. TOTAL</b> |
|-----------|---|---------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| 18        | Suministro e instalación de Tee Reductora PVC E/C 50 mm a 32 mm | U             | 1,00            | \$4,12             | \$4,12          |
| 19        | Suministro e instalación de Tee Reductora PVC E/C 63 mm a 20 mm | U             | 2,00            | \$4,06             | \$8,12          |
| 20        | Suministro e instalación de Tee Reductora PVC E/C 63 mm a 25 mm | U             | 1,00            | \$4,28             | \$4,28          |
| 21        | Suministro e instalación de Reductor PVC E/C 25 mm a 20 mm      | U             | 7,00            | \$1,74             | \$1,74          |
| 22        | Suministro e instalación de Reductor PVC E/C 32 mm a 25 mm      | U             | 1,00            | \$1,74             | \$1,74          |
| 23        | Suministro e instalación de Reductor PVC E/C 40 mm a 20 mm      | U             | 1,00            | \$1,83             | \$1,83          |
| 24        | Suministro e instalación de Reductor PVC E/C 40 mm a 32 mm      | U             | 1,00            | \$1,83             | \$1,83          |
| 25        | Suministro e instalación de Reductor PVC E/C 50 mm a 40 mm      | U             | 3,00            | \$2,26             | \$6,79          |
| 26        | Suministro e instalación de Reductor PVC E/C 63 mm a 50 mm      | U             | 3,00            | \$2,73             | \$8,18          |
| 27        | Suministro e instalación de Codo 90° PVC E/C 25 mm              | U             | 1,00            | \$4,45             | \$4,45          |
| 28        | Suministro e instalación de Codo 90° PVC E/C 40 mm              | U             | 2,00            | \$5,00             | \$9,99          |
| 29        | Suministro e instalación de Codo 90° PVC E/C 63 mm              | U             | 2,00            | \$5,91             | \$11,82         |
| 30        | Suministro e instalación de Tapón Hembra PVC E/C 20 mm          | U             | 3,00            | \$5,07             | \$15,21         |
| 31        | Suministro e instalación de Tapón Hembra PVC E/C 25 mm          | U             | 2,00            | \$5,32             | \$10,65         |
| 32        | Suministro e instalación de Unión PVC E/C 20 mm                 | U             | 31,00           | \$1,94             | \$60,23         |
| 33        | Suministro e instalación de Unión PVC E/C 25 mm                 | U             | 35,00           | \$2,36             | \$82,63         |
| 34        | Suministro e instalación de Unión PVC E/C 32 mm                 | U             | 12,00           | \$2,36             | \$28,33         |
| 35        | Suministro e instalación de Unión PVC E/C 40 mm                 | U             | 31,00           | \$2,77             | \$85,81         |

---

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**


---

**Evaluación y rediseño del sistema de distribución de agua potable en la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha"**

| <b>Nº</b>               | <b>RUBRO</b>                                    | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>P.<br/>UNITARIO</b> | <b>P. TOTAL</b>    |
|-------------------------|---|---------------|-----------------|------------------------|--------------------|
| 36                      | Suministro e instalación de Unión PVC E/C 50 mm | U             | 40,00           | \$3,69                 | \$147,68           |
| 37                      | Suministro e instalación de Unión PVC E/C 63 mm | U             | 42,00           | \$4,23                 | \$177,70           |
| <b>Válvulas y bomba</b> |   |               |                 |                        |                    |
| 38                      | Caja de operación de válvulas                   | U             | 6,00            | \$161,37               | \$968,19           |
| 39                      | Válvula de compuerta 1" (sum/inst)              | U             | 5,00            | \$34,08                | \$170,42           |
| 40                      | Válvula de compuerta 1 1/2" (sum/inst)          | U             | 1,00            | \$60,60                | \$60,60            |
| 41                      | Bomba centrífuga 1 HP (sum/inst)                | U             | 1,00            | \$738,85               | \$738,85           |
|                         |   |               |                 |                        | <b>\$64.909,12</b> |

*Nota.* El presupuesto presentado no contiene IVA y el porcentaje de costos indirectos es del 10%.



## Capítulo IV

### Conclusiones

- En base a la información recopilada del levantamiento topográfico y cartográfico realizado en la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha", se generaron las curvas de nivel cada 0,40 m. Adicionalmente, se identificaron un total de 13 edificaciones existentes en un área de 24,13 hectáreas de extensión, que se distingue por presentar una pendiente del 1,78%.
- La recopilación detallada de información ha permitido identificar una población actual de 526 personas, proyectando un aumento significativo en un futuro a 959 personas debido a la proyección de crecimiento en la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha". Este aumento de la población enfatiza la importancia de planificar y adaptar el sistema de distribución de agua potable para poder satisfacer la futura demanda.
- Se registró una presión mínima de 20,39 mca en el punto más distante ubicado en el taller mecánico, mientras que en la Administración del Grupo de Aviación N°45 alcanzó una presión máxima de 26,50 mca, asegurando un suministro de agua apropiado. Sin embargo, al considerar el tiempo de vida útil del sistema actual, se infiere un deterioro en el material de las tuberías, lo que conlleva a daños y pérdidas de carga, situación que podría resultar en reducciones de presión en los puntos más críticos.
- El rediseño del sistema de distribución de agua potable, realizado mediante la aplicación de las normativas vigentes y el uso del software WaterGEMS con licencia estudiantil, ha permitido crear un enfoque eficiente y preciso para la planificación y construcción, garantizando la óptima provisión de agua potable a la Brigada de Aviación del Ejército 15 "Paquisha". Los resultados obtenidos presentan un rango de velocidades en tuberías que varía entre 0,46 m/s y 1,71 m/s, así como también, los valores de presión en nodos oscilan entre 12 mca y 26 mca.

- La elaboración del presupuesto del proyecto ha permitido estimar con precisión los recursos financieros necesarios para llevar a cabo la planificación e implementación del sistema de distribución de agua potable, con una suma total de \$64.909,12.

## Recomendaciones

- El mantenimiento regular de un sistema de distribución de agua potable resulta fundamental para asegurar su operatividad eficiente y continua, prevenir fugas que puedan conducir a un aprovechamiento ineficiente del agua, y salvaguardar la infraestructura a lo largo del tiempo, logrando así la disminución de gastos operativos y la extensión de su vida útil.
- Es necesario realizar un mantenimiento a la bomba de agua por medio de un programa regular de inspección preventivo. Esto implica llevar a cabo revisiones periódicas, siguiendo las recomendaciones del fabricante y las mejores prácticas. Además, se debe llevar un registro detallado de las actividades de mantenimiento realizadas y las observaciones, para poder anticipar posibles problemas y tomar medidas correctivas antes de que se conviertan en fallas mayores.
- Se recomienda realizar inspecciones periódicas en las válvulas de compuerta para verificar su funcionamiento correcto y su sellado hermético, así como también, un registro detallado de las fechas de inspección y las acciones tomadas, lo que permitirá anticipar posibles problemas y facilitará la toma de decisiones informadas en el futuro.
- Al emplear diversos accesorios en un sistema de distribución, es importante utilizar adhesivos y selladores de alta calidad diseñados para PVC. En lo que respecta a las áreas de unión, se debe limpiar y lijar para obtener una superficie suave y libre de contaminantes. Del mismo modo, es importante llevar a cabo una inspección de la unión garantizando la ausencia de fugas o burbujas en el adhesivo.

## Bibliografía

Batallas, L., & Simbaña, M. (2022). Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado del Batallón de Ingenieros No 68 Cotopaxi. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del Batallón de Ingenieros No 68 Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/32522/1/T-ESPE-052494.pdf>

*Constitución de la República del Ecuador.* (2008). GALBAR.

EPMAPS. (2023). ANEXO. Actualización de información – Sistema de Distribución del DMQ. Obtenido de <https://www.aguaquito.gob.ec/sistema-de-distribucion/>

Equipo de redactores de Arkiplus.com. (2023). *Sistema de abastecimiento de agua potable.* Obtenido de <https://www.arkiplus.com/sistema-de-abastecimiento-de-agua-potable/>

GAD Parroquial de Amaguaña. (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia de Amaguaña.* Obtenido de <http://www.amaguania.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/PDOT-PARROQUIA-AMAGUAÑA-2020-FINAL.pdf>

Guambo, L., & Pérez, C. (2020). *Estudio y propuesta de mejoramiento del sistema eléctrico del fuerte militar Marco Aurelio Subía.* Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/23088/T-ESPE-044060.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huacho, J., & Mena, M. (2016). *Diseño de la red de distribución de agua potable de la parroquia El Rosario del cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua.* Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24186>

INAMHI. (2019). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.* Obtenido de <https://www.inamhi.gob.ec>

INEN. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A*

1000 HABITANTES. Quito. Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas23/cpe\_inen\_5-parte9-1.pdf

Jiménez, L., & Haro, H. (2020). *Evaluación y Diseño de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar "Marco Aurelio Subía"*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22371/1/T-ESPE-043708.pdf>

López, R. (2009). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades Santa Fe y Capachal, Píritu, Estado Anzoátegui*. Obtenido de <http://ri2.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1056/2/Tesis.SISTEMA%20DE%20ABASTECIMIENTO%20DE%20AGUA%20POTABLE.pdf>

Nicola, G. (1996). *Los pequeños sistemas de agua potable*.

Orellana, J. (2005). *Ingeniería Sanitaria, Unidad Temática N° 7 Conducción de las Aguas*. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_07\\_Conduccion\\_de\\_las\\_Aguas.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_07_Conduccion_de_las_Aguas.pdf)

Pérez, L. (2018). *Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/conduccion-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/conduccion-de-agua-y-saneamiento>

## **Apéndices**

Apéndice 1. Puntos del Levantamiento Topográfico

Apéndice 2. Levantamiento Topográfico

Apéndice 3. Áreas de Consumo

Apéndice 4. Sistema de Distribución

Apéndice 5. Perfiles Longitudinales

Apéndice 6. Línea Piezométrica

Apéndice 7. Accesorios

Apéndice 8. Análisis de Precios Unitarios

Apéndice 9. Especificaciones Técnicas