

Design of a drinking water system using Epanet software for the community of Cupiche in the District of Ricardo Palma

Juan José Chávez Ortega, Estudiante¹ ,
José Andrés Segovia Montjoy, Estudiante² ,
Aureliano Sánchez García, Mg.³ ,

¹Universidad Tecnológica del Perú, U18200042@utp.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, U18203548@utp.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, C26533@utp.edu.pe

Abstract- *The current drinking water system in Cupiche is inefficient and lacks adequate maintenance, which generates a deficient and scarce service, affecting the quality of life and health of the residents. Faced with this critical need, the research proposes a new system based on the implementation of an optimized network and efficient management to improve the situation. The methodology adopted is a mixed approach, combining qualitative and quantitative tools. The Epanet software was key in this research, as it allowed modeling and simulation of the water distribution network, analyzing critical variables such as flow rate, pressure at the nodes and estimated demand to project the functionality of the system. The simulation results suggest a significant improvement in the regulation percentage of 25% and a 2-hour backup schedule. The implementation of the new system is expected to generate substantial benefits for the community, such as guaranteeing an efficient, sustainable solution adapted to the needs of the population.*

Keywords: *Drinking water, Epanet network, Hydraulic simulation, Drinking water system, Epanet.*

Diseño de sistema de agua potable utilizando el software Epanet para la comunidad de Cupiche del Distrito de Ricardo Palma

Juan José Chávez Ortega, Estudiante¹ ,
José Andrés Segovia Montjoy, Estudiante² ,
Aureliano Sánchez García, Mg.³ 

¹Universidad Tecnológica del Perú, U18200042@utp.edu.pe

²Universidad Tecnológica del Perú, U18203548@utp.edu.pe

³Universidad Tecnológica del Perú, C26533@utp.edu.pe

Resumen– El actual sistema de agua potable en Cupiche es ineficiente y carece de mantenimiento adecuado, lo que genera un servicio deficiente y escaso, afectando la calidad de vida y la salud de los residentes. Ante esta necesidad crítica, la investigación propone un nuevo sistema basado en la implementación de una red optimizada y gestión eficiente para mejorar la situación. La metodología adoptada es de enfoque mixto, combinando herramientas cualitativas y cuantitativas. El software Epanet fue clave en esta investigación, ya que permitió modelar y simular la red de distribución de agua, analizando variables críticas como el caudal, la presión en los nodos y la demanda estimada para proyectar la funcionalidad del sistema. Los resultados de la simulación sugieren una mejora significativa en el porcentaje de regulación del 25% y un horario de reserva de 2 horas. Se espera que la implementación del nuevo sistema genere beneficios sustanciales para la comunidad, como garantizar una solución eficiente, sostenible y adaptada a las necesidades de la población.

Palabras clave–: Agua potable, Red Epanet, Simulación hidráulica, Sistema de agua potable, Epanet.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de agua potable es una parte fundamental de la infraestructura urbana, requiriendo una inversión significativa tanto para su construcción como para su operación. Los costos de construcción incluyen la adaptación del sistema mientras que los costos de operación abarcan aspectos como el consumo de energía, el mantenimiento y la remediación [1].

De acuerdo a [2], el suministro de agua potable es esencial, se le considera un servicio básico. El problema radica en la falta de cobertura de redes en diversas ciudades del mundo, existiendo un mayor número de sistemas de alcantarillado para la eliminación de aguas residuales y de redes de agua potable destinadas al consumo humano, ambos esenciales para elevar la calidad de vida. Este déficit en las redes de agua potable genera una alta demanda de recursos financieros. La falta de una adecuada administración y control de los recursos limita al estado en la realización de obras que podrían solucionar el problema, afectando negativamente a la población que no cuenta con sus servicios básicos completos.

En Latinoamérica, este problema también es relevante. Si no hay intervención estatal, es difícil mejorar los sistemas de agua potable. En muchas grandes ciudades, el acceso al agua potable es relativamente adecuado, pero en las áreas rurales y periurbanas, el acceso es limitado. Las comunidades rurales suelen depender de fuentes de agua no tratadas, y las personas de escaso recursos no cuentan con el acceso a estos servicios básicos, incluyendo el agua potable. Esto se debe a la falta de infraestructura adecuada y al costo elevado de los servicios [3].

Un caso específico en Perú es el del distrito de Santiago de Surco, en Lima, donde la falta de agua potable ha surgido como un problema debido a la necesidad de habilitación urbana para satisfacer la demanda poblacional. Se determinó una relación entre los sistemas de saneamiento y la calidad de vida de los habitantes, donde el acceso a estos servicios añade valor a la comunidad [4].

Finalmente, en la comunidad de Cupiche, ubicada en el distrito de Ricardo Palma, Lima, se enfrenta un desafío similar en cuanto al acceso y gestión del agua potable. A pesar de los esfuerzos por mejorar la infraestructura hídrica, la población sigue sufriendo problemas relacionados con el abastecimiento, la calidad del agua y la optimización en la utilización de recursos. Resolver este problema permitirá a la población acceder a servicios de saneamiento completos, mejorando su bienestar y disminuyendo el riesgo de enfermedades asociadas con aguas residuales mal gestionadas.

II. Marco Teórico

En su artículo [5], comenta que, para atender la necesidad acuifera de una comunidad en constante expansión, es fundamental proporcionar una cantidad adecuada y constante de agua mediante la red de tuberías creada para este propósito, lo que se denomina suministro de agua. Esta implica sistemas para la recolección, transporte, purificación, almacenamiento y

entrega de agua para residencias, negocios, industrias y riego, junto con requerimientos públicos como la lucha contra incendios y la limpieza de vías.

Por otra parte [6], dice que La gestión del agua es un sistema fundamental que involucra elementos de ingeniería hidráulica e hidrológicos para proporcionar agua a una población en constante expansión. Asegurar que haya un suministro adecuado y consistente a través de una red adecuadamente planificada es crucial para atender la creciente necesidad de agua.

Así mismo [7], indica que el creciente desarrollo de las zonas urbanas y al cambio climático, cada vez se presta más atención a la gestión de los recursos hídricos. Entre los aspectos más importantes que se están estudiando figura mejorar la fiabilidad de los recursos hídricos. Para este caso se centran en la modelización dinámica de un campo de pozos en EPANET

[15] nos habla que el software R es un lenguaje de codificación que se usa comúnmente para la evaluación estadística y, últimamente, se ha vinculado con EPANET en ciertos proyectos. Por lo tanto, este estudio se propuso examinar la capacidad del software R conectado a EPANET para la información de sistemas de distribución de agua, así como también [9], dice que incorpora diferentes elementos como la cantidad de nodos, la altitud, las tuberías y las necesidades del área en investigación para construir la red de distribución de agua. La investigación presenta un método innovador para planificar y evaluar la infraestructura de distribución de agua mediante el uso del software EPANET, brindando visiones para el diseño y la organización de sistemas de suministro de agua eficientes.

Según [10] de acuerdo a la necesidad. Se han creado numerosas aplicaciones informáticas, siendo EPANET la más reconocida y la mejor opción para el diseño eficiente de sistemas de tuberías complicados, también lo comenta [11], y agrega que Un esquema que integra el sistema EPANET junto al método de optimización ACOR para perfeccionar el plan de inyección de cloro en el tiempo de funcionamiento. Según los hallazgos, el enfoque ACOR se puede aplicar para establecer un plan apropiado para la inyección de cloro en la red acuífera, de modo que se respete los límites permisibles de cloro en los puntos de consumo de la red, y que el uso de cloro disminuya al mínimo en la red.

III. METODOLOGIA

La investigación cualitativa es inductiva, dado que los investigadores desarrollan conceptos y conocimientos basados en patrones de los datos, en lugar de evaluar modelos o teorías preconcebidos, y se enfatizan la validez de su investigación, acercarnos al mundo empírico y aprovechar la vida social sin filtros de conceptos o escalas de calificación [12].

En base a las investigaciones pasadas y comparativas, podemos definir tipo de estudio como un enfoque cualitativo

con alcance exploratorio en el cual observaremos el diseño de mejora para la red de agua potable en la relación entre la población de dicho lugar y el fenómeno de investigación [13]. Así mismo, se expondrá un diseño propuesto con el fin de mejorar un problema de la población.

Un método es una forma de seguir de manera voluntaria y meticulosa un conjunto de acciones, reglas y procedimientos preestablecidos para alcanzar un objetivo, ya sea físico o conceptual. Dentro de ello veremos la recolección de información donde se debe utilizar un proceso planificado paso a paso para recopilar información de modo que se puedan lograr resultados de manera consistente y de los objetivos propuestos.

La población está conformada por el total de elementos que se estudia de los cuales se busca determinar conclusiones por el contexto, el proyecto se centrará en los pobladores de la localidad de Cupiche. La muestra es generada por una parte de componentes que conforma la población El proyecto se ubicará en una zona de 80 viviendas para determinar el diseño que se está proponiendo.

La tecnología de investigación es un procedimiento típico y la práctica demuestra que la dirección general de obtención y transformación de información ayuda a resolver los problemas de conocimiento de las disciplinas científicas [14]. Según la Tabla I usaremos las siguientes técnicas para obtener datos reales.

TABLA I: Técnicas de recolección de información

Técnicas
Guía de entrevista
Recolección de datos mediante un aplicativo de GPS
Levantamiento del lugar con un Drone

Fuente: Elaboración propia

Los instrumentos de exploración nos mencionan [8] que las herramientas de investigación incluyen referencias y resúmenes bibliográficos que indican las cuestiones que se desea investigar, registran las lecturas y observaciones de artículos u otras fuentes utilizadas. Gracias a esta información podemos elaborar un trabajo de investigación usando estos instrumentos.

Se elaboró un instrumento consistente en una guía de entrevista con la finalidad de obtener los datos necesarios para los cálculos del diseño, así mismo se verificará la necesidad de la comunidad para poder contar con un suministro de agua potable.

Nombre y apellidos: _____.

1. ¿Cuántas personas viven en su domicilio?
 - 1 - 2
 - 3 - 4
 - 5 - 6
 - Más de 6
3. ¿Cuál es el consumo promedio semanal de agua en su hogar? (en litros)
 - Menos de 100
 - litros 100 - 300
 - litros 300 - 400
 - Más de 400 litros
4. ¿Qué tipo de uso se le da al agua en su hogar? (Marque todos los que apliquen)
 - Bebida y cocina
 - Lavado de ropa y
 - Limpieza.
 - Higiene personal o Jardinería
5. ¿Está satisfecho con el suministro de agua actual?
 - Sí
 - No
 - No sabe
6. ¿Qué mejoras le gustaría ver en el nuevo sistema de agua potable?
 - Mayor presión
 - Menor costo de consumo.
 - Mejor calidad del agua
 - Otro: _____.

El instrumento paso por una revisión de expertos y validado por ellos.



Fig. 1: Encuesta a un poblador de Cupiche

Se utilizó el software Google Forms y Excel, en el cual se plasmó toda la información adquirida de la entrevista, y mediante tablas dinámicas y gráficos se observa la representación visual de los resultados.

Para la recolección de datos topográficos, se utilizó la aplicación HandyGPS y Google Earth para contar con la ubicación exacta del lugar de estudio, junto a un Dron para realizar el levantamiento de la zona de los cuales se obtuvo los

datos digitales, permitiendo la transferencia directa al software de procesamiento.



Fig. 2 Dron

Se uso el software Civil 3D y Pix4DMapper para la procreación de la data levantada en campo para la realización de planos y la obtención de datos en el cálculo de diseño. El software Excel, proporciona resultados detallados el cual nos permite analizar la información de una manera más concisa y precisa para obtención de datos. El software Civil 3D, nos ayudara en la obtención de coordenadas UTM (Norte y este), así mismo de la obtención de las curvas de niveles (Cotas), como se observa en la Tabla II.

TABLA II: Datos de levantamiento

Datos del levantamiento
Cantidad de imágenes: 289
Altura promedio en vuelo: 120 m
Resolución del terreno: 3.06 cm/pix
Superficie cubierta: 0.392 km2
Ubicaciones de la cámara: 289
Enlaces vinculados: 258,246
Proyecciones: 1,015,611
Falla de Re proyección: 1.08 pix

Fuente: Elaboración propia

Se ejecuto un levantamiento topográfico superficial, donde se definió los niveles para el diseño, planeamiento hidráulico y la ubicación exacta del terreno. Haciendo uso de puntos geodésicos referenciales, establecidos en toda el área en estudio, Todo lo mencionado anteriormente se realizó con la finalidad de elaborar un diseño para la red de agua potable de la localidad de Cupiche, distrito de Ricardo Palma, provincia de Huarochirí, departamento de Lima – Perú, ver Fig. 3

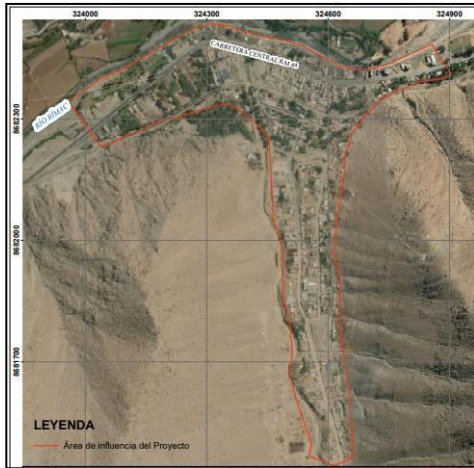


Fig. 3 Área de influencia del proyecto

Los equipos utilizados para realizar la georreferenciación, poligonal de apoyo, nivelación geométrica cerrada y levantamiento topográfico.

TABLA III: Equipos utilizados

Equipos
Drone model DJI Air 2S
Computadora portátil
Celular

Fuente: Elaboración propia

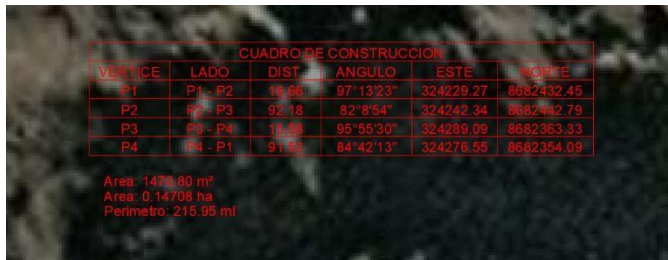


Fig. 4 Coordenadas de puntos de control

Plan de vuelo

Para ello se utilizará el DroneDeploy que es una aplicación de estación terrestre para realizar proyectos de piloto automático, donde se puede configurar y ajustar el modelo Phantom 4 RTK, que ofrece dos modos de planificación: fotogrametría y vuelo de punto de referencia, además de un modo de vuelo más convencional. Los modos de planificación posibilitan que los pilotos elijan el camino de vuelo del avión sin tripulación, al mismo tiempo que modifican la velocidad de superposición, la altitud, la velocidad, los parámetros de la cámara, entre otros, ofreciendo un flujo de trabajo automatizado para la inspección o el mapeo.

Software de procesamiento fotogramétrico

En principio el software trata de encontrar puntos característicos (buena textura y color) dentro de cada imagen, luego hará una correlación entre las imágenes, intentando encontrar puntos característicos comunes para luego realizar los emparejamientos entre las imágenes y así poder hacer la triangulación donde finalmente se pueda reconstruir el modelo 3D, dando como resultados generación de orto mosaicos, nube de puntos, curvas de nivel y modelos digitales de superficie.

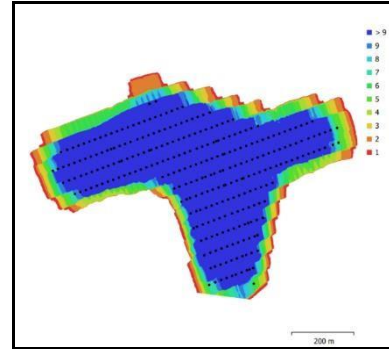


Fig. 5 nube de puntos

Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes

Se llevo a cabo el diseño del sistema de agua potable, para ello se procede a seleccionar el lugar de estudio el cual lo nombraremos sector C, ya que la recurrencia de agua en dicho lugar es más precaria, al no contar con agua la mayoría de los días de la semana.

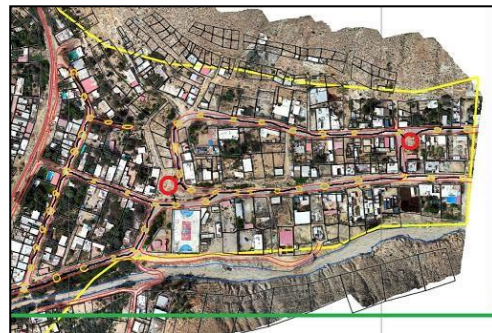


Fig. 6 Sector C

En nuestro lugar de estudio (Sector C), se planteó una ruta para el diseño del agua potable, así mismo esto se llevó a cabo con la verificación de las pendientes con ayuda de las curvas de niveles y el planteamiento adecuado del tanque que para la distribución correcta en el lugar de estudio.

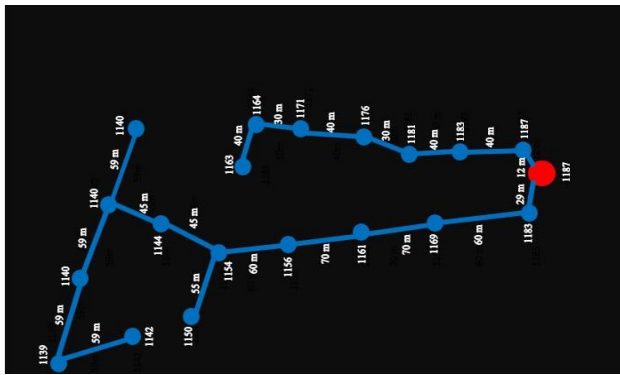


Fig. 7 Red propuesta

Se realizó el trabajo de gabinete para determinar los valores para modelar el suministro de agua potable con el software Epanet para plantear la simulación hidráulica en la Localidad de Cupiche, distrito de Ricardo Palma - Lima.

Es imprescindible elaborar un modelo matemático que ilustre a los elementos que constituyen una red de agua potable para la simulación en el programa Epanet. En este contexto, analizaremos los datos referentes al reservorio (tanque alto, nivel bajo, diámetro del depósito y la superficie máxima del agua). Así mismo, las tuberías para establecer las demandas de los nodos (l/s).

Como primer paso, se realizó el cálculo para determinar la población futura, dentro de la Localidad de Sol de Cupiche, que cuenta con un total de 1156 habitantes y con un total de 135 viviendas, en la siguiente tabla se muestra la tasa de crecimiento poblacional.

TABLA IV: Tasa de crecimiento poblacional

Localidad	Población actual	N° de viviendas	Tasa de crecimiento
Sol de Cupiche	1156	135	0.90%

Fuente: INEI

Población futura

$$P_f = 1156 * \left(1 + 0.9 * \frac{20}{100}\right) = 1364 h_{ab}$$

Cálculo de dotación de vivienda

$$((1156 \text{ Hab} * 57 \text{ L/Hab} * \text{día})) / 86400 = 0.76 \text{ l/s}$$

Cálculo del caudal promedio

$$0.76 / (1 - 0.25) = 1.01 \text{ l/s}$$

Cálculo del caudal máximo horario

$$1.01 * 2 = 2.02 \text{ l/s}$$

Finalizando los cálculos, se procede a dirigirse al software EPANET y empezamos a diseñar con la red propuesta.

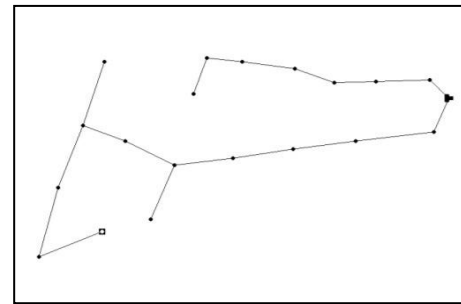


Fig. 8 red propuesta

Red en Epanet

Luego ingresamos los valores hallados con las fórmulas y siguiendo la norma OS.050, añadimos las cotas de cada nodo, al igual que la cota del tanque elevado, así también el caudal máximo horario hallado y el tamaño de la tubería de 80mm. Se hizo correr el programa y no hubo inconvenientes, también se halló el caudal del consumo y el valor fue de 38,38 litros.

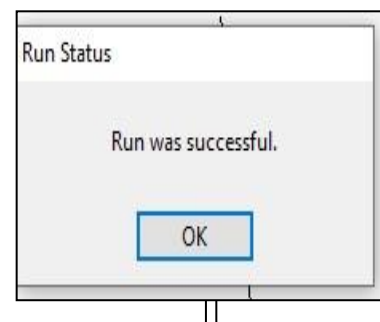


Fig. 9 Resultado corrida del programa

Presiones.

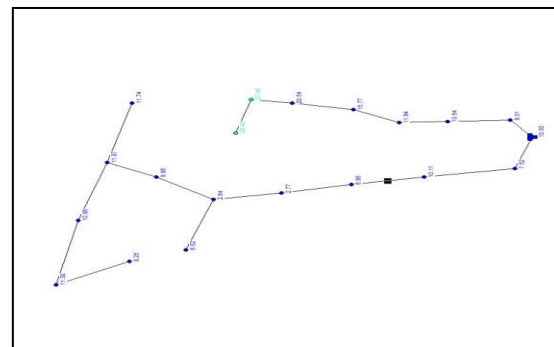


Fig.10 Presiones en cada nodo

TABLA V: Nodos

Valores de los Nodos	Cota	Demanda	Presión	Diámetro
Nodo ID	m	LPS	m	mm
Junta 2	1187	2.02	9.01	80
Junta 3	1183	2.02	10.54	80
Junta 4	1181	2.02	11.94	80
Junta 5	1176	2.02	15.77	100
Junta 6	1171	2.02	20.54	100
Junta 7	1164	2.02	27.46	100
Junta 8	1163	2.02	28.43	80
Junta 9	1183	2.02	7.52	80
Junta 10	1169	2.02	10.11	80
Junta 11	1161	2.02	6.95	80
Junta 12	1156	2.02	2.77	100
Junta 13	1154	2.02	2.64	80
Junta 14	1150	2.02	6.52	80
Junta 15	1144	2.02	9.86	80
Junta 16	1140	2.02	11.87	80
Junta 17	1140	2.02	11.74	80
Junta 18	1140	2.02	10.86	80
Junta 19	1139	2.02	11.38	80
Junta 20	1142	2.02	8.25	80
Tanque 1	1187	-38.38	10	

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS

Una vez realizado la entrevista se llevó a cabo el conteo de los valores que necesitamos para nuestro diseño. Se puede identificar en la tabla VI que en la mayoría de los hogares de la comunidad de Cupiche, cuentan con más de 3 a 4 habitantes por vivienda. Con el dato obtenido, se procede a cuantificar el promedio de agua que usan por habitante.

Se calculo la muestra a partir de una población de 1156 pobladores con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z^2(p \cdot q)}{e^2 + \frac{z^2(p \cdot q)}{N}}$$

Fig. 11 Formula para calcular muestra

Con un margen de error de 10% y un nivel de confianza de 94% se obtuvo una muestra de 80 habitantes

TABLA VI: habitantes

¿Cuántas personas viven en su domicilio?	Conteo
1 a 2	21
3 a 4	34
5 a 6	17
Mas de 6	8
Total	80

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla VII se muestra el consumo promedio semanal por hogar.

TABLA VII: Consumo promedio

¿Cuál es el consumo promedio semanal de agua en su hogar? (en litros)	Conteo
Menos de 100	25
100 a 300	35
300 a 400	14
Mas de 400	6
Total	80

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla VII se ve reflejado que el consumo de litros por semana de los habitantes es de 100 a 300 litros, ya que cuentan con una cantidad de habitantes por familia de 3 a 4.

El área de estudio se encuentra comprendida por los siguientes límites según la figura 3:

Norte: Con el río San Mateo

Sur: Con la Quebrada Cupiche

Este: Con la carretera Central km. 44

Oeste: Con la carretera Centrar km. 46

Para los trabajos de Georreferenciación que han sido desarrollados en el proyecto se ha tenido en consideración lo establecido en las Normas Técnicas del Receptores de posición relativa estática y sistema global de navegación por satélite, del Instituto Geográfico Nacional (IGN). La metodología combina lo establecido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), aplicación de la Norma de Ingeniería Geodésica “Especificaciones Técnicas para Receptores de Sistemas de Posicionamiento Geodésico y Navegación por Satélite” y lo señalado en las bases integradas del presente estudio. La planificación se realizó haciendo un reconocimiento previo al área del proyecto y se procedió en gabinete analizando los recursos económicos, humanos y logísticos, donde se propone la cantidad, la posible ubicación de los puntos de control para poder contar con las coordenadas reales del lugar de estudio. Así mismo con el apoyo de un Dron se realizó un levantamiento de coordenadas para capturar una nube de puntos topográficos, los cuales ayudaron a determinar las mediciones de volumen y con ello el desnivel de los diferentes lugares de la zona de estudio.

TABLA VIII: Coordenadas UTM

COORDENADAS UTM			
VERTICE	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	97° 13 ' 23"	324229.27	8682432.5
P2	82° 8 ' 54"	324242.34	8682442.8
P3	95° 55 ' 30"	324289.09	8682363.3
P3	84° 42 ' 13"	324276.55	8682354.1

Fuente: Elaboración propia

El procesamiento de los datos obtenidos por el dron nos reflejara la ortofoto del lugar de estudio y las curvas de nivel de dicha zona:



Fig. 11 Curvas de nivel del lugar de estudio

Resultados con el software Epanet

Se realizó los cálculos respectivos para determinar primero la población futura, para ello nos apoyamos de la Tabla 5 donde tenemos como datos la población actual, la cantidad de viviendas y la tasa de crecimiento.

Se realizó el cálculo de la dotación de agua, para ello tenemos datos como la tasa de crecimiento del 0,90%, la densidad poblacional de 3 Hab/viv, el número de viviendas en el sector escogido de 80 casas, una pérdida de porcentaje de un 25%, el porcentaje regulación del 25% y el horario de reserva de 2 horas.

Discusión de resultados

Como primer punto, veremos la guía semiestructurada realizada en la comunidad de Cupiche del Distrito de Ricardo Palma el cual dio a conocer la necesidad por la falta del servicio de agua potable y acerca del escaso acceso al agua potable. La mayoría de los pobladores indicó que el suministro de agua es insuficiente, particularmente cuenta con acceso al agua de dos a tres días a la semana. Este hecho refleja una preocupación común sobre la falta de acceso a un servicio básico, la cual tiene el derecho de contar los habitantes de una localidad.

El terreno de Cupiche presenta diversas variaciones de elevación, con áreas que son más elevadas que otras, lo que implica mayores pendientes con respecto a la distribución de agua a través de la red. Específicamente, las áreas más altas requieren una mayor presión en el sistema para asegurar un flujo adecuado, lo que podría generar un sobreconsumo de energía si no se diseñan correctamente los puntos de presión y almacenamiento. La presencia de fuentes de agua como ríos o puquiales, fue otro dato importante que se integró en el diseño, asegurando que la toma de agua se ubique en un lugar estratégico para minimizar costos operativos.

Se realizó la simulación el software Epanet el cual permitió modelar el comportamiento del sistema de agua potable bajo diferentes condiciones. Los resultados mostraron que, en áreas de mayor altitud, la presión del sistema es insuficiente para mantener un flujo adecuado. En particular, las simulaciones indicaron que ciertas zonas, la comunidad experimentan caídas de presión críticas, es por ello que se incorporó un tanque elevado para distribuir con una presión adecuada del líquido elemento a los diferentes hogares de la zona.

El análisis de la simulación reveló que el diseño de la red de distribución debe ser optimizado para evitar pérdidas de agua, así como constantes actualizaciones de acuerdo al cambio geográfico y condiciones de la población.

V. CONCLUSIONES

En el estudio se determinó que con el uso de herramientas adecuadas se generó un buen diseño de la red de agua para la comunidad de Cupiche, de acuerdo a la población estimada.

El levantamiento topográfico, proporcionó datos reales del lugar de estudio. Tanto como la ubicación exacta del lugar con coordenadas UTM (Norte y Este), y de la mano con las curvas de nivel donde se verá reflejado el desnivel que cuenta cada hogar del lugar de estudio.

Con el uso del software Epanet se diseñó una red de agua segura y confiable adaptada a las necesidades de la población, garantizando el abastecimiento a futuro.

REFERENCIAS

- [1] M. E. Turan and T. Cetin, "Analyzing the Effect of Sewer Network Size on Optimization Algorithms' Performance in Sewer System Optimization," *Water (Switzerland)*, vol. 16, no. 6, Mar. 2024, doi: 10.3390/w16060859.
- [2] J. A. Contreras, C. Carlos, I. Prada Gonzalez, W. Andres, and P. Prada, "diagnóstico de la red de alcantarillado del barrio san fernando tocaina-cundinamarca diagnóstico de la red de alcantarillado del barrio san fernando tocaina-cundinamarca corporación universitaria minuto de dios Vicerrectoría Regional Tolima y Magdalena Medio SEDE Girardot (Cundinamarca) PROGRAMA Ingeniería Civil SEPTIEMBRE DE 2020," 2020.
- [3] N. Nieto, "La gestión del agua: tensiones globales y latinoamericanas," 2011.
- [4] D. B. Reyes Nolasco and P. E. Sanchez La Rosa, "Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para habilitación urbana en el distrito de Santiago de Surco – Lima," 2021.
- [5] Mehta, D., Prajapati, K., Verma, S., & Kumar, V. (2024, March 23). *ANALYSIS OF WATER DISTRIBUTION NETWORK USING EPANET: A CASE STUDY OF VARIAV HEADWORK SURAT-INDIA*. https://www.researchgate.net/publication/379639692_ANALYSIS_OF_WATER_DISTRIBUTION_NETWORK_USING_EPANET_A_CASE_STUDY_OF_VARIAV_HEADWORK_SURAT-INDIA
- [6] DESIGN OF WATER DISTRIBUTION SYSTEM USING EPANET. (n.d.). ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/282331598_DESIGN_OF_WATER_DISTRIBUTION_SYSTEM_USING_EPANET
- [7] Stefan-Drăgos, G., Iancu, I., Georgescu, S.-C., & Georgescu, A.-M. (2024). Assessing the Operation of a Well Field by Coupling EPANET to the Results of a Hydrogeological Study. 3rd International Joint Conference on Water Distribution Systems Analysis & Computing and Control for the Water Industry (WDSA/CCWI 2024). <https://doi.org/10.3390/engproc2024069161>
- [8] Claudio Abiar Lourenço, Fernando, Takeo, A., Guimarães, D., Sara Maria Marques, & Tosta, A. (2024). Development of a database for water supply systems aiming for hydro energy efficiency using R and EPANET. *Engenharia Sanitaria E Ambiental*, 29. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220230143>
- [9] Sawant, R. M., & Phulpagar, S. R. (2023). Design of Water Distribution System for Nandanvan Colony, Aurangabad, Maharashtra State Using EPANET. *HYDRO 2023 INTERNATIONAL 28th International Conference on Hydraulics, Water Resources, River and Coastal Engineering*. https://www.researchgate.net/publication/381708667_Design_of_Water_Distribution_System_for_Nandanvan_Colony_Aurangabad
- [10] Ramana, G. V., Sudheer, Ch. V. S. S., & Rajasekhar, B. (2015). Network Analysis of Water Distribution System in Rural Areas using EPANET. *Procedia Engineering*, 119, 496–505. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.875>
- [11] Ahmadi, M. H., Mansoori, B., & Aghamajidi, R. (2024). Optimization of chlorine consumption in water distribution networks by using the new ant colony optimization (ACOR) algorithm. *International Journal of Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13762-024-06008-6>
- [12] M. I. RUIZ MEDINA, "políticas públicas en salud y su impacto en el seguro popular en Culiacán, Sinaloa, México," 2011.
- [13] C. A. Ramos-Galarza, "Alcances de una investigación," *Ciencia América*, vol. 9, no. 3, pp. 1–6, Oct. 2020, doi: 10.33210/ca.v9i3.336.
- [14] I. R. Rojas Crotte, "Concepto de técnicas," 2011.
- [15] P. De la Lama Zubirán, M. A. De la Lama Zubirán, and A. De la Lama García, "Los instrumentos de la investigación científica. Hacia una plataforma teórica que clarifique y gratifique," *Horizonte de la Ciencia*, vol. 12, no. 22, pp. 189–202, Dec. 2021, doi: 10.26490/uncp.horizonteciencia.2022.22.1078.