



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis comparativo de métodos para determinar caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión – Cutervo, 2022.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR

Chavez Fernandez, Richard (orcid.org/0000-0003-1332-4381)

ASESOR

Mg. Pinto Barrantes, Raul Antonio (orcid.org/0000-0002-9573-0182)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado primeramente a Luis Chávez y Flormíra Fernández, ángeles que desde el cielo guían y protegen mi camino, y especialmente a toda mi familia que son los pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que, hasta ahora, quienes desinteresadamente han depositado todo su apoyo y dedicación a lo largo de mi vida, haciendo que cumpla una a una todas mis metas siendo una persona íntegra gracias a tan gran ejemplo recibido.

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi familia mi esposa Kelly Heredia Berrios, a mis hermanas Charito Chávez y Gladys Chávez, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermoso que es vivir y lo justa que puede llegar a ser.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	16
3.2. Variables y operacionalización.....	16
3.3. Población, muestra y muestreo.....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5. Procedimientos.....	20
3.6. Métodos de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos.....	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSIÓN.....	31
VI. CONCLUSIONES.....	33
VII. RECOMENDACIONES.....	34
REFERENCIAS.....	23
ANEXOS.....	26

Índice de tablas

Tabla 1. Censo poblacional.....	21
Tabla 2. Manzanas y áreas del sector Unión.....	23
Tabla 3. Recopilación de datos obtenidos en campo.....	24

Índice de figuras

Figura 1: Red de distribución de agua potable.....	10
Figura 2: Red cerrada.....	12
Figura 3: Ejemplo de método de nodos.....	13
Figura 4: Redes cerradas.....	14
Figura 5: Polígono de estudio.....	15
Figura 6: Trazo del sector la Unión.....	20
Figura 7: Dotaciones.....	22
Figura 8: primera iteración para determinar caudales.....	25
Figura 9: Segunda iteración.....	26
Figura 10: Asignación de nodos.....	27
Figura 11: Resultados del software WaterCAD.....	28
Figura 12: LoadBuilder.....	29
Figura 13: LoadBuilder Longitudes Equivalentes.....	29
Figura 14: Introducción del caudal de demanda.....	30
Figura 15: Presiones, velocidades y longitudes.....	30

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo primordial analizar métodos existentes con la finalidad de especificar caudales de demanda en las diferentes redes de distribución de agua potable, donde se tiene como métodos analizados: - “Hardy Cross”, - “Método de los Nudos”, - “Longitudes Equivalentes”. Por lo que, después de haber conocido el procedimiento de cada uno de ellos, se tendrá que apoyarse en software WaterCAD para realizar un modelado el cual determinara de forma más profunda el análisis de todas las redes de agua, donde luego se complementaran los cálculos con la ayuda de macros y de esta forma determinar cuál de los métodos es el que más se ajusta en determinar con más precisión los caudales de demanda en redes de agua potable.

Además, se viene impulsando al desarrollo de nuevos métodos de cálculo para la determinación de redes de distribución de agua potable, en tal sentido consideramos para la presente investigación analizar el uso de los algoritmos genéticos que es una técnica de la inteligencia artificial, como alternativa para el diseño de redes de distribución de agua. Esta técnica de inteligencias artificial junto a otras, viene ganando importancia como alternativa para el diseño.

Palabras clave: WaterCAD, caudales, redes de agua.

Abstract

The primary objective of this research is to analyze existing methods in order to specify demand flows in the different drinking water distribution networks, where the methods analyzed are: - "Hardy Cross", - "Knot Method", - "Nearest pipe". Therefore, after knowing the procedure of each one of them, it will be necessary to rely on the WaterCAD software to carry out a modeling which will determine in a deeper way the analysis of all the water networks, to later complement the calculations in with the help of macros and in this way determine which of the methods is the most suitable in determining with more precision the demand flows in drinking water networks.

In addition, the development of new calculation methods for the determination of drinking water distribution networks has been promoted, in this sense we consider for the present investigation to analyze the use of genetic algorithms, which is an artificial intelligence technique, as an alternative for the design of water distribution networks. This artificial intelligence technique, along with others, has been gaining importance as an alternative for design.

Keywords: WaterCAD, flows, water network

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la escasez de agua potable y las precarias demandas de este recurso es cada día más deficiente, por lo que en la actualidad se presentan problemas que intervienen en diferentes actividades que necesitan de este elemento para satisfacer las necesidades, en este caso la UNESCO (Órgano de gobierno de áreas protegidas), el aumento que se da en la población a nivel global y las actividades modernas que registran grandes consumos y el desarrollo socioeconómico y otras acciones, han ocasionado que el aumento del recurso hídrico vaya en aumento en un 1% al año desde los años 80, por lo que se tiene en cuenta que seguirá creciendo hasta el 2050.

En todo el mundo hay más de 2000 millones de habitantes que viven con gran escasez de agua, por otro lado, en África el 24% de su población tiene acceso a los servicios de saneamiento, mientras que en Europa y América del Norte presentan una cifra considerada la cual asciende al 94%.

Por otro lado, en el Perú según la Revista de Hidrología: Estudios Regionales. (2022). Nuevos conocimientos hidrológicos para la región En el desagüe de la cuenca inferior de Condor cerro, se prevé que la disponibilidad media anual de agua aumente en un 10 % \pm 12 % para 2050. Esta ganancia se debe principalmente a un aumento en las cantidades de precipitación anual de alrededor del 14 % (RCP2.6) y 18% (RCP8.5), respectivamente, que se calculó utilizando un conjunto de modelos múltiples de clima global. Por el contrario, se prevé que la disponibilidad media de agua durante la estación seca disminuya sustancialmente en un 33 % y un 36 % (\pm 24 %) para 2050, para RCP2.6 y RCP8.5, respectivamente. Esta disminución es impulsada por una combinación de la disminución de la descarga de los glaciares y el aumento del agua. demanda, los cuales adoptan un papel importante en ausencia de entradas de precipitación considerables. Estas diferencias estacionales resaltan la necesidad de considerar adecuadamente las escalas espaciotemporales dentro de los modelos de balance hídrico de múltiples escenarios para apoyar la toma de decisiones locales. Nuestros resultados aclaran la necesidad de mejoras en la gestión del agua y la infraestructura para

contrarrestar la disminución de la disponibilidad de agua durante la estación seca y reducir los riesgos futuros de escasez de agua.

Realizando así un acercamiento a la identificación de la causa que se origina en esta problemática, deducimos que, en muchos procesos de instalaciones se ha llevado a cabo la imprevisión y el criterio de los obreros en muchos proyectos, y no se ha realizado un estudio adecuado hecho por profesionales especializados en el tema.

Zapata Negreiros, (2017). El objetivo fue el diseño adecuado de las diferentes redes cerradas para un posterior abastecimiento de agua potable. La metodología que propuso es, realizar un diseño factible de una red de distribución, para verificar, un diseño que sea bueno y su costo sea el más económico. Como resultado, el algoritmo que se planteo fue el más ingenioso, lógico y relativamente sencillo. Conclusión: los distintos procedimientos de las ecuaciones que gobiernan el flujo en una red cerrada de tuberías.

La ingeniería ha venido recogiendo herramientas teóricas y prácticas en la diferente metodología de cálculos para definir los caudales en redes de agua.

Esta investigación pretende analizar y realizar la comparación de resultados que se han venido obtenido en los diferentes procesos de calculo que se han llevado acabo de los métodos que se viene investigando, los cuales determinaran los caudales de demanda de las redes de distribución, para el cual se apoyara en el software WaterCAD. El objetivo principal de esta investigación es explicar las la importancia de métodos de cálculo, los cuales presentan diferentes formas de análisis para determinar las distintas demandas de caudales que debe tener las redes de distribución de agua potable.

Adicionalmente, se quiere conocer cuál de estos métodos estudiados es el más factible y el que mejor se ajusta en la determinación de caudales de demanda en redes de distribución de agua potable, el cual nos ayudara en gran parte a tener en cuenta que proceso debemos utilizar para este tipo de proceso hídrico.

Es así que se presenta esta investigación el cual busca solucionar el siguiente problema general, ¿De qué forma la aplicación de métodos para determinar

caudales de demanda influye en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022?, así mismo los problemas específicos, a) ¿ Como influye el método de Hardy Cross en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022 ?, b) ¿ Como influye el método de los nodos en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, Unión, Cutervo, 2022?, c) ¿ Como influye el método las longitudes equivalentes en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, Unión, Cutervo, 2022?

Es por ello que este estudio tiene como Justificación metodológicamente ya que se utilizó procesos de cálculo manual y a través de software para poder analizar y comparar los resultados que se han obtenido, realizando nuevas formas de análisis y procedimientos que determinaran los resultados de forma exacta, para el planteamiento de los diferentes problemas que se presentan. También se justificó de forma práctica ya que se propuso a la solución de problemas a nivel nacional mejorando así excesivamente la reducción del servicio precario de agua potable en los usuarios, aplicando el análisis de métodos para verificar los caudales que deben de tener cada red de distribución de agua potable. para lo social, el deficiente abastecimiento actual de agua potable, dificulta un adecuado y oportuno servicio hídrico, por lo que esta investigación va a contribuir a través del uso de métodos a una eficiente demanda de agua potable para satisfacer las necesidades.

Por lo que esta investigación tiene como objetivo general: Comparar los métodos de cálculo, para la determinación de caudales de demanda en redes de distribución de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022. Y como Objetivos Específicos: Determinar los caudales de demanda en redes de distribución de agua potable con el método de Hardy -Cross, sector Unión, Cutervo, 2022. Determinar los caudales de demanda en redes de distribución de agua potable con el método de los nodos, sector Unión, Cutervo, 2022. Determinar los caudales de demanda en redes de distribución de agua potable con el método de las longitudes equivalentes, sector Unión, Cutervo, 2022.

De esta forma se requiere comprobar la hipótesis general: La aplicación de métodos para determinar caudales de demanda influye en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022. Así mismo, las hipótesis específicas: La aplicación del método Hardy Cross influye en la determinación de caudales de

demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022. La aplicación del método de los nodos influye en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022. La aplicación del método las longitudes equivalentes influyen en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022.

II. MARCO TEÓRICO.

Antecedentes internacionales tenemos: Silvia, CS, Safriani, M., Ikhsan, M., Rauza, U. Este estudio tuvo como objetivo determinar el nivel de pérdida de presión en la red de tuberías de agua limpia de PDAM. El método utilizado en esta investigación es un método de encuesta descriptiva cuantitativa apoyado por datos primarios y datos secundarios. Cálculo de la cantidad de pérdida de presión utilizando el método Hardy Cross. Los resultados mostraron que el valor observado de descarga con mayor consumo de agua fue a las 18:00 WIB en 0,172 m³/persona, mientras que para el menor uso fue a las 14:00 WIB en 0,119 m³/persona. Se puede concluir que esta hora es la hora pico de consume de agua. Agua a alta presión donde la media máxima es de 0.00000599 m, debido a que la alta presión no es adecuada. La máxima pérdida de alta presión se encuentra en el lazo (VII) de 2.57025 mo 0.257025 atm, para la mínima presión la hay en el lazo (VI) de -0.00024 mo -0.000024 atm.

Yan, G., Cook, N.G.W., Myer, L.R. (2022). El objetivo es la verificación del espacio vacío entre las dos superficies de una fractura se simuló utilizando un modelo de percolación estratificado, basado en una distribución fractal de aberturas. Se utilizó una técnica de búsqueda para eliminar los callejones sin salida y los bucles sin salida. Se utilizó el método de Hardy-Cross para resolver caudal. Caudal se encontró que depende de la apertura aparente de la fractura a una potencia mucho mayor que 3. Las aberturas locales se trataron como tubos con secciones transversales elípticas, para determinar su resistencia hidráulica para su uso en un modelo de red. Esto da como resultado una red de resistencias altamente heterogéneas. Se utilizó una técnica de búsqueda para eliminar los callejones sin salida y los bucles sin salida. Por lo que, la correlación inherente al modelo genera grupos de aperturas altas separadas por áreas de contacto. Los segmentos críticos a través de las áreas de contacto establecen la filtración entre áreas de aperturas altas.

Sarbu, Ioan. (2017). El objetivo fue, el desarrollo de un modelo clásico generalizado para el análisis nodal de sistemas complejos en bucle con componentes de red no estándar y la resolución de nuevos problemas, junto con la determinación del

estado de presión en el sistema. Además, este artículo presenta un enfoque diferente a este problema mediante el uso del método de formulación variacional para el desarrollo de un nuevo modelo de análisis basado en técnicas de optimización no condicionadas, que minimiza directamente una función objetivo multivariable sin restricciones, implementado en un programa de computadora. Se comparan los dos modelos propuestos con el método clásico de Hardy - Cross, y los resultados indicaron un buen desempeño de estos modelos. Finalmente, se realiza un estudio sobre las implicaciones de la operación a largo plazo de la red de tuberías en el consumo de energía utilizando estos modelos. Los nuevos modelos pueden servir como pautas para complementar los procedimientos existentes de análisis de redes.

Oke, Ia, Ismail, A, Lukman, S, Ojo, So, Adeosun, Oo, Nwude, MO. (2017). Tuvo como objetivo, el análisis numérico de sistemas de ingeniería, este documento utiliza Microsoft Excel Solver para resolver problemas de análisis de redes de tuberías. Las ecuaciones de continuidad y pérdida de carga se desarrollaron a partir de tres redes de tuberías diferentes. El caudal y la pérdida de carga en las tuberías se determinaron utilizando los métodos Microsoft Excel Solver y Hardy Cross (estándar). Estos caudales y pérdidas de carga se evaluaron económicamente utilizando el costo operativo y estadísticamente. El estudio reveló que el flujo en las tuberías está en función del método, la extracción en el nodo y la longitud y el diámetro de la tubería. Se concluyó que el método Microsoft Excel Solver es una mejor opción que el método Hardy Cross en el análisis de redes de tuberías en base a valores más altos de coeficiente de correlación.

Venkata Ramana, G.; Sudheer Chekka. (2018). El objetivo principal es evitar las pérdidas por fugas y los diversos problemas encontrados con el presente sistema. se realiza un estudio detallado y el análisis se lleva a cabo utilizando la herramienta WaterCAD para diseñar un suministro continuo de agua. Después de un análisis exhaustivo considerando las preocupaciones futuras, se sugirió que se pueden proporcionar dos GLSR de cada uno con una capacidad de 2,7 Mm³ para satisfacer las demandas futuras. Los tanques se proporcionan a la altura requerida para asegurar que el agua fluya en todas las tuberías de la red de manera eficiente. Con base en el resultado se observó que se debe revisar el diámetro de las tuberías del sistema existente. Adicionalmente, otros parámetros que afectan la red como

pérdidas por fricción, velocidad de flujo en las tuberías, cabeza residual y presión en los nodos también fueron examinados minuciosamente mediante el uso de diferentes herramientas como WaterCAD y Auto CAD además de EPANET.

También, como antecedentes nacionales tenemos: Soto (2021), tuvo como objetivo precisar el cálculo y optimización empleando métodos para determinar caudales en redes de distribución, como metodología empleo el método de Hardy Cross con la cual se bajó en varias iteraciones para la determinación del caudal final de demanda, para lo cual tuvo como resultado que las presiones mínimas y máximas, $P_{min}=10m$ y $P_{max}=50m$, lo cual cumplen con lo establecido en la Norma O.S. 050, también las velocidades obtenidas que son $V_{min}=0.3m/s$ y $V_{max}=3.0m/s$, se encuentran dentro de los parámetros normativos, para ello concluyó que este método tiene algunas desventajas, ya que se tiene que realizar muchos procesos iterativos según las condiciones de valor asumido inicialmente, para luego determinar un caudal último.

Zapana, L; Marcha, A; Sauri, D. (2022). El objetivo fue de analizar las estrategias de gestión de la demanda de agua (WDM) en Arequipa, Perú, y su percepción por parte de los habitantes a través de una encuesta en seis distritos de la ciudad (tres en el centro y tres en la periferia) complementada con entrevistas con actores clave. Las tecnologías de ahorro de agua doméstica son poco comunes y las campañas de concientización se limitan a los períodos de estrés hídrico. Los resultados muestran diferencias significativas en WDM. Las estrategias para reducir la demanda a través de la fijación de precios son dominantes. A pesar de las diferencias en el acceso al agua, las mejoras en las redes de agua (reparación de fugas, agua adecuada presión y suministro continuo) son las actuaciones más demandadas por los vecinos.

Bueno, C y Carrión, E. (2017). Tuvo como objetivo estudiar métodos existentes para determinación de caudales de demanda en redes de distribuidas de agua potable, donde como metodología se utilizó medidores fracturados utilizando polígonos de Thiessen. Utilizando el software Epanet, para lo cual se obtuvo como resultado la determinación de volúmenes iguales en la red, en el caso del Nodo más cercano, este método no tiene ningún limitante, mide la distancia de los medidores y los

nodos y asigna al más cercano su consumo. Por lo que concluye, los distintos métodos de asignación de demanda, pueden presentar resultados diferentes, por lo que es necesario realizar un análisis para verificar cual es el mejor método que se ajusta a la realización de un proyecto.

Llanos, Ricardo. (2021). Tuvo como objetivo el estudio para la determinación los registros de caudales particulares del área de estudio, los coeficientes de evaluación diaria y horaria para mejorar futuros diseños de obras. Como metodología se ha considerado coeficientes de variación K1 y K2 los cuales son extraídos de la norma OS.100 (consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria) del Reglamento Nacional de Edificaciones, don se 1.3 es para coeficientes de variación diaria y 1.8 – 2.5 para el coeficiente de variación horaria K2. Como resultados se obtuvo que para el valor de coeficiente de variación diaria K1=1.35, es semejante a lo indicado en el (RNE), mientras que para el valor de coeficiente de variación K2=1.84, los cuales se encuentra dentro del (RNE) donde se indica valores 1.8 a 2.5 para el K2. Por lo que se concluye que el K1 del Sub sector de estudio requiere mayor demanda diaria.

Kadhim Noor R, Abdulrazzaq Khalid A, Mohammed Athraa H. (2021). El objetivo de este estudio es evaluar y analizar la red de distribución de agua de al-karada para determinar las áreas de escasez de agua pura y sus causas, el estudio se basó en los datos de la Administración de suministro de agua de Bagdad para el año 2020 y sus divisiones, donde se presenta un modelo hidráulico de la red fue creada con fines de análisis, , los resultados mostraron que las presiones dentro de lo aceptable Los límites y la velocidad del flujo no son excesivos en algunas tuberías debido a la baja demanda diaria promedio se incluyó una revisión de las presiones y velocidades durante la demanda diaria promedio por persona de 350 litros/día y durante las capacidades máximas de diseño operativo de las Unidades compactas.

Para la presente investigación se ha realizado teniendo como parte fundamental las siguientes teorías: el análisis de comparativos de métodos que determinaran caudales de demanda las cuales están dadas por:

Redes distribuidas de agua potable, Los modelos matemáticos, así como los computacionales son aprovechados en los sistemas de distribución de redes de agua potable, los que lograron alcanzar una muy buena aprobación por intermedio colectividad científica, lo cual se evoluciono como una herramienta primordial para un adecuado diseño y gestión (Bosch Fuentes & Recio-Villa, 2014) al permitir una representación veraz en el espacio y tiempo de lo que ocurre en el proceso (Pérez-Arellano, Roldán-Cañas, Moreno Pérez, & García-Alcubierre, s.f.). La American Water Works Asociación (AWWA) explica que la medición consta de una paridad del modelo terminado con las respectivas mediadas obtenidas en el campo (Martínez-Solano, Iglesias-Rey, & Molina-Arce, 2015), con la finalidad de proporcionar registros específicos de presiones en nudos.

La modelación de redes de distribución de agua a presión y flujos de tuberías en WaterCAD se utiliza como herramienta principal para la mejora del proceso, operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua.



Figura 1. Red de distribución de agua potable.

Fuente: Recio y Villa (2014)

Según Chow (1994) sostuvo que la velocidad mínima debe ser 0.6m/s con la finalidad de que se pueda evitar la sedimentación. Además, la Norma OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano, recalca que la velocidad del flujo no debe producir depósitos ni erosiones y en ningún caso será menor de 0.60 m/s.

Métodos para determinar caudales:

Método de Hardy Cross, este método es el más utilizado para la determinación de los diferentes caudales que circulan en una red de agua potable, para ello se tiene

la necesidad de partir de diámetros supuestos para luego comprobar los caudales y presiones de servicio.

Por lo que es necesario realizar un proceso iterativo. Los diámetros de las conducciones se deben elegir de forma que la velocidad (V) esté entre 0,6 y 1,2 m/s.

Los resultados de los caudales de demanda se realizan a través de varias iteraciones que al final se apreciara el caudal de diseño.

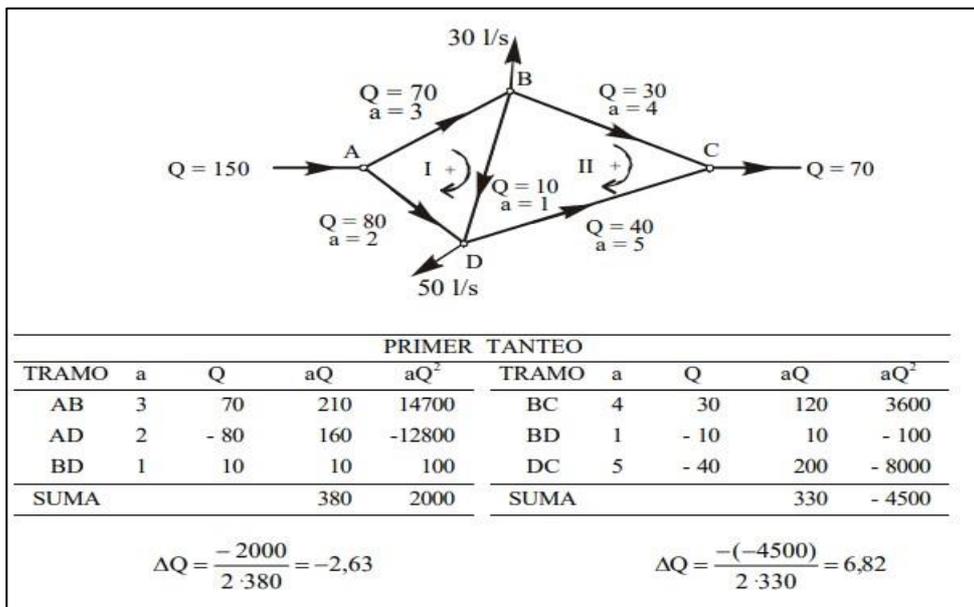


Figura 2. Red cerrada.

Fuente: Cálculo de redes mallas, diseño de redes de distribución.

También planteo un proceso de análisis iterativo en cual fue posible de la implementación de este método en redes de distribución y, más adelante verificar las diferentes variaciones con respecto al software WaterCAD. Se demostró que en este método genera por debajo de 1% de variabilidad con respecto a otros métodos, lo que, concluye que esta metodología es congruente.

Para este cálculo de estas iteraciones se apoyó en un macro llamado Excel, para la exportación a través de un archivo con extensión. IPN que puede ser importado con el WaterCAD, donde posteriormente se mostraran las distintas opciones de análisis hídrico, según explico (Rossman, 1977) en su manual de usuario, donde se realizó el programa para el análisis en régimen permanente (simulación estática) para finalmente la extracción de los resultados para la adecuada comparación.

Método de los nudos, este método se aplica pro tramo para las diferentes líneas de tuberías las cuales se encuentran comprendidas entre dos nodos, y también por nodo los puntos en los cuales se encuentran las tuberías.

En estos nodos de la red de distribución de agua potable, se acumulan al final todas las demandas para de esta forma poder ejecutar el cálculo hídrico correspondiente.

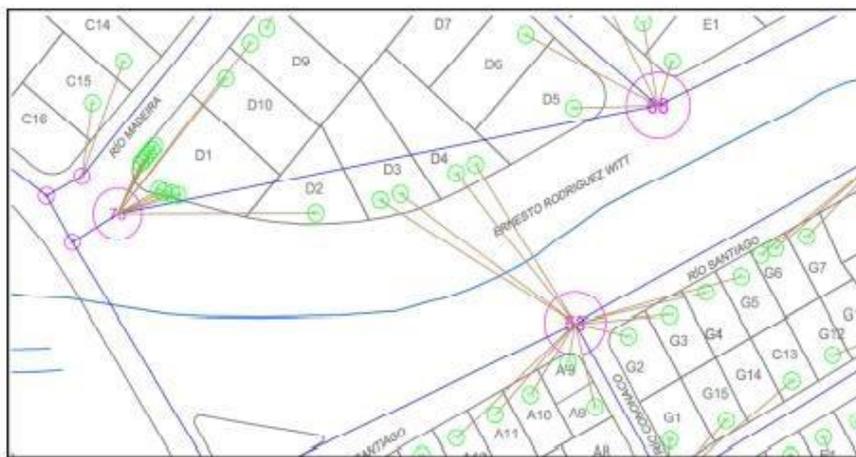


Figura 3. Ejemplo de método de nudos.

Fuente: Bueno (2017).

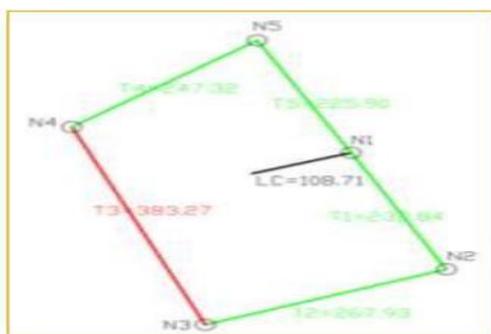


Figura 4. Redes cerradas.

Fuente: Molina (2017)

Método de las longitudes equivalentes, para este método el sector de estudio se considerará una sola para verificar toda la red, el cual realizará la asignación del caudal determinado por intermedio de los datos que se han obtenido en campo.

Para este proceso es necesario contar con el caudal máximo horario (Qmh), también con un levantamiento georreferenciado, También se contará con tuberías trazadas en línea recta, la cual se ejecutará en modelado.

Se utiliza esta metodología de longitudes equivalentes para poder determinar los caudales en cada tramo.

Dentro del polígono de la Zona A se encuentran los nudos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, de la red en partes iguales. Entonces hay 9 nudos.

La demanda global en la Zona A es 4.25 l/s dividido para 9 nos da como resultado 0.47 l/s por nudo.

Dentro del polígono de la Zona B se encuentran los nudos 1, 8, y 9 hay nudos.

La demanda global en la Zona B es 1.25 l/s dividido para 3 da como resultado 0.42 l/s por nudo.

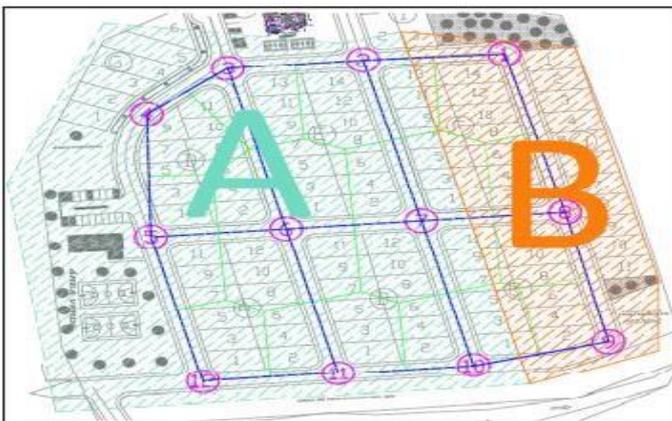


Figura 5. Polígono de estudio.

Fuente: Bueno (2017)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación de acuerdo al propósito que busca será de tipo aplicada. Según el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC 2018) brinda una mejora en el estudio por lo que nos permite acercarnos de manera directa a la realidad con la finalidad de tener un mejor concepto. Por lo cual su propósito se establece en brindar nuevas proposiciones. En esta investigación se realizarán varias teorías que se encuentran relacionadas al tema, con la finalidad adquirir resultados que puedan ser aplicados para dar solución inmediata a los diferentes problemas.

El diseño de la investigación será de tipo experimental. Según Arias (2021), este es un proceso que como parte fundamental tiene la verificación cuantitativa de la eventualidad de una variable sobre otra, por ello implica la manipulación de la variable independiente (X) Redes distribuidas, además en este diseño la variable independiente simboliza la intervención y el tratamiento el cual el investigador manipula y así de esta manera verificar las reacciones de la variable dependiente (Y) Métodos para determinar caudales de demanda.

Esta investigación se basó con un enfoque cuantitativo. Para Hernández (2014), se realiza a través de una idea la cual se derivan objetivos y las preguntas de investigación, donde se observa la literatura y se realiza un marco. De esta pregunta se obtiene las hipótesis y variables las cuales se miden en un determinado entorno.

3.2. Variables y operacionalización

Variables

Para Villasis y Miranda (2016), estas constituyen todo lo que se puede medir en una investigación, por lo que la información que se recoge de los diferentes datos, se realiza con el propósito de responder a las preguntas que tiene la investigación las que se presentan en los objetivos.

- Variable independiente (X): Según Arias (2021), es la variable que realiza el cambio en la variable dependiente, se coje la variable independiente como intervención que tiene como objetivo la manipulación y los cambios en la variable dependiente.

- Variable dependiente (Y): Según Arias (2021), éstas se arreglan o cambian por causa de la participación de la variable independiente, se le conoce como “efecto”, por lo que pasa lo mismo con las variables dependientes, el cual solo se propone en los alcances explicativos, aplicativos o predictivos.

- Definición **conceptual**

VI (X) Utilización de métodos: Liu, H., Zhao, M., Zhang, C., Fu, G. (2018). indica que el uso de los métodos de partición se compara utilizando un espectro de indicadores de evaluación, que incluyen modularidad, densidad, que miden diferentes características topológicas de la red compleja. También señala que la idea de la aplicación de los métodos de partición basados en topología sirve para determinar para establecer áreas de medición de distrito en una red de distribución de agua.

VD (Y) Caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable: Martínez (2017), menciona que la modelación y calibración de redes de distribución de agua a presión y flujos de tuberías en WaterCAD se utiliza como herramienta fundamental para la mejora de la gestión, operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua. De igual modo, Chow (2004) indica que la velocidad mínima debe ser 0.6m/s con la finalidad de que se pueda evitar la sedimentación.

- Definición **operacional**

VI (X) Utilización de métodos: Las redes de distribución de agua potable busca preservar la calidad y cantidad de agua, así mismo mantener las presiones adecuadas en la destrucción de agua potable. Para ello se verificará el diámetro, la velocidad y la presión con la que debe contar esta red. La utilización de los métodos para determinar caudales de demanda cuenta con el análisis y comparar la complejidad a medida que la red de distribución sea grade o tenga la necesidad de disminuir los tiempos de análisis. Para ello se analizará, Método de Hardy Cross, Método de los nodos, Método de las tuberías más cercanas.

VD (Y) Caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable: Las redes de distribución de agua potable busca preservar la calidad y cantidad de agua, así

mismo mantener las presiones adecuadas en la destrucción de agua potable. Para ello se verificará el diámetro, la velocidad y la presión con la que debe contar esta red.

- **Dimensiones**

VI (X) Utilización de métodos: Método de Hardy Cros, Método de los nodos, Método de las longitudes equivalentes.

VD (Y) Caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable: Diámetro, velocidad, presión.

- **Indicadores**

VI (X) Utilización de métodos: Iteraciones, diámetro de tuberías, diámetro de tuberías, diámetro de tuberías.

VD (Y) Caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable: Diámetro mínimo, medio, máximo, velocidad máxima, media, baja, presión alta, media, baja.

- **Escala de medición**

Razón

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Según Silva y Hernández (2014), conformada por un grupo de personas, objetos o medidas que tiene algunas características comunes observables en un determinado lugar y en un momento definido.

Para esta investigación la población estará conformada por la red de distribución de agua potable del sector Unión, Cutervo.

- **Criterios de inclusión**

La red de distribución de agua potable debe ser de un sector, sin contar con el estudio donde se haya determinado los adecuados caudales de demanda, será considerado para la investigación.

- **Criterios de exclusión**

Las redes de distribución que no sean del sector de estudio, no se consideran para la presente investigación.

Muestra

Según Silva y Hernández (2014), esto presenta del todo de una población, el cual ayuda para la presentación, porque cuando un investigador en su investigación ejecuta una encuesta o estudio, para obtener conclusiones referentes de una población definida. Para esta investigación la muestra es la red de distribución de agua potable de la Unión.

Muestreo

La técnica de muestreo fue no probabilística. Según Otzen Y Manterola (2017), facilita elegir diferentes casos de características de una población fijando la muestra solo en estos casos. Esto se emplea en escenas donde la población tiende hacer muy variable por lo que la muestra será muy pequeña.

Unidad de análisis

Red de distribución de agua potable ubicado en el sector Unión, Cutervo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Según Hernández y Duana (2020), estas técnicas presentan procesos y actividades que le facilitan a autor de la investigación para reclutar información que será de mucha importancia para presentar la respuesta a la pregunta de investigación.

En esta investigación se aplicará la observación y medición directa para la obtención de información.

Instrumentos de recolección de datos

Para Hernández y Duana (2020), estos están destinados a establecer las distintas circunstancias para la medición, donde los antecedentes son conceptos que divulgan una idealización del mundo real, sensitivo de ser obtenido por los sentidos de una forma directa o indirecta. En este trabajo de investigación se usará, tablero

de encuestas, también se aplicará formulas empíricas y software como: AutoCAD, WaterCAD, Google Earth, y también el macro Excel. Por lo que el instrumento de medición debe de tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Confiabilidad

Para Guillermo Briones (2017), menciona al grado de confianza o seguridad por el cual se pueden admitir los resultados que se han obtenido por el investigador el cual está centrado en los diferentes procesos que se han utilizado para la efectuación de su estudio.

- **Validez**

Para Rusque (2017), la validez representa la probabilidad del contraste de los indicadores, las cuales miden las variables pertinentes. Por lo que se determina como el hecho de que una prueba sea de tal manera concebida elaborada y aplicada para medir lo que se propone.

3.5. Procedimientos

Se obtuvo el plano catastral de un levantamiento topográfico, luego se delimitará en el plano al sector la Unión para poder aplicar el proceso de modelado de cada método que se está investigando. Así mismo se hará un cuestionario de los habitantes en cada manzana del sector con la finalidad de obtener información que serán de base para la aplicación de estos métodos. Posteriormente se realizará el adecuado trabajo de gabinete con todos los datos obtenidos para el cálculo de la velocidad, el diámetro y la presión y ellos caudales de demanda, utilizando diferentes ecuaciones para su desarrollo. También, se empleará el software WaterCAD para el modelado y la obtención de resultados, con el uso del AutoCAD y el Excel se hará la verificación de la nivelación y las iteraciones para determinar los caudales de demanda. Al final con todos los resultados que se obtendrá se hará la comparación de las hipótesis que se ha planteado.

3.6. Método de análisis de datos

Efectuada la recopilación de datos que se ha obtenido en el sector, lo cual será necesario realizar un análisis y ordenarlos para que de esta manera nos sirva en el

proceso de investigación, de acuerdo a los requerimientos de cada método de cálculo que se usara en la determinación de caudales de demanda.

Análisis descriptivo

La finalidad de este análisis es fijar en qué condiciones se encuentra característicamente el objeto de estudio, para de esta manera poder exponer la información de los datos que se han obtenido. Se hizo de una forma descriptiva la información de datos obtenidos, así como: verificación de las distintas redes de distribución que hay en cada manzana, se realizara ordenamiento de la información en tablas Excel, con la finalidad de poder trabajar de manera ordenada y precisa, para lo cual se usara el software WaterCAD y Excel con el fin de comprender la relación de conducta de las variables.

Análisis inferencial

La finalidad de este análisis es la utilización de métodos como: método Hardy Cross, método de los nodos y el método de las tuberías más cercanas, con lo cual se determinan caudales de demanda y a la vez se mejorará el desempeño hídrico de las redes de distribución de agua potable en el sector Unión-Cutervo.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación se realizó teniendo en cuenta el adecuado respeto del dominio intelectual de los diferentes autores de quienes se ha extraído información para ser empleadas en la construcción de este presente estudio, para lo cual se utilizó un proceso citación y referencia de acuerdo a la norma ISO 690LI.

IV. RESULTADOS

Generalidades del proyecto

“Análisis comparativo de métodos para determinar caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión – Cutervo, 2022.”

a. Ubicación

Política del proyecto

REGIÓN : Cajamarca

PROVINCIA : Cutervo

DISTRITO : Cutervo

SECTOR : Unión

Geografía del proyecto

LATITUD : 6° 22' 47" Sur

LONGITUD : 78° 49' 14" Oeste

Hidrografía del proyecto

Presenta un mayor número de corrientes de agua superficial, que en su mayoría son originadas en su mismo territorio.

b. Clima

Según el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI) la ubicación del área del proyecto presenta una altitud promedio de 2649m.s.n.m, y tiene una temperatura que generalmente varía de 5°C a 20°C.

c. Población

Según el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática INEI – 2017, la población fue de 120 723 habitantes.

d. transporte

Cutervo cuenta con varias vías de transporte, las principales son: la vía que une a Cutervo con la ciudad de Chiclayo y la otra vía se une con la provincia de Jaén, las cuales son de pavimento flexible.

- Topografía

Se ha hecho un análisis del sistema de red agua potable, a partir del trazo de los circuitos y nodos con el apoyo del software WaterCAD, también se utilizó Google Earth, Global Mapper y AutoCAD con lo cual se pudo ubicar y delimitar el sector de la Unión, y obtener los diferentes datos que se requiere para el desarrollo del proyecto.



Figura 6. Trazo del sector Unión.

Fuente: elaboración propia.

Análisis de cálculo

Se ha realizado la recolección respetiva de información sobre los diferentes datos con respecto a la población del sector Unión, para que de esta forma se puedan realizar los métodos de análisis comparativo para la determinación de caudales de demanda en las redes que se proyectaron.

En la definición del consumo promedio se recogió datos a través de entrevistas en la zona, donde se obtuvo información sobre las manzanas, lotes y la densidad poblacional.

- **Evolución de la población**

Para la determinación de la población futura (Pf) se ha tomado como referencias los censos de los años pasados y el censo actual que se ha realizado, la cual se determinará como (Pa).

Tabla 1: *Censo de poblacional.*

	CENSO	HABITANTES
POBLACIÓN	2017	980
	2022	1052
TOTAL		2032

Fuente: Elaboración propia.

Esta información ha sido decepcionada por Población y Desarrollo de la Municipalidad Provincial de Cutervo.

Cálculo de la población futura y la dotación a través del método aritmético.

$$Pf = Pa + I * N; \quad I = \frac{Pa - Pp}{N}$$

Dónde:

Pf: Población futura.

N: Periodo de diseño.

Pa: Población actual.

N: Periodo de diseño.

Pp: Población pasada.

La dotación se basó a una en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), ya que se especifica una cantidad según el número de habitantes.

POBLACIÓN (habitantes)	DOTACIÓN (l/hab./día)
Hasta 500	60
500 - 1000	60 - 80
1000 - 2000	80 - 100

Figura 7. Dotaciones.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

- **Cálculo del consumo promedio diario (Qm)**

Para ello se ha tomado la dotación de 80 Lt/hab/día

Demanda per cápita:

$$Q_m = P_f \times \text{Dotación}$$

$$86400$$

$$Q_m = 1712 \times 80$$

$$86400$$

$$Q_m = 1.59 \text{ Lt/seg}$$

Donde:

Qm: Consumo promedio diario

Dot: dotación en L/hab. d

- **Cálculo del consumo máximo diario (Qmd)**

K1 = 1.3, coeficiente de consumo

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

$$Q_{md} = 2.07 \text{ L/seg}$$

Donde:

Qm: Consumo promedio diario

Qmd: caudal máximo diario

- **Cálculo del consumo máximo horario (Qmh)**

K2 = 2, coeficiente de consumo

$$Qmh = K2 \times Qmd$$

$$Qmh = 3.17L/seg$$

Donde:

Qm: Consumo promedio diario

Qmd: caudal máximo diario

Tabla 2: *Recopilación de datos obtenidos en campo.*

DATOS RECOPIADOS DE CAMPO										
Manzanas	Viviendas	N°. Hab	Dens. Pob	Población Fut.	Dotación Lt/hab/día	Cons. Prom	K2	Qmh	Nodos	Qunitario
MANZ. 1	15	57	3.80	1712.00	80	1.59	2	3.17	25	0.13
MANZ. 2	42	153	3.64							
MANZ. 3	21	72	3.43							
MANZ. 4	26	91	3.50							
MANZ. 5	5	19	3.80							
MANZ. 6	9	32	3.56							
MANZ. 7	14	52	3.71							
MANZ. 8	18	62	3.44							
MANZ. 9	12	47	3.92							
MANZ. 10	7	26	3.71							
MANZ. 11	24	83	3.46							
MANZ. 12	29	97	3.34							
MANZ. 13	6	22	3.67							
MANZ. 14	8	26	3.25							
MANZ. 15	18	66	3.67							
MANZ. 16	9	28	3.11							
MANZ. 17	5	21	4.20							
MANZ. 18	17	57	3.35							
MANZ. 19	6	19	3.17							
MANZ. 20	4	22	5.50							
TOTAL	295	1052								

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2, se puede apreciar los datos que se han obtenido en campo y los resultados de los caudales, dotación y nodos que se han determinado a través del modelado con el Software WaterCAD, los cuales se utilizarán para el desarrollo de los 3 métodos de estudio, que verificarán los caudales de demanda en las diferentes redes de distribución de agua potable.

- **Desarrollo del método de Hardy Cross**

Este método consiste en la determinación de caudales en redes de distribución, la cual está en función de los datos referentes a la población y las dotaciones de habitantes que se encuentran radicando en un determinado lugar.

Se procedió al cálculo de los caudales a través de áreas del sector de estudio, donde se determinará el caudal que entra a cada área para luego ser distribuido en todos sus tramos asumiendo caudales, para luego obtener resultados que está en base a las diferentes iteraciones que se realizan con la ayuda del macro Excel.

Tabla 3: Manzanas y áreas del sector Unión.

DETERMINACIÓN DE CAUDALES				
MANZ	AREA (m2)	PERIM. (m2)	Qmh	Caudal específico (qe)
1	5091.43	361.5	3.17	0.0006
2	2767.48	243.72		0.0011
3	687.71	115.39		0.0046
4	2896.26	229.76		0.0011
5	3378.49	239.71		0.0009
6	4674.08	275.5		0.0007
7	10999.1	449.21		0.0003
8	11007.31	459.13		0.0003
9	2659.31	207.58		0.0012
10	1571.47	165.26		0.0020
11	4536.43	325.4		0.0007
12	2119.58	181.49		0.0015
13	1203.47	140.07		0.0026
14	2057.04	249.92		0.0015
15	12311.96	558.45		0.0003

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla 3, se procedió al cálculo de las áreas de todas las manzanas del sector de estudio, con la ayuda del Software AutoCAD, para luego realizar una operación que determinará el caudal específico (q_e), que tendrá cada manzana como caudal de entrada utilizando el macro Excel.

$$q_e = Q_{mh}/A_t$$

Donde:

q_e = Caudal específico

Q_{mh} = Caudal máximo horario

A_t = Área tributario

1RA. ITERACIÓN													
MALLA	TRAMO	Q_s	D(m)	A(m ²)	V(m/s)	Re	f	L(m)	K	C	ΔQ	otor circuito	Qnuevo
MALLA I	1,2	-0.0002	0.06	0.0031171693	-0.0641607766	-4042	0.0412906925	38.44	25.193876514	1293822725.02	-0.000104162	0	-0.00030
	1,5	0.0004	0.06	0.0031171693	0.1283215532	8084	0.0337919895	123.64	66.318120366	3405743898.14	0.040120666	0.00357498	0.04052
	2,4	-0.0002	0.06	0.0031171693	0.0641607766	4042	0.0412906925	98.41	64.498683345	3312307345.70	0.040120666	0.01325537	0.03992
	4,5	0.0004	0.06	0.0031171693	0.1283215532	8084	0.0337919895	54.47	29.216661407	1500411437.49	0.040120666	0	0.041
MALLA II	1,3	0.005	0.06	0.003117169	1.604019415	101053	0.018204869	99.79	28.835934243	1480859327.02	-7.66004E-05	0	0.00492
	1,5	-0.006	0.06	0.003117169	-1.924823299	-121264	0.017504257	123.64	34.352798666	1764175971.75	0.003574982	-0.0141413	-0.00243
	3,6	0.005	0.06	0.003117169	1.604019415	101053	0.018204869	39.96	11.547088209	592996680.10	0.003574982	0	0.00857
	5,6	0.005	0.06	0.003117169	1.604019415	101053	0.018204869	41.36	11.951640848	613772339.57	0.003574982	0.04012067	0.009
MALLA III	3,6	-0.002	0.06	0.003117169	0.641607766	40421	0.022394765	39.96	14.204679812	729476368.25	0.01616122	0	0.01416
	3,7	0.0016	0.06	0.003117169	0.513286213	32337	0.023617341	40.83	15.306286429	786048991.1	-0.01414134	0	-0.01254
	6,7	0.0016	0.06	0.003117169	0.513286213	32337	0.023617341	30.94	11.598738724	595649174.29	-0.01414134	-0.0014091	-0.01254
MALLA IV	4,5	0.004	0.06	0.003117169	1.283215532	80843	0.019116941	54.47	54.470000000	2797287816.79	0.000176863	0.04012067	0.00418
	4,8	-0.007	0.06	0.003117169	2.245627182	141475	0.016941003	75.16	75.160000000	3859815537.18	0.013255372	0	0.00626
	5,9	0.004	0.06	0.003117169	1.283215532	80843	0.019116941	75.36	75.360000000	3870086467.30	0.013255372	0	0.01726
	8,9	0.004	0.06	0.003117169	1.283215532	80843	0.019116941	70.96	70.960000000	3644126004.77	0.013255372	0	0.02

Figura 8. Primera iteración para determinar caudales.

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura 8, se han ingresado caudales supuestos en cada tramo derivados del caudal específico (q_e), que entra a cada manzana, y a en base a iteraciones se determinara un caudal nuevo (Q_{nuevo}).

2DA. ITERACIÓN														
MALLA	TRAM	Qs	D(m)	A(m ²)	V(m/s)	Re	f	L(m)	K	C	ΔQ	otor circuito	Qnuevo	
MALLA I	1,2	-0.000329	0.06	0.0031171693	-0.1056086383	-6653	0.0356925905	38.44	21.778145671	1118409061.09	-0.020134024	0	-0.02046	
	1,5	0.040521	0.06	0.0031171693	12.9991979059	818949	0.0119959119	123.64	23.542453048	1209014449.97	0.040120666	0.00357498	0.08064	
	2,4	0.039921	0.06	0.0031171693	12.8067155761	806823	0.0120288329	98.41	18.789800748	964943651.80	0.040120666	0.01325537	0.08004	
	4,5	0.041	0.06	0.0031171693	13.1529592071	828636	0.0119700506	54.47	10.349343765	531486932.72	0.040120666	0	0.081	
MALLA II	1,3	0.006033	0.06	0.003117169	1.935345666	121927	0.017483893	99.79	27.693930723	1422212135.30	-0.002623477	0	0.00341	
	1,5	-0.002425	0.06	0.003117169	-0.777949417	-49011	0.021409203	123.64	42.016409490	2157738027.73	0.003574982	-0.0141413	0.00115	
	3,6	0.008575	0.06	0.003117169	2.750893298	173306	0.016237444	39.96	10.299178667	528910721.64	0.003574982	0	0.01215	
	5,6	0.009	0.06	0.003117169	2.887234948	181896	0.016075793	41.36	10.553885906	541991122.89	0.003574982	0.04012067	0.013	
MALLA III	3,6	-0.391283	0.06	0.003117169	125.5249775	7908074	0.008161708	39.96	5.176854972	265855578.15	0.01615341	0	-0.37513	
	3,7	-0.012541	0.06	0.003117169	4.023297739	253468	0.015025445	40.83	9.737919443	500087450.33	-0.01414134	0	-0.02668	
	6,7	-0.012541	0.06	0.003117169	4.023297739	253468	0.015025445	30.94	7.379163056	378954340.27	-0.01414134	-0.0014091	-0.02668	
MALLA IV	4,5	0.005219	0.06	0.003117169	1.674339627	105483	0.018036507	54.47	54.470000000	2797287816.79	-0.007951487	0.04012067	-0.00273	
	4,8	0.006255	0.06	0.003117169	2.00675661	126426	0.017349385	75.16	75.160000000	3859815537.18	0.013255372	0	0.01951	
	5,9	0.017255	0.06	0.003117169	5.535599324	348743	0.01410376	75.36	75.360000000	3870086467.30	0.013255372	0	0.03051	
	8,9	0.02	0.06	0.003117169	6.416077662	404213	0.013704061	70.96	70.960000000	3644126004.77	0.013255372	0	0.03	

Figura 9. Segunda iteración.

Fuente: Elaboración propia.

Como se presenta en la figura 9, se ha realizado la segunda iteración y por consecuente las que sea necesario hasta obtener un resultado aproximado a cero en la columna de diferencia de caudales (ΔQ), con la finalidad de obtener nuevos caudales (Q_{nuevo}), que nos permitirán definir de manera más precisa la gasto que debe tener las redes de distribución de agua potable.

- **Desarrollo del método de los nodos**

Consiste en la asignación de nodos en el sector se ha determinado para para el análisis, para ello se han obtenidos datos de campo y se realizó los cálculos necesarios, con lo que se verificara el caudal que determinaran las demandas que se encuentran en función al número de nodos.

Para este método se utilizó el software WaterCAD, para lo cual se realizó el trazo de los diferentes circuitos en cada mazana y se determinó los nodos que se encuentran en cada intersección de las calles, para luego hacer el modelado y obtener los caudales de demanda. En la siguiente figura se muestran el proceso de cálculo.

También se realizó la asignación de circuitos y nodos que se presenta en cada intersección de calles, y el proceso de modelado en el software WaterCAD.

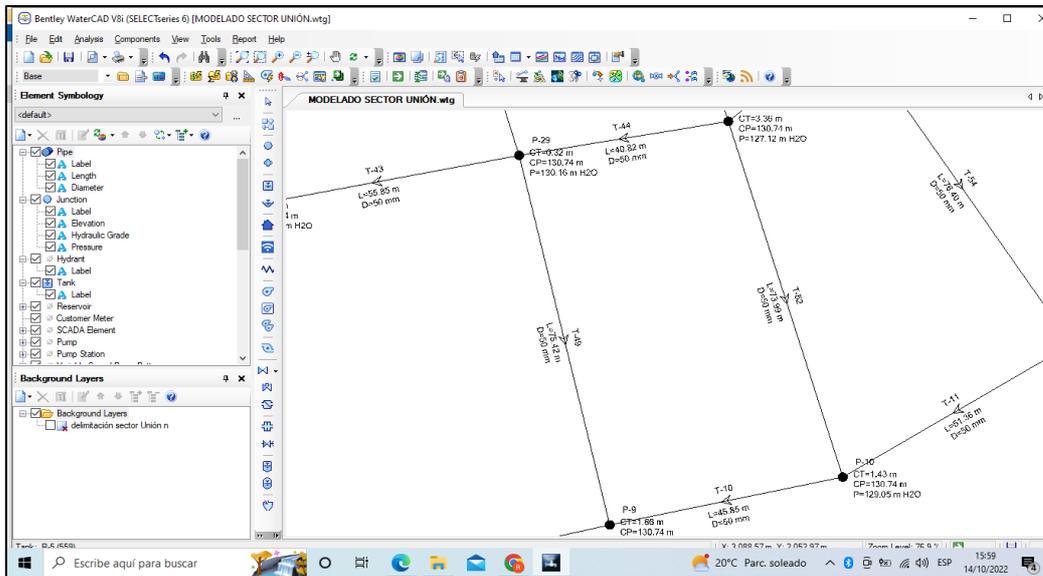


Figura 10. Asignación de nodos.

Fuente: Elaboración propia

Se procedió cálculo de los caudales de demanda, cotas, presiones, velocidades en cada uno de los nodos utilizando el software WaterCAD, los datos y resultados se muestran en la figura.

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)
560: P-1	560	P-1	95.94	<None>	<Collection:	0.09	133.87	37.86
562: P-2	562	P-2	20.34	<None>	<Collection:	0.09	131.69	111.13
564: P-3	564	P-3	28.08	<None>	<Collection:	0.09	131.00	102.71
566: P-4	566	P-4	10.56	<None>	<Collection:	0.09	130.75	119.95
568: P-5	568	P-5	18.31	<None>	<Collection:	0.09	130.91	112.37
570: P-6	570	P-6	5.13	<None>	<Collection:	0.09	130.76	125.37
572: P-7	572	P-7	1.41	<None>	<Collection:	0.09	130.74	129.07
574: P-8	574	P-8	11.67	<None>	<Collection:	0.09	130.73	118.83
576: P-9	576	P-9	1.86	<None>	<Collection:	0.09	130.74	128.61
578: P-10	578	P-10	1.43	<None>	<Collection:	0.09	130.74	129.05
580: P-11	580	P-11	1.82	<None>	<Collection:	0.09	130.74	128.66
583: P-12	583	P-12	0.00	<None>	<Collection:	0.09	130.86	130.59
586: P-13	586	P-13	43.64	<None>	<Collection:	0.09	130.77	86.96
588: P-14	588	P-14	58.79	<None>	<Collection:	0.09	130.74	71.81
590: P-15	590	P-15	34.96	<None>	<Collection:	0.09	130.74	95.58
592: P-16	592	P-16	35.09	<None>	<Collection:	0.09	130.74	95.46
594: P-17	594	P-17	6.34	<None>	<Collection:	0.09	130.77	124.18
596: P-18	596	P-18	44.55	<None>	<Collection:	0.09	130.74	86.02
598: P-19	598	P-19	33.66	<None>	<Collection:	0.09	130.74	96.89
600: P-20	600	P-20	20.37	<None>	<Collection:	0.09	130.74	110.14
602: P-21	602	P-21	8.31	<None>	<Collection:	0.09	130.74	122.19
604: P-22	604	P-22	31.81	<None>	<Collection:	0.09	130.75	98.73
607: P-23	607	P-23	0.00	<None>	<Collection:	0.09	130.74	130.48
609: P-24	609	P-24	21.30	<None>	<Collection:	0.09	130.74	109.22
611: P-25	611	P-25	6.58	<None>	<Collection:	0.09	130.73	123.90
613: P-26	613	P-26	0.55	<None>	<Collection:	0.09	130.74	129.93
615: P-27	615	P-27	24.68	<None>	<Collection:	0.09	130.74	105.85
617: P-28	617	P-28	0.00	<None>	<Collection:	0.09	130.74	130.48
630: P-29	630	P-29	0.32	<None>	<Collection:	0.09	130.74	130.16
632: P-30	632	P-30	3.36	<None>	<Collection:	0.09	130.74	127.12
634: P-31	634	P-31	31.00	<None>	<Collection:	0.09	130.75	99.54
637: P-32	637	P-32	37.71	<None>	<Collection:	0.09	130.79	92.89
641: P-33	641	P-33	27.76	<None>	<Collection:	0.09	130.75	102.78

Figura 11. Resultados del software WaterCAD.

Fuente: Elaboración propia.

- **Desarrollo del método de las longitudes equivalentes**

Para este método una vez obtenidos los nodos y longitudes en el modelado con a ayuda software WaterCAD, se procede a asignación de las longitudes equivalentes con el módulo de LoadBuider.

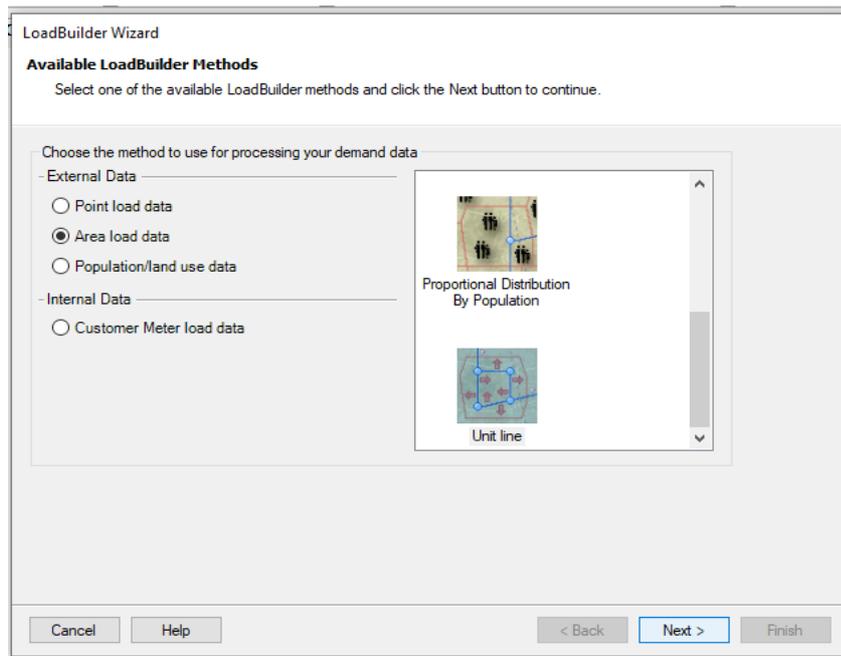


Figura 12. LoadBuilder.

Fuente: Elaboración propia.

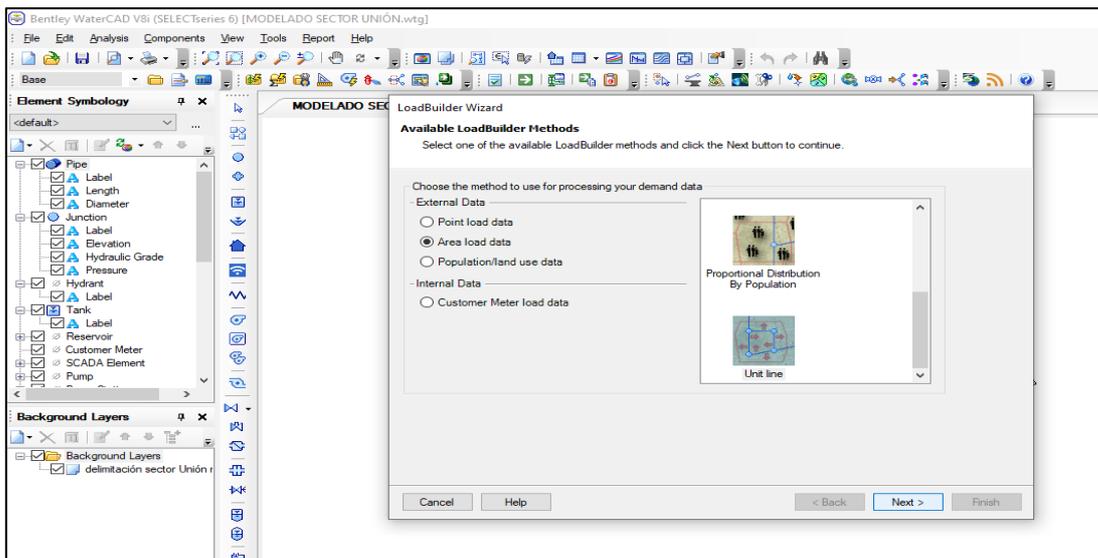


Figura 13. LoadBuilder Longitudes Equivalentes.

Fuente: Elaboración propia.

Se procederá a incluir la demanda de caudal máximo horario obtenido.

Include known demands in results

Demand alternative:

K-factor field:

Include:

- Junction
- Tank
- Hydrant
- Surge Tank

	Selection Set	Unaccounted-for Demand (L/s)
0	Entire network	3.17
*		

Cancel Help < Back Next > Finish

Figura 14. Introducción del caudal de demanda.

Fuente: Elaboración propia.

En esta figura jjjj, se añadió el factor K y el caudal máximo horario (Qmh) para de esta manera determinar las demandas en cada longitud.

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)
1318: T-1	1318	T-1	67.76	R-1	P-1	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	2.99	0.96	0.015	<input type="checkbox"/>	0.00
1320: T-2	1320	T-2	213.34	P-1	P-2	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	1.49	0.48	0.004	<input type="checkbox"/>	0.00
1322: T-3	1322	T-3	214.34	P-2	P-3	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.63	0.20	0.001	<input type="checkbox"/>	0.00
1323: T-4	1323	T-4	166.21	P-3	P-2	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.73	0.23	0.001	<input type="checkbox"/>	0.00
1325: T-5	1325	T-5	38.44	P-3	P-4	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.50	0.16	0.001	<input type="checkbox"/>	0.00
1327: T-6	1327	T-6	98.41	P-4	P-5	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.21	0.07	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1329: T-7	1329	T-7	54.47	P-5	P-6	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.07	0.02	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1331: T-8	1331	T-8	41.36	P-6	P-7	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.16	0.05	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1333: T-9	1333	T-9	30.94	P-7	P-8	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.08	0.03	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1335: T-10	1335	T-10	150.79	P-8	P-9	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.04	0.01	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1337: T-11	1337	T-11	51.94	P-9	P-10	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.04	0.01	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1338: T-12	1338	T-12	74.92	P-10	P-7	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.07	0.02	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1339: T-13	1339	T-13	123.64	P-3	P-6	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.34	0.11	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1341: T-14	1341	T-14	99.79	P-3	P-11	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.39	0.12	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1342: T-15	1342	T-15	39.96	P-11	P-7	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.12	0.04	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1343: T-16	1343	T-16	40.83	P-11	P-8	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.14	0.05	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1344: T-17	1344	T-17	77.72	P-8	P-9	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	0.05	0.02	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1346: T-18	1346	T-18	46.72	P-10	P-12	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.10	0.03	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1348: T-19	1348	T-19	70.96	P-12	P-13	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.11	0.04	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1349: T-20	1349	T-20	75.16	P-13	P-5	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.07	0.02	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00
1350: T-21	1350	T-21	75.36	P-12	P-6	63	PVC	150.0	<input type="checkbox"/>	0.000	-0.12	0.04	0.000	<input type="checkbox"/>	0.00

Figura 15. Presiones velocidades y longitudes.

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados que se han obtenido en la investigación, se acepta la hipótesis general, la aplicación de métodos para determinar caudales de demanda influye en redes distribuidas de agua potable. En ese aspecto, la discusión de los resultados se hizo en base a los estudios con similitudes en el tema de investigación, de forma que se ha considerado los resultados más importantes de los autores.

Con respecto al **objetivo específico 1**, Para la determinación de caudales en redes de distribución de agua potable, sector Unión utilizando Hardy Cross, se tomó como base para el análisis los diferentes datos de campo tales como la topografía, censo de toda la población del sector, la población actual y otros que se consideran necesarios.

De este proceso de cálculo se observó dos procesos a considerar, la primera es del análisis y cálculo con las condiciones propias de lo observado y recolectado en campo y la otra parte es de la suposición del diámetro, todo esto para poder completar los diferentes datos que requiere el método de Hardy Cross.

Soto (2021), concluyó que este método de Hardy Cross tiene algunas desventajas, ya que se tiene que realizar muchos procesos iterativos según las condiciones de valor asumido inicialmente para obtener un caudal final, se tuvo como resultados en las presiones cifras que se encuentran entre los 10 y 50 m, y velocidades las cuales se encuentran entre 0.3 y 3.0m/s, del rango normativo. En este aspecto podemos deducir que los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con lo especificado por los autores, ya que los datos tanto la velocidad y presión obtenidos se encuentran dentro del rango establecido por la Norma O.S. 050.

Llanos, Ricardo. (2021), a partir del estudio realizado de los coeficientes de variación diaria y horaria, concluyó que el K1 del Sub sector de estudio requiere mayor demanda diaria, debido a que 1.3 es para coeficientes de variación diaria y 1.8 – 2.5 para el coeficiente de variación horaria K2. Como resultados se obtuvo que para el valor de coeficiente de variación diaria $K1=1.35$, es semejante a lo

indicado en el (RNE), mientras que para el valor de coeficiente de variación $K2=1.84$, los cuales se encuentra dentro del (RNE) donde se indica valores 1.8 a 2.5 para el $K2$. En ese aspecto, los resultados obtenidos por la presente investigación demuestran que se ha utilizado el coeficiente variación $K2=2$ para redes de distribución con el cual se determinara el caudal máximo horario (Q_{mh}) y el caudal unitario que existe en cada nodo, lo cual se determinara a través de un proceso de cálculo con respecto a los datos obtenidos en campo.

Con respecto al **objetivo específico 2**, utilizamos como datos de entrada las condiciones propias del sector como la topografía, censo de población actual y pasada del sector y otros. Para el proceso de la metodología planteada, simplemente se esperó a obtener resultados ya que esta no requiere de asumir valores como otros métodos evaluados, solamente tener en cuenta los rangos de valores mínimas y máximas de la presión y velocidad según la Norma.

En cuanto a las condiciones de presión que debe cumplir con según la Norma. se puede decir que estas se encuentran en el rango establecido, por lo que no se tuvo algún inconveniente en el cumplimiento de los valores mínimos y máximos. Así también de las velocidades mínimas y máximas fueros alcanzadas en su totalidad. Al concluir el cálculo se obtuvo resultados de diámetro y presión que se encuentran dentro de lo establecido por la RNE O.S. 050, el cual nos indica cuando un diseño de red de agua potable es favorable.

Con respecto al **objetivo específico 3**, para la utilización de esta metodología planteada se esperó a obtener de los resultados, por lo que no requiere de asumir valores, solo será necesario ingresar el caudal máximo horario (Q_{mh}) y luego realizar un proceso en el software WaterCad para la poder adquirir los caudales que ingresan a cada nodo.

Así también podemos decir de los caudales que su distribución es de manera homogénea y de las velocidades mínimas y máximas que se tienen que cumplir en la red de agua, que se han obtenidos resultados favorables.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo General

Comparar los métodos de cálculo, para la determinación de caudales de demanda en redes de distribución de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022. Al realizar el análisis, se establece que la utilización de métodos influye positivamente en la determinación de caudales de demanda, debido a que el cálculo que se realiza para la determinación de caudales con las metodologías aplicadas, facilitará de manera óptima y rápida el proceso para la determinación del gasto en cada red de distribución.

Objetivo específico 1

Determinar los caudales de demanda en redes de distribución de agua potable con el método de Hardy -Cross, sector Unión, Cutervo, 2022. Concluye que, de acuerdo a los resultados obtenidos, se ha determinado los caudales de demanda, presiones y velocidades que han sido favorables y las cuales se encuentran dentro de rango de que establece la Norma.

Objetivo específico 2

Determinar los caudales de demanda en redes de distribución de agua potable con el método de los nodos, sector Unión, Cutervo, 2022. Concluye que el uso de este influye significativamente en la determinación de caudales de demanda en redes de distribución, en cuanto a la obtención de velocidades, presiones y diámetros.

Objetivo específico 3

Determinar los caudales de demanda en redes de distribución de agua potable con el método de las longitudes equivalentes, sector Unión, Cutervo, 2022. Se observó un mejor desempeño, los resultados indicaron que esta metodología brinda un mejor detalle con respecto a los caudales de demanda que debe haber en cada longitud de la tubería.

VI. RECOMENDACIONES

1. Verificación sobre el uso de metodologías que nos puedan brindar mejores resultados en la determinación de caudales de demanda en redes de distribución, una mejor precisión en el menor tiempo posible, lo cual nos permitirá optimizar recursos en el proceso de estudio como también en la ejecución.
2. Se recomienda seguir con los proyectos investigativos sobre la importancia de las redes de distribución, ya que en el procedimiento de la realización de la presente tesis se determinó varios problemas las cuales no cumplían con lo especificado en las Normativas aplicables, al ser un sector de una zona urbana de poca población las condiciones mínimas y máximas de velocidad que deben cumplir muchas veces se ve afectado.
3. Se recomienda a la colectividad científica continuar con las respectivas investigaciones de metodologías nuevas y mejores para el proceso de verificación de caudales de demanda en redes, ya que es de mucha importancia investigar métodos que mejoren un buen comportamiento hidráulico de una red de agua potable.
4. Se recomienda la inclusión de nuevas opciones de análisis y diseño a la norma OS. 050 en redes de distribución de agua potable, especialmente en sectores urbanos donde no cuentan con ninguna metodología para la determinación de caudales en sus redes de distribución de agua potable.

REFERENCIAS

- Li, H., Wu, S., Hou, B., Cheng, Y. Comparative analysis of calculation methods for partitioning the water distribution system. Revista Scopus [en línea]. 30 de mayo 2021. [fecha de consulta: 12 de setiembre del 2022].

Disponible en:

https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85104015828&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=TITLE-ABSKEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&resultpos=3&citeCnt=1&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1

ISSN:03676234

- Di Nardo, A., Giudicianni, C., Greco, R., Herrera, M., Santonastaso, GF. Applications of spectral graph techniques to the management of water distribution networks. Revista Scopus [en línea] 9 de marzo 2018. [fecha de consulta: 14 de setiembre del 2022].

Disponible en:

https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85040449299&origin=reflist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=TITLE-ABSKEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1

ISSN: 20734441

- Liu, H., Zhao, M., Zhang, C., Fu, G. Comparison of topological division methods for district metering areas in the water distribution network. Revista Scopus [en línea] 12 de abril del 2018. [fecha de consulta: 12 de setiembre del 2022].

Disponible en:

https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85044357312&origin=reflist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=TITLE-ABSKEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1

ISSN:32416525

- Lasisi, Oh; *Adewumi Jr; Lasisi, Kh. Evaluation of the Flow Correction in Water Pipeline Distribution Networks by two Numerical Solution Methods. Revista Ebscohost. [en línea]. 15 de mayo del 2019. [fecha de consulta: 13 de setiembre del 2022].

DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/jasem.v23i1.26>

Disponible en:

<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=5&sid=b68fdc1f-0a33-4e70a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=135317472&db=eih>

ISSN: 1119-8362

- Yan, G., Cook, N.G.W., Myer, L.R. Modeling of flow networks in natural fractures. Revista Scopus [en línea]. Julio del 2022. [fecha de consulta: 13 de setiembre del 2022].

Disponible en:

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85059310415&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=hardy+cross+to+determine+flows&sid=d2677a4f02f43df14a2d217f0>

[2d35f9b&sot=b&sdt=b&sl=45&s=TITLE-ABS-KEY%28hardy+cross+to+determine+flows%29&relpos=8&citeCnt=10&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=9&sid=b68fdc1f-0a33-4e70a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=96839726&db=eih)

ISSN: 17505836

- Sarbu, Ioan. Nodal Analysis of Urban Water Distribution Networks. revista Ebscohost. [en línea]. Mayo del 2017. [fecha de consulta: 14 de setiembre del 2022].

DOI: 10.1007/s11269-014-0660-9

Disponible en:

[https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=9&sid=b68fdc1f-0a33-4e70a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=96839726 &db=eih](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=9&sid=b68fdc1f-0a33-4e70a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=96839726&db=eih)

ISSN: 0920-4741

- Oke, Ia, Ismail, A, Lukman, S, Ojo, So, Adeosun, Oo, Nwude, MO. Economic and statistical evaluations of the use of Microsoft Excel Solver in the analysis of pipe networks. Revista Ebscohost. [en línea]. Junio del 2017. [fecha de consulta: 12 de setiembre del 2022].

DOI: 10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000240

Disponible en:

<https://eds.s.ebscohost.com/eds/delivery?sid=b68fdc1f-0a33-4e70a0d09ad9527396a5%40redis&vid=12&ReturnUrl=https%3a%2f%2feds.s.ebscohost.com%2feds%2fdetail%2fdetail%3fvid%3d11%26sid%3db68fdc1f-0a33-4e70a0d09ad9527396a5%2540redis%26bdata%3dJnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%253d>

ISSN: 19491190

- Zapana-Churata, Luis; Marcha, Abrazo; Sauri, David. Water demand management strategies in rapidly growing cities. Revista Ebscohost. [en línea]. Junio del 2017. [fecha de consulta: 16 de setiembre del 2022].
DOI: 10.1080/07900627.2021.1903401
Disponible en:
<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=21&sid=38488bbf-83c4-4925-86afce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=156614796&db=edb>
ISSN: 07900627
- Venkata Ramana, G.; Sudheer Chekka, Network Validation and Examination Distribution of Existing Water for Continuous Water Supply Using EPANET. Revista Ebscohost. [en línea]. Agosto del 2018. [fecha de consulta: 16 de setiembre del 2022].
DOI: 10.1007/s11269-017-1889-x
Disponible en:
<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=30&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=128598158&db=eih>
ISSN: 0920-4741
- Gokyay, Orhan. An easy-to-use MS Excel software for water distribution system design – a case study distribution network design solution. Revista Ebscohost. Mayo del 2020. [fecha de consulta: 17 de setiembre del 2022].
DOI: 10.1080/23249676.2020.1831975
Disponible en:
<https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=12&sid=8b7e90f8-9d6c-4842acb3->

[ca989775fe1d%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=147195142 &db=eih](https://doi.org/10.24245/2324-9676.147195142)

ISSN: 2324-9676

- Shanel, (2017), "Propuesta de optimización del servicio de la red de distribución de agua potable -RDAP- del Municipio de Madrid, Cundinamarca", Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Disponible en:

<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14520>

- Liu, X., Xia, M., Bolati, D., Liu, J., Zheng, Q., Zhang, H. Un método de predicción de presión de falla basado en ANN para tuberías enterradas de alta resistencia con defectos de corrosión por corrientes vagabundas. Revista Scopus. [en línea]. Junio del 2020. [fecha de consulta: 21 de setiembre del 2022].

DOI: 10.1002/ese3.522

Disponible en:

[https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074779508&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=TITLE-ABS-KEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&rel)

[85074779508&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&sid](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074779508&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=TITLE-ABS-KEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&rel)

[=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=TITLE-ABS-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074779508&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=TITLE-ABS-KEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&rel)

[KEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&rel](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074779508&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=TITLE-ABS-KEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&rel)

[pos=10&citeCnt=11&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074779508&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=TITLE-ABS-KEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&rel)

[DETA ILS_EXPORT:1](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85074779508&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=TITLE-ABS-KEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&rel)

ISSN: 20500505

- Oberascher, M., Möderl, M., Sitzenfrei, R. Gestión de pérdidas de agua en pequeños municipios: La situación en Tirol. Revista Scopus. [en línea]. Diciembre del 2020. [fecha de consulta: 21 de setiembre del 2022].

DOI: 10.3390/w12123446

Disponible en:

[https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100052395&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&nlo=&nlr=&nls=&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=)

[85100052395&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&nlo=&nlr=&nls=&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100052395&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&nlo=&nlr=&nls=&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=)

[o=&nlr=&nls=&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100052395&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&nlo=&nlr=&nls=&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=)

[TITLE-ABS-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100052395&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&nlo=&nlr=&nls=&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=)

[KEY%28comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks%29&rel](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100052395&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&nlo=&nlr=&nls=&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=)

[pos=6&citeCnt=3&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100052395&origin=resultslist&sort=plff&src=s&st1=comparison+of+various+calculation+methods+for+pipe+networks&nlo=&nlr=&nls=&sid=c1ce6e61d601ef0948620944430ba5f6&sot=b&sdt=b&sl=74&s=)

ISSN: 20734441

- Kadhim Noor R, Abdulrazzaq Khalid A, Mohammed Athraa H. Análisis Hidráulico y Modelado de Red de Distribución de Agua Utilizando WATERCAD y GIS: Área AL-Karada. Revista Ebscohost. [en línea]. Agosto del 2019. [fecha de consulta: 22 de setiembre del 2022].

DOI: 10.1051/e3sconf/202131804004

Disponible en:

[https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=21&sid=b68fdc1f-0a33-4e70-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=21&sid=b68fdc1f-0a33-4e70-a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsdoj.44becf4e411eb5c35421c35609d1&db=edsdoj)

[a0d0-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=21&sid=b68fdc1f-0a33-4e70-a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsdoj.44becf4e411eb5c35421c35609d1&db=edsdoj)

[9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsdoj.3b3](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=21&sid=b68fdc1f-0a33-4e70-a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsdoj.44becf4e411eb5c35421c35609d1&db=edsdoj)

[44becf4e411eb5c35421c35609d1&db=edsdoj](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=21&sid=b68fdc1f-0a33-4e70-a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsdoj.44becf4e411eb5c35421c35609d1&db=edsdoj)

ISSN: 2267-1242

- Ricca, Henry, Patskoski, Jason, Mahinthakumar, Gnanamanikam. Reducción de errores en simulaciones de redes de distribución de agua con mediciones de campo. Revista Ebscohost. Febrero del 2020. [fecha de consulta: 22 de mayo del 2022].

DOI: 10.1080/23249676.2020.1719218

Disponible en:

<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=20&sid=b68fdc1f-0a33-4e70->

[a0d0-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=20&sid=b68fdc1f-0a33-4e70-a0d0-)

[9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=141995586 &db=edb](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=20&sid=b68fdc1f-0a33-4e70-a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=141995586&db=edb)

ISSN: 23249676

- Patelis, Menelaos, Kanakoudis, Vasilis, Krawari, Anastasia. Regulación de Presión vs. Envejecimiento del Agua en Redes de Distribución de Agua. Revista Ebscohost. mayo del 2020. [fecha de consulta: 25 de mayo del 2022].

DOI: 10.3390/w12051323

<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=23&sid=b68fdc1f-0a33-4e70->

[a0d0-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=23&sid=b68fdc1f-0a33-4e70-a0d0-)

[9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsgcl.632](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=23&sid=b68fdc1f-0a33-4e70-a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsgcl.632)

[502075&db=edsgao](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=23&sid=b68fdc1f-0a33-4e70-a0d0-9ad9527396a5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsgcl.632502075&db=edsgao)

ISSN: 2073-4441

- Wang, Xinyu, Sui, Xudong, Zhang, Shuaituo , Yan, Mingming , Yang, Jun , Hao, Junying , Liu, Weimin. Efecto de las presiones de deposición sobre la uniformidad, propiedades mecánicas y tribológicas de recubrimientos gruesos

de DLC dentro de una tubería larga preparada por el método PECVD. Revista Ebscohost. Agosto del 2018. [fecha de consulta: 24 de mayo del 2022].

DOI: 10.1016/j.surfcoat.2019.07.030

https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=6&sid=9f62c8ed-836f-4992-8943-f024f9af8ed7%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=S025789721_9307625&db=edselp

ISSN: 0257-8972

- Viñas, Víctor; Sokolova, Ekaterina; Malm, Annika; Bergstedt, Olof; Petterson, Thomas. Conexiones cruzadas en redes de distribución de agua potable: evaluación cuantitativa de riesgos microbianos en combinación con análisis de árbol de fallas y modelado hidráulico. Revista Ebscohost. Julio del 2022. [fecha de consulta: 28 de mayo del 2022].

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154874

<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=6&sid=38488bbf-83c4-4925-86afce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsswe.oai.research.chalmers.se.c3c3f63e.57c8.4cf3.9045.48ffaa869d46&db=edsswe>

ISSN: 0048-9697

- Haldar, Kamonashish; Kujawa-Roeleveld, Katarzyna; Acharjee, Tapos Kumar; Datta, Dilip Kumar; Rijnaarts, Huub. El agua urbana como recurso alternativo de agua dulce para satisfacer la demanda de riego en el delta de Bengala. Revista Ebscohost. Junio del 2022. [fecha de consulta: 28 de mayo del 2022].

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.155475

<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=10&sid=38488bbf-83c4-4925-86af->

[ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=S0048969722025712&db=edselp](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=17&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=S0048969722025712&db=edselp)

ISSN: 0048-9697

- Oliveira, Paulo José A.; Boccelli, Domingo L. Agrupación de demanda nodal de distribución de agua basada en mediciones de caudal de red. Revista Ebscohost. Octubre del 2021. [fecha de consulta: 30 de mayo del 2022].

DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001485

[https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=17&sid=38488bbf-83c4-4925-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=17&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-)

[86af-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=17&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-)

[ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=153122284 &db=edb](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=17&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=153122284&db=edb)

ISSN: 07339496

- Twyman, John. Análisis transigente de la demanda de agua uniformemente distribuida. Revista Ebscohost. Junio del 2018. [fecha de consulta: 30 de mayo del 2022].

DOI: 10.4067/s0718-28132019000200043

[https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=18&sid=38488bbf-83c4-4925-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=18&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-)

[86af-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=18&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-)

[ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=141469223 &db=fua](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=18&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=141469223&db=fua)

ISSN: 0718-2805

- Wendt, Doris E.; Bloomfield, John P.; Van Loon, Anne F.; García, Margarita; Heudorfer, Benedikt; Larsen, Josué; Hannah, David M. Evaluación de estrategias integradas de gestión del agua para informar la mitigación de la

sequía hidrológica. Revista Ebscohost. Marzo del 2021. [fecha de consulta: 16 de junio del 2022].

DOI: 10.5194/nhess-21-3113-2021

[https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=24&sid=38488bbf-83c4-4925-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=24&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=153472820&db=eih)

[86af-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=24&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=153472820&db=eih)

[ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=153472820 &db=eih](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=24&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=153472820&db=eih)

[https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=27&sid=38488bbf-83c4-4925-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=27&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=25066225&db=iih)

[86af-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=27&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=25066225&db=iih)

[ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=25066225& db=iih](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=27&sid=38488bbf-83c4-4925-86af-ce8603c0d0d5%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=25066225&db=iih)

ISSN: 1561-8633

- Valdés, Y. (2017). Modelación del sistema de abastecimiento de agua potable del poblado de Modesto Reyes en la provincia de Ciego de Ávila. Trabajo de Diploma presentado en opción al Título profesional de Ingeniero Hidráulico. Universidad de Ciego de Ávila, Cuba.

Disponible en:

[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3823/CIV-](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3823/CIV-T030_10622168_T%20%20%20CH%C3%81VEZ%20GARAY%20HAYDE%C3%89%20ROSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[T030_10622168_T%20%20%20CH%C3%81VEZ%20GARAY%20HAYDE%C3%8](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3823/CIV-T030_10622168_T%20%20%20CH%C3%81VEZ%20GARAY%20HAYDE%C3%89%20ROSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[9%20ROSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3823/CIV-T030_10622168_T%20%20%20CH%C3%81VEZ%20GARAY%20HAYDE%C3%89%20ROSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Guarnizo, M.; Sánchez, A. (2019). Reducción de pérdidas de agua potable mediante el método de sectorización en el distrito de Salaverry, departamento de La Libertad. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Privada Antenor Orrego, La Libertad.

Disponible en:

http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/5897/1/T_CIV_MARJO_RIE.

[GUARNIZO_ARACELI.SANCHEZ_REDUCCION.PERDIDAS.AGUA_DATOS.pdf](#)

- Rimeika, Mindaugas; Jurkiene, Anzelika. Uso del modelo hidráulico para la reducción de pérdidas de agua /Hidraulinio modelio taikymas vandens nuostoliams mazinti. Revista Ebscohost. Abril del 2017. [fecha de consulta: 02 de junio del 2022].

DOI: 10.3846/ml.2016.958

<https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=6&sid=8b7e90f8-9d6c-4842-acb3->

ca989775fe1d%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsgcl.4701_61261&db=edsgao

ISSN: 2029-2341

- SILVA, J. (2018). Coeficientes reales de variaciones de consumo de agua para obras de saneamiento en la Región Tacna. Universidad Privada de Tacna – Escuela de Postgrado.

Disponible en:

<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/880>

- Zapata Negreiros, L. (2017). “Diseño Óptimo de Redes Cerradas de Tuberías Presurizadas para Abastecimiento de Agua Potable en Flujo Permanente y Aplicación al Centro Poblado Campanita Ubicado en San José Pacasmayo – la Libertad”. Trujillo - Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.

Disponible en:

<http://cybertesis.upao.cl/tesis/upao/2014/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>

- Vassiljev, A.; Koppel, T. Estimation of real-time demands on the basis of pressure measurements by different optimization methods. Revista Ebscohost. Octubre del 2017. [fecha de consulta: 07 de junio del 2022].

DOI: 10.1016/j.advengsoft.2014.09.023

https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=3&sid=0617f235-b089-41bd-85d3-91ae661f88d1%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=S09659978_14001720&db=edselp

ISSN: 0965-9978

- Braun, Mathias; Piller, Oliver; Deuerlein, Jochen; Mortazavi, Iraj. Limitations of demand- and pressure-driven modeling for large deficient networks. Revista Ebscohost. Febrero del 2017. [fecha de consulta: 12 de junio del 2022].

DOI: 10.5194/dwes-10-93-2017

https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=8&sid=0617f235-b089-41bd-85d3-91ae661f88d1%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=127224494_&db=a9h

ISSN: 1996-9457

- Samir, Nourhan; Kansoh, Rawya; Elbarki, Walid; Fleifle, Amr. Control de presión para minimizar fugas en sistemas de distribución de agua. Revista Ebscohost. Febrero del 2017. [fecha de consulta: 14 de junio del 2022].

DOI: 10.1016/j.aej.2017.07.008

<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=12&sid=0617f235-b089-41bd->

[85d3-](#)

[91ae661f88d1%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=S1110016817302363&db=edselp](#)

ISSN: 1110-0168

- Stańczyk, Justyna; Burszta-Adamiak, Ewa. Development of Methods for Diagnosing the Operating Conditions of Water Supply Networks over the Last Two Decades. Revista Ebscohost. Mayo del 2022. [fecha de consulta: 05 de octubre del 2022].

DOI: 10.3390/w14050786

<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=15&sid=0617f235-b089-41bd85d391ae661f88d1%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=155735234 &db=eih>

ISSN: 2073-4441

- Maiolo, Mario; Pantusa, Daniela; Carini, Manuela; Capano, Gilda; Chiaravalloti, Francesco; Procopio, Antonio. A New Vulnerability Measure for Water Distribution Network. Revista Ebscohost. Octubre del 2018. [fecha de consulta: 07 de octubre del 2022].

DOI: 10.3390/w10081005

<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=17&sid=0617f235-b089-41bd->

[85d3-](#)

[91ae661f88d1%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=131400110 &db=eih](#)

ISSN: 2073-4441

- Nourhan Samir; Rawya Kansoh; Walid Elbarki; Amr Fleifle. Pressure control for minimizing leakage in water distribution systems. Revista Ebscohost. Julio del 2017. [fecha de consulta: 12 de octubre del 2022].

DOI: 10.1016/j.aej.2017.07.008

<https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=19&sid=0617f235-b089-41bd->

[85d3-](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=19&sid=0617f235-b089-41bd-85d3-)

[91ae661f88d1%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsdoj.f38fb](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=19&sid=0617f235-b089-41bd-85d3-91ae661f88d1%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsdoj.f38fb)

[51d08db4a90a6df0d3eacca794c&db=edsdoj](https://eds.s.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=19&sid=0617f235-b089-41bd-85d3-91ae661f88d1%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=edsdoj.f38fb51d08db4a90a6df0d3eacca794c&db=edsdoj)

ISSN: 1110-0168

- Anchapuri, (2018), “Determinación del diámetro óptimo en redes de distribución de agua potable por el método Hardy Cross en el Centro Poblado de Lampa Putuma Pomata-Chucuito-Puno”, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

Disponible en:

<https://1library.co/document/zkwvl2ez-determinacion-diametro-distribucion-potable-poblado-putuma-pomata-chucuito.html>

- Shanel, (2017), “Propuesta de optimización del servicio de la red de distribución de agua potable -RDAP- del Municipio de Madrid, Cundinamarca”, Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Disponible en:

<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14520>

- COTRADO, K., & GUTIERREZ, G. (2019). Evaluación de la red existente de agua potable del Sub Sector de distribución 24 en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia y Región de Tacna. Universidad Privada de Tacna - Facultad de Ingeniería.

Disponible en:

<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/838/Cotrado-Challco-Gutierrez-Salas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- SOTO, Jhoans y JURADO, Victor. Diseño de redes de distribución en sistema de abastecimiento de agua utilizando métodos racionales complejos e inteligencia artificial en la localidad de Callqui Grande. Tesis (Ingeniero Civil). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2021.

Disponible en:

[file:///C:/Users/hp/Downloads/TESIS-2021-ING.%20%20CIVIL-SOTO%20GABRIEL%20Y%20JURADO%20PARI%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/TESIS-2021-ING.%20%20CIVIL-SOTO%20GABRIEL%20Y%20JURADO%20PARI%20(1).pdf)
- BUENO, Cristhian y CARRIÓN, Eduardo. Estudio y análisis comparativo de métodos de calculo para determinar caudales de demanda en redes de distribución de agua potable. Tesis (Ingeniero Civil). Loja-Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja, 2017.

Disponible en:

[file:///C:/Users/hp/Downloads/BuenoGarrido%20CristhianRicardo%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/BuenoGarrido%20CristhianRicardo%20(2).pdf)
- LLANOS, Diego. Determinación de los coeficientes reales de variación de consumo diario (k1) y horario (k2) para mejorar futuros diseños de obras de saneamiento del sub sector 24 de la ciudad de Tacna. Tesis (Ingeniero Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, 2021.

Disponible en:

<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1865/Llanos-Liendo-Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CHOW, Ven Te. Hidráulica de canales abiertos. Colombia: McGraw-Hill, 1994. 655pp.

ISBN: 07-0100776-9
- REGLAMENTO Nacional de Edificaciones (Perú). Norma E 0.50 Suelos y Cimentaciones. Lima, 2016. 61pp
- ARIAS, José. Técnicas e instrumentos de investigación científica. [en línea]. Primera edición digital. Arequipa-Perú: ENFOQUES CONSULTING EIRL 2020. [fecha de consulta: 12 de setiembre del 2022].

Disponible en:

file:///C:/Users/hp/Downloads/AriasGonzales_TecnicasEInstrumentosDeInvestigacion_libro.pdf

ISBN: 978-612-48444-0-9

ANEXOS

TÍTULO: Análisis comparativo de métodos para determinar caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión _ Cutervo, 2022.

Autor: Chávez Fernández Richard

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
¿De qué forma la aplicación de métodos para determinar caudales de demanda influye en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022?	Comparar los métodos de cálculo para la determinación de caudales de demanda en redes de distribución de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022.	La aplicación de métodos para determinar caudales de demanda influye en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022.	Variable Independiente(X) Utilización de métodos	Método de Hardy Cross	Iteraciones Diámetros de tuberías	WaterCAD Excel AutoCAD	Tipo de investigación: Aplicativo
				Métodos de los nodos	Diámetro de tuberías	WaterCAD AutoCAD	
				Método de las longitudes equivalentes	Diámetro de tuberías	WaterCAD AutoCAD	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS					Nivel de investigación: Explicativo
¿Cómo influye el método Hardy Cross en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022?	Determinar los caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable con el método de Hardy - Cross, sector Unión, Cutervo, 2022.	La aplicación del método Hardy Cross influye en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable sector Unión, Cutervo, 2022.	Variable dependiente(Y) Caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable	Diámetro	Diámetro Mínimo Diámetro Medio Diámetro Máximo	NORMA OS.050	Diseño de investigación: Experimental
¿Cómo influye el método de los nodos en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022?	Determinar los caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable con el método de los nudos, sector Unión, Cutervo, 2022	La aplicación del método de los nodos influye en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022.		Velocidad	Velocidad Mínimo Velocidad Medio Velocidad Máximo	Ecuación de Hazen Willians	
¿Cómo influye el método de las longitudes equivalentes en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022?	Determinar los caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable con el método de las longitudes equivalentes, sector Unión, Cutervo, 2022.	La aplicación del método las longitudes equivalentes influyen en la determinación de caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión, Cutervo, 2022		Presión	Presión Alta Presión Media Presión Baja	Verificación de la conducción de fluidos a presión NTP 399.002	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TÍTULO: Análisis comparativo de métodos para determinar caudales de demanda en redes distribuidas de agua potable, sector Unión _ Cutervo, 2022.

Autor: Chávez Fernández Richard

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE (X) Utilización de métodos	Liu, H, Zhao, M, Zhang, C, Fu, G. (2018). Indica que el uso de métodos de partición se compara utilizando un espectro de indicadores de evaluación, que incluyen modularidad, densidad, que miden diferentes características topológicas de la red compleja. También señala que la idea de la aplicación de los métodos de participación basadas en topología sirve para determinar y establecer áreas de medición en una red de distribución de agua.	La utilización de los métodos para determinar caudales de demanda que cuentan con el análisis y la comparación de la complejidad a medida que la red de distribución sea grande o tenga la necesidad de disminuir los tiempos de análisis. Para ello se analizará, Método de Hardy Cross, Método de los nodos, Método de las tuberías más cercanas.	Método de Hardy Cross	Iteraciones Diámetros de tuberías	Razón
			Método de los nodos	Diámetros de tuberías	
			Longitudes equivalentes	Diámetros de tuberías	
VARIABLE DEPENDIENTE (Y) Caudales de demanda en redes distribuías de agua potable	Martínez (2017), menciona que la modelación y calibración de redes de distribución de agua a presión y flujos de tuberías en <u>WaterCAD</u> se utiliza como herramienta fundamental para la mejora de la gestión, operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua. De igual modo, <u>Chow</u> (2004), indica que la velocidad mínima debe ser de 0.6m/s, con la finalidad de que se pueda evitar la sedimentación.	Los caudales de distribución de agua potable buscan preservar la calidad y cantidad de agua, así mismo mantener las presiones adecuadas en la distribución de agua potable. Para ello se verificará el diámetro, la velocidad y la presión con la que debe contar esta red.	Diámetro	Diámetro Mínimo Diámetro Medio Diámetro Máximo	
			Velocidad	Velocidad Mínimo Velocidad Medio Velocidad Máximo	
			Presión	Presión Alta Presión Media Presión Baja	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4: Ficha de evaluación

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE DEMANDA			
PROYECTO:			
AUTOR:			
I.- INFORMACIÓN GENERAL			
UBICACIÓN:			
DISTRITO:		ALTITUD:	
PROVINCIA:		LATITUD:	
REGIÓN:		LONGITUD:	
II.- D1V2: Método de Hradý Cross			
Colocar la información a recopilar de campo para medir D1V2:			
Indicador 1:	Unidad	Indicador 2:	Unidad
III.- D2V2: Método de los nodos			
Colocar la información a recopilar de campo para medir D2V2:			
Indicador 1:	Unidad		
IV.- D3V2: Método de las tuberías más cercanas			
Colocar la información a recopilar de campo para medir D3V2:			
Indicador 1:	Unidad		

Anexo 5: Carta de presentación

CARTA DE PRESENTACION

Señor: Alex Iván Arteaga Chávez|

Presente

Atención:

Asunto :

De mi mayor consideración:

Es grato comunicarme con usted para expresarle un cordial saludo y así también hacer de u conocimiento que, siendo estudiante de 10° ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, requiero validar el instrumento con el cual se recogerá información necesaria para desarrollar mi tema de investigación y con la cual optare el título profesional de Ingeniería Civil.

El trabajo de investigación titulado **ANALISIS COMPARATIVO DE METODOS PARA DETERMINAR CAUDALES DE DEMANDA EN REDES DISTRIBUIDAS DE AGUA POTABLE, SECTOR UNION- CUTERVO 2022**, siendo dos de los métodos, método de los nudos y método de longitudes equivalentes, siendo imprescindible contar con la aprobación de un ingeniero de gran conocimiento en el tema, considere conveniente recurrir a usted, ante su experiencia denotada por su persona.

El expediente de validación que hago llegar contiene:

- Carta de presentación
- Ficha para la validación
- Matriz de consistencia
- Matriz de operacionalización de variables
- Ficha de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración, me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención dispuesta de la presente carta.

Atentamente.

Richard, Chávez Fernández

CARTA DE PRESENTACION

Señor: Juanpaul Guerrero Rosales

Presente

Atención:

Asunto :

De mi mayor consideración:

Es grato comunicarme con usted para expresarle un cordial saludo y así también hacer de u conocimiento que, siendo estudiante de 10° ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, requiero validar el instrumento con el cual se recogerá información necesaria para desarrollar mi tema de investigación y con la cual optare el título profesional de Ingeniería Civil.

El trabajo de investigación titulado **ANALISIS COMPARATIVO DE METODOS PARA DETERMINAR CAUDALES DE DEMANDA EN REDES DISTRIBUIDAS DE AGUA POTABLE, SECTOR UNION- CUTERVO 2022**, siendo dos de los métodos, método de los nudos y método de longitudes equivalentes, siendo imprescindible contar con la aprobación de un ingeniero de gran conocimiento en el tema, considere conveniente recurrir a usted, ante su experiencia denotada por su persona.

El expediente de validación que hago llegar contiene:

- Carta de presentación
- Ficha para la validación
- Matriz de consistencia
- Matriz de operacionalización de variables
- Ficha de recolección de datos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración, me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención dispuesta de la presente carta.

Atentamente.

Richard, Chávez Fernández

Anexo 7: Ficha de validación



VALIDACIÓN DE FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

N°	Dimensiones	Si	No	Sugerencias/observaciones
1	¿usted considera que las características que se han recopilado son adecuadas para determina caudales de demanda en redes de agua?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	¿usted considera que los procesos metodológicos que se han realizado son aportes para la ingeniería?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	¿Usted considera bien las diferentes características evaluadas en esta ficha?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	¿Usted acepta optima la cantidad de parámetros que están evaluados en esta ficha?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	¿Usted considera las características requeridas de cada método hidráulico?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	¿Usted considera que los datos numéricos consignados en la ficha son los adecuados para esta investigación?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	¿Usted se encuentra complacido con la ficha de recolección?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Apellidos y nombre del juez validador: Ing. Alex Iván Arteaga Chávez


ALEX IVÁN ARTEAGA CHAVEZ
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 253481
Alex Iván Arteaga Chávez

Anexo 18: Ficha de validación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nº	Dimensiones	Si	No	Sugerencias/observaciones
1	¿usted considera que las características que se han recopilado son adecuadas para determina caudales de demanda en redes de agua?	✓		
2	¿usted considera que los procesos metodológicos que se han realizado son aportes para la ingeniería?	✓		
3	¿Usted considera bien las diferentes características evaluadas en esta ficha?	✓		
4	¿Usted acepta optima la cantidad de parámetros que están evaluados en esta ficha?	✓		
5	¿Usted considera las características requeridas de cada método hidráulico?	✓		
6	¿Usted considera que los datos numéricos consignados en la ficha son los adecuados para esta investigación?	✓		
7	¿Usted se encuentra complacido con la ficha de recolección?	✓		

Apellidos y nombre del juez validador: Ing. JUANPAUL GUERRERO ROSALES


.....
JANPAUL GUERRERO ROSALES
INGENIERO CIVIL
CIP N° 274982

Anexo 9: Ficha de validación



VALIDACIÓN DE FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Nº	Dimensiones	Si	No	Sugerencias/observaciones
1	¿usted considera que las características que se han recopilado son adecuadas para determina caudales de demanda en redes de agua?	✓		
2	¿usted considera que los procesos metodológicos que se han realizado son aportes para la ingeniería?	✓		
3	¿Usted considera bien las diferentes características evaluadas en esta ficha?	✓		
4	¿Usted acepta optima la cantidad de parámetros que están evaluados en esta ficha?	✓		
5	¿Usted considera las características requeridas de cada método hidráulico?	✓		
6	¿Usted considera que los datos numéricos consignados en la ficha son los adecuados para esta investigación?	✓		
7	¿Usted se encuentra complacido con la ficha de recolección?	✓		

Apellidos y nombre del juez validador: Ing. Walter A. Cáceres Linares

CONSORCIO NEDIFER
Ing. Walter A. Cáceres Linares
C.P. 28218
RESIDENTE DE OBRA

Anexo 10: Datos del censo

DATOS DEL CENSO EN EL SECTOR UNIÓN-CUTERVO

NOMBRE	DNI	DIRECCIÓN
María Anita Barola González	45634640	Joaquín Capelo S/N
Adelinda Barola González	45637740	Joaquín Capelo S/N
Sabina Juana Bracco Varquez	42300576	José M. Gomburas S/N
María Marcela Cebal Delgado	27246850	Joaquín Capelo S/N
Arauceli Cebal Delgado	43642017	Joaquín Capelo S/N
Ilda Días Flores	43366026	Joaquín Capelo S/N
María Elita Días Mondolga	43681374	Joaquín Capelo S/N
Maribel Isabel Fernández Ramírez	43412343	Joaquín Capelo S/N
Isabel Ramos Fernández	27240381	Joaquín Capelo S/N
Benedicta Guarrara Bravo	46607290	Joaquín Capelo S/N
Luz Bella Heredia Días	27276508	Joaquín Capelo S/N
Lourdes Melonia León Varquez	43548730	Joaquín Capelo S/N
Elvira Maluguis Fernández	80171468	Joaquín Capelo S/N
Enma Magali Ordinala Sibon	40009657	Joaquín Capelo S/N
Yanina Dubini Pedraza Mayo	47255268	José M. Gomburas S/N
Adelinda Guispe Alvarado	27282688	José M. Gomburas S/N
Bertha Ramírez Vilchez	27249381	José M. Gomburas S/N
Isperanza Ramírez Vilchez	40135525	José M. Gomburas S/N
Elda Teresa Salas Guarrara	44237034	José M. Gomburas S/N
María Emilita Salas Guarrara	44236418	José M. Gomburas S/N
Kelly Fiorella Salazar Guarrara	48043125	José M. Gomburas S/N
Rosaura Salazar Guarrara	44236250	José M. Gomburas S/N
Blanca Violeta Basoreaga Chikan	47755537	José M. Gomburas S/N
Dominaga Bravo Varquez	27284231	José M. Gomburas S/N
Ilda Flor Buono Fernández	43791531	José M. Gomburas S/N
Emelinda Burgo Navarro	70816233	José M. Gomburas S/N
Juana Cabrera Campos	44216482	José M. Gomburas S/N
Dalila Garza Carrasquilla	44056993	José M. Gomburas S/N
Sarela Castro Barahona	42071228	José M. Gomburas S/N
Dalila Ghisny Flores	27246534	José M. Gomburas S/N
Emelinda Ghisny Llanos	27287512	José M. Gomburas S/N

Anexo 11: Datos de censo

Maria Doris Chelva Delgado	45832043	Fray Juan Ramirez
Dorcela Luisa Carranza	80164928	Fray Juan Ramirez
Lidia Delgado Centurion	27289583	Fray Juan Ramirez
Nelva Dias Cabrera	43771242	Fray Juan Ramirez
Emelina Espinoza Dias	44822614	Fray Juan Ramirez
Luz Elena Fernandez Baturon	43401111	Fray Juan Ramirez
Hilda Flores Fernandez	4315778	Fray Juan Ramirez
Nila Gallardo Vela	48072827	Fray Juan Ramirez
Zule Heredia Arzuave	27280477	Fray Juan Ramirez
Olivia Huaman Barron	27295515	Fray Juan Ramirez
Salomera Idrogo Martinez	16783348	Fray Juan Ramirez
Teresito Jara Davila	27283846	Fray Juan Ramirez
Luisa Sierra Zerrones	44256022	Fray Juan Ramirez
Paulina Martinez Guerrero	27240111	Fray Juan Ramirez
Odalis Navea Rimarachin	41105440	Fray Juan Ramirez
Fidel Oliviera Delgado	27245540	Fray Juan Ramirez
Aroseli Perez Uniate	27246884	Fray Juan Ramirez
Mariya Martinez Oliviera	41458019	Fray Juan Ramirez
Doracina Perez Vega	80172529	Fray Juan Ramirez
Santos Quinteros Torres	80188346	Fray Juan Ramirez
Ilda Bulniz Torres	27393896	Fray Juan Ramirez
Sofia Ramirez Dias	44483224	Fray Juan Ramirez
Rimilda Sarmiento Caza	27287784	Fray Juan Ramirez
Marcela Seberon Arzavalo	47382540	Fray Juan Ramirez
Ricardina Zaira Vilchez	43288274	Fray Juan Ramirez
Brisaida Soto Cabrera	44353450	Fray Juan Ramirez
Luisa Zapia Pineda	42712584	Fray Juan Ramirez
Marloni Zoro Heredia	27282842	Fray Juan Ramirez
Santos Alarcon Perez	27287948	Fray Juan Ramirez
Maria Anali Viquez Perez	47775536	Fray Juan Ramirez
Herminilda Rojas Zapia	43783398	Fray Juan Ramirez
Julia Antonia Silva Lozada	27249395	Fray Juan Ramirez
Maria Rector Heredia Altamirano	80171332	Fray Juan Ramirez

Anexo 12: Datos de censo

Dominica Zamora Chiles	44819747	Fray	Juan Ramiro
Elsa Vargas Vargas	27288127	Fray	Juan Ramiro
Luisa Viquez Viquez	80170493	Fray	Juan Ramiro
Isma Altamirano Malaguez	47065684	Fray	Juan Ramiro
Lucila Daniela Rojas	27295289	Fray	Juan Ramiro
Rosita Calderon Piedra	80163598	Fray	Juan Ramiro
Maria Silvia Lopez Flores	44500495	Fray	Juan Ramiro
Tania Dapelo Plata	42810060	Fray	Juan Ramiro
Victor Estela Campos	27241684	Fray	Juan Ramiro
Dina Fernandez Flores	80555208	Fray	Juan Ramiro
Isma Flores Flores	40703145	Fray	Juan Ramiro
Lourdes Encinas Chiles	41025505	Fray	Juan Ramiro
Profesora Florencia Requiza	45382955	Fray	Juan Ramiro
Amelia Jimenez Sabaron	45630384	Fray	Juan Ramiro
Trinidad Leon Altamirano	43436426	Fray	Juan Ramiro
Isma Llanos Llanos	46982202	Fray	Juan Ramiro
Blanca Lily Ydrago Salas	40877044	Fray	Juan Ramiro
Gloria Huaman Barrios	27245515	Fray	Juan Ramiro
Estela Lopez Mayo	46443333	Fray	Juan Ramiro
Ketty Maldonado Bastarion	49789266	Pedro	Martinez
Carolina Rosa Martinez Salas	80357039	Pedro	Martinez
Blanca Yaret Montoya Guzman	27296468	Pedro	Martinez
Florencia Ochoa Piedra	42629260	Pedro	Martinez
Gustavina Parapera Portal	27289213	Pedro	Martinez
Sandra Nunez Martinez	27240230	Pedro	Martinez
Isma Maria Campes Llanos	27288882	Pedro	Martinez
Sofia Ramirez Diaz	44483724	Pedro	Martinez
Paulina Pinedo Fernandez	80188370	Pedro	Martinez
Yaret Requiza Torres	47755545	Pedro	Martinez
Segunda Juliana Sanchez Tello	42687877	Pedro	Martinez
Victoria Gonzalez Guzman	27286414	Pedro	Martinez
Isabelina Soledad Saldivar	43796316	Pedro	Martinez
Maria Lorena Zella Guzman	70766050	Pedro	Martinez

Anexo 13: Fotos del censo





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS PARA DETERMINAR CAUDALES DE DEMANDA EN REDES DISTRIBUIDAS DE AGUA POTABLE, SECTOR UNIÓN - CUTERVO, 2022.", cuyo autor es CHAVEZ FERNANDEZ RICHARD, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 29 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO DNI: 07732471 ORCID: 0000-0002-9573-0182	Firmado electrónicamente por: RPINTOBA el 18-12- 2022 20:57:46

Código documento Trilce: TRI - 0460364