UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA COMUNIDAD TELIGOTE DEL CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO.

AUTOR (A):

Kerly Noelia Ramos Moreno

DOCENTE – TUTOR:

Msc. Paul Marcelo Manobanda Pinto

Puyo – Pastaza – Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5	El título es conciso e informativo de la idea principal de estudio.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5	La información presentada da a conocer aspectos relevantes de la investigación incorporando objetivos metodología principales resultados.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18	Describe la relevancia del tema problemática objetivo de la investigación.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15	El marco teórico es coherente y articulado con el objetivo de la investigación
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14	La metodología expuesta describe el tipo de investigación a desarrollar y expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	24	Los resultados presentados están de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10	Las conclusiones son claras y precisas, acorde a los objetivos trazados.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5	Las referencias en el documento cumplen con las normas
VALORACIÓN TOTAL	96	**Noventa y seis**

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	96

Atentamente,


Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO NICOLAS AGUIAR NOVILLO

Santiago Nicolás Aguiar Novillo.
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de Marzo de 2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4.5/5	cumple
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	cumple
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	13.5/15	cumple
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14/13.5	cumple
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	24/25	cumple
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9/10	cumple
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	4/5	cumple
VALORACIÓN TOTAL	92	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	92

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ANDREA DANIELA
MEJIA LOPEZ

Mejía López Andrea Daniela
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 9 días del mes de marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 1 de marzo de 2023

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular, correspondiente a la estudiante: RAMOS MORENO KERLY NOELIA, con C.I. 1805501721, con el Tema: "Evaluación de la calidad del agua por comportamiento hidráulico y caracterización físico-química de la red de distribución de la comunidad Teligote del cantón San Pedro de Pelileo", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, Paúl Marcelo Manobanda Pinto, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0 %, Informe generado con fecha, 01-03-2023 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
PAUL MARCELO
MANOBANDA PINTO

Paúl Marcelo Manobanda Pinto

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Document Information

Analyzed document	u_Evaluacion_calidad_agua_comportamiento_hidraulico_PF.docx (D159824744)
Submitted	1/5/2023 9:02:00 PM
Submitted by	MANOBANDA PINTO PAUL MARCELO
Submitter email	pmanobanda@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	pmanobanda.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

"Evaluacion de la calidad del agua por comportamiento hidraulico y caracterizacion fisico-quimica de la red de distribucion de la comunidad Teligote del cantón San Pedro de Pelileo" niversidad Estatal Amazónica. facultad de Ciencias de la Vida Carrera de Ingeniería Ambiental Resumen

La población recibe su abastecimiento de agua de diversas fuentes, y su consumo depende de factores económicos, sociales y culturales ya que cada familia tiene su estilo de vida. El presente estudio tiene por objetivo modelar el comportamiento hidraulico en la red de distribucion de agua de la comunidad Teligote de la parroquia Pelileo, mediante el software EPANET y la caracterización físico-química de la calidad del agua. Con este fin, se utilizó una investigación aplicada y descriptiva, no experimental. A través de Google Earth Pro, se identificaron los puntos de medición en el sistema y en función de las variables hidráulicas como las cotas, accesorios, longitud de las tuberías, pérdidas mayores y menores, se diseñó el modelo del sistema de distribución de agua existente a través del software EPANET y se determinó que las cotas de los medidores son similares, por lo que el flujo se mantiene constante al llegar a cada uno de los puntos. La velocidad de distribución es inversamente proporcional a la altura, de manera que, cuanto más cerca está el medidor del tanque principal de distribución, la velocidad será menor, y viceversa. Del modelamiento se obtuvieron presiones negativas del cálculo matemático, pero en la realidad este tipo de comportamiento no existe, por lo que se cambió una tubería del modelo de ½ pig a una de 2 pig, con el fin de evitar daños dentro del sistema y que esto no provoque la paralización del servicio. Se evaluó la calidad del agua en función del recorrido del sistema, y en base al software, esta se mantiene desde el punto inicial hasta el punto final dentro de la red. Finalmente, la caracterización físico-química, muestra que el color, olor y sabor se encuentra fuera de los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 1108. A partir de estos hallazgos, se concluye que el diseño de una red de distribución de agua potable debe ser cuidadoso y con visión a futuro, de manera que, cuando aumenten los domicilios, pueda ser fácilmente modificado.

Palabras clave

Abastecimiento, red, distribucion, calidad.

Abstract The population receives its water supply from various sources, and its consumption depends on economic, social and cultural factors since each family has its lifestyle. The objective of this study is to model the hydraulic behavior in the water distribution network of the Teligote community of the Pelileo parish, using the EPANET software and the physical-chemical characterization of water quality. To this end, applied and descriptive, non-experimental research was used. Through Google Earth Pro, the measurement points in the system were identified and based on the hydraulic variables such as heights, accessories, length of the pipes, major and minor losses, the model of the existing water distribution system was designed through the EPANET software and it was determined that the heights of the meters are similar, so the flow remains constant upon reaching each of the points. The distribution speed is inversely proportional to the height, so that the closer the meter is to the main distribution tank, the speed will be lower, and vice versa. From the modeling, negative pressures from the mathematical calculation were obtained, but in reality, this type of behavior does not exist, so a ½ inch model pipe was changed to a 2 inch one, in order to avoid damage within the system and that This does not cause the stoppage of the service. The quality of the water was evaluated based on the route of the system, and based on the software, it is maintained from the initial point to the final point within the network. Finally, the physical-chemical characterization shows that the color, smell and taste are outside the parameters established in the NTE INEN 1108 standard. Based on these findings, it is concluded that the design of a drinking water distribution network must be careful and with a vision of the future, so that, when the number of addresses increases, it can be easily modified. Keywords

Supplying, net, distribution, quality.

Introduccion

"Evaluación de la calidad del agua por comportamiento hidráulico y caracterización físico química de la red de distribución de la comunidad Teligote del cantón San Pedro de Pelileo"

Ramos Moreno Kerly Noelia[1]
kn.ramosm@uea.edu.ec

Manobanda Pinto Paul Marcelo[2]
pmanobanda@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida
Carrera de Ingeniería Ambiental

Resumen

La población recibe su abastecimiento de agua de diversas fuentes, y su consumo depende de factores económicos, sociales y culturales ya que cada familia tiene su estilo de vida. El presente estudio tiene por objetivo modelar el comportamiento hidráulico en la red de distribución de agua de la comunidad Teligote de la parroquia Pelileo, mediante el software EPANET y la caracterización físico química de la calidad del agua. Con este fin, se utilizó una investigación aplicada y descriptiva, no experimental. A través de Google Earth Pro, se identificaron los puntos de medición en el sistema y en función de las variables hidráulicas como las cotas, accesorios, longitud de las tuberías, pérdidas mayores y menores, se diseñó el modelo del sistema de distribución de agua existente a través del software EPANET y se determinó que las cotas de los medidores son similares, por lo que el flujo se mantiene constante al llegar a cada uno de los puntos. La velocidad de distribución, es inversamente proporcional a la altura, de manera que, cuanto más cerca está el medidor del tanque principal de distribución, la velocidad será menor, y viceversa. Del modelamiento se obtuvieron presiones negativas del cálculo matemático, pero en la realidad este tipo de comportamiento no existe, por lo que se cambió una tubería del modelo de ½ plg a una de 2 plg, con el fin de evitar daños dentro del sistema y que esto no provoque la paralización del servicio. Se evaluó la calidad del agua en función del recorrido del sistema, y en base al software, esta se mantiene desde el punto inicial hasta el punto final dentro de la red. Finalmente, la caracterización físico química, muestra que el color, olor y sabor se encuentra fuera de los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 1108. A partir de estos hallazgos, se concluye que el diseño de una

red de distribución de agua potable debe ser cuidadoso y con visión a futuro, de manera que, cuando aumenten los domicilios, pueda ser fácilmente modificado.

Palabras clave

Abastecimiento, red, distribución, calidad.

Abstract

The population receives its water supply from various sources, and its consumption depends on economic, social and cultural factors since each family has its lifestyle. The objective of this study is to model the hydraulic behavior in the water distribution network of the Teligote community of the Pelileo parish, using the EPANET software and the physical-chemical characterization of water quality. To this end, applied and descriptive, non-experimental research was used. Through Google Earth Pro, the measurement points in the system were identified and based on the hydraulic variables such as heights, accessories, length of the pipes, major and minor losses, the model of the existing water distribution system was designed. through the EPANET software and it was determined that the heights of the meters are similar, so the flow remains constant upon reaching each of the points. The distribution speed is inversely proportional to the height, so that the closer the meter is to the main distribution tank, the speed will be lower, and vice versa. From the modeling, negative pressures from the mathematical calculation were obtained, but in reality, this type of behavior does not exist, so a ½ inch model pipe was changed to a 2 inch one, in order to avoid damage within the system and that This does not cause the stoppage of the service. The quality of the water was evaluated based on the route of the system, and based on the software, it is maintained from the initial point to the final point within the network. Finally, the physical-chemical characterization shows that the color, smell and taste are outside the parameters established in the NTE INEN 1108 standard. Based on these findings, it is concluded that the design of a drinking water distribution network must be careful and with a vision of the future, so that, when the number of addresses increases, it can be easily modified.

Keywords

Supplying, net, distribution, quality.

Introducción

El cambio climático ha provocado que una gran parte de la disponibilidad de agua para consumo humano se pierda debido a que los temporales y estaciones han cambiado con el paso del tiempo. El uso excesivo de volúmenes de agua puede causar que se vuelva escasa y no se pueda repartir equitativamente a la población. La representación de flujos que se maneja dentro de un sistema de distribución de agua permite planificar el control y el desarrollo de proyectos de abastecimiento del líquido vital para los seres humanos (Santos Rocha, Cubillos Peña, & Vargas Luna, 2008).

La representación de redes a través de modelos matemáticos permite adoptar la interpretación del funcionamiento de una red hidráulica (Rodríguez Procel & Benavides Muñoz, 2021) , lo que a su vez permite el diseño y la gestión adecuada de este recurso, lo que permite identificar posibles fallas y soluciones que se pueden definir matemáticamente. Basándose en la modelación, es posible determinar el decaimiento de los niveles básicos de cloro necesarios para garantizar una calidad de agua adecuada para el consumo humano, y determinar hasta qué punto de la red la presencia del desinfectante actúa sobre el agua (Tzatchkov, Alcocer Yamanaka, Bourguett Ortiz, & Arreguín Cortés, 2014).

En Ecuador, las redes de distribución de agua potable han sido mejoradas en casi todos los cantones, y se mantienen en constante mantenimiento y monitoreo a través de sistemas digitales que evalúan el estado de las tuberías y su distribución. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en 2020 la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas mantenía una constante capacitación para un total de 221 Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) sobre la correcta implementación y manejo de sistemas de agua potable y alcantarillado para cada una de sus dependencias (Terán, 2022).

En el cantón Pelileo, el agua se utiliza para diferentes actividades humanas, como el consumo humano, el aseo, el desarrollo ganadero y en ocasiones la agricultura (Rivadeneira Iturralde, 2012). Para cumplir con este propósito, el GAD Pelileo toma un caudal de aproximadamente 1000 l/s desde una altura de 3 246,458 m.s.n.m., que se extiende desde Apatug hasta la comunidad Teligote (Acosta & Asociados, 2014). Aunque

el sistema de agua potable del cantón llega hasta la comunidad que se estudia en este documento, esta maneja su propia captación, tratamiento y distribución de agua potable.

La comunidad Teligote ha manejado desde su creación un sistema propio de distribución de agua para consumo humano hacia cada uno de los hogares que la conforman, y ha ido creciendo proporcionalmente con el aumento de la población, lo que ha provocado un incremento en las conexiones y medidores nuevos, que no estaban planificados inicialmente en el sistema que maneja la Junta Administradora de Agua Potable, el ente encargado de regular las tasas de cobro y consumo mensual. El problema que se presenta en la distribución del agua en la comunidad es que, en épocas de sequía, el sistema no mantiene la presión adecuada para llegar a todos los hogares catastrados, lo que causa incomodidades en la población, ya que, aunque el tanque reservorio se mantenga en un nivel alto, la gravedad no logra distribuir el agua en todo el sistema.

A partir de esta evaluación, se identificaron los medidores que se encuentran catastrados dentro del sistema de agua potable en función de sus coordenadas y su cota correspondiente, con el objetivo de evaluar si la presión y las tuberías colocadas son las adecuadas para lograr el funcionamiento correcto del sistema y, en caso de fallo, proponer una nueva dimensión de tubería que evite fallas o rupturas. También se analizaron aquellas situaciones que podrían resultar en interrupciones del suministro de agua hacia cada uno de los hogares y se hizo una proyección futura para el aumento del sistema, interpretando cómo se presenta el comportamiento hidráulico en la red de agua potable.

El problema de esta investigación se resume en: ¿Cómo la falta de conocimiento sobre el comportamiento hidráulico de la red de distribución de agua potable en la comunidad de Teligote afecta la disposición y calidad del agua y su continuidad en el servicio?

En función de este planteamiento, este estudio se llevó a cabo con el objetivo de modelar el comportamiento hidráulico en la red de distribución de agua de la comunidad Teligote de la parroquia Pelileo, cantón Pelileo, mediante el software EPANET y la caracterización de la calidad del agua. Para ello, se caracterizó el comportamiento hidráulico de la red de distribución de agua en la comunidad de Teligote mediante el levantamiento de datos y el análisis documental bibliográfico. Además, se realizó el modelo del sistema de distribución de agua en la comunidad utilizando el software

EPANET 2.0. Finalmente, se caracterizó la calidad de la red de distribución de agua en la comunidad de Teligote mediante el modelo obtenido en el software EPANET 2.0.

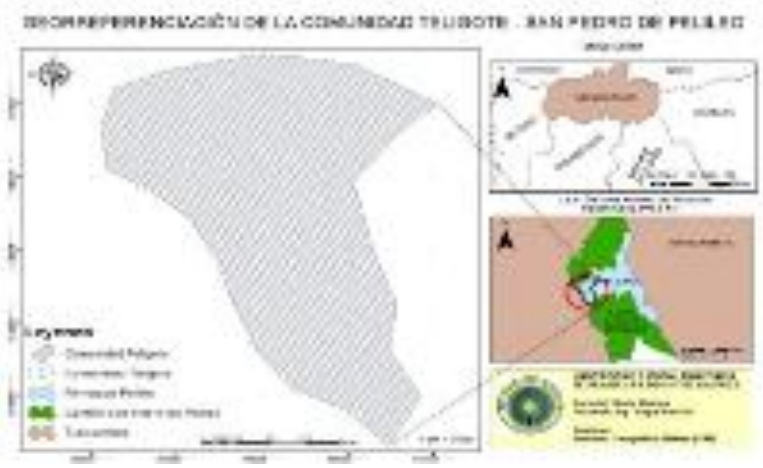
Metodología

Ubicación del proyecto

Este estudio se realizó en la provincia de Tungurahua, cantón San Pedro de Pelileo, parroquia Pelileo, comunidad Teligote. La comunidad se encuentra a 3670 metros sobre el nivel del mar, a 3 km al Suroeste del cantón San Pedro de Pelileo y colinda con los cantones Quero y Cevallos. A nivel de comunidades, limita al Norte con la comunidad Guantugsumo y Píntag (cantón Pelileo); al Sur, con la comunidad de Quitocucho perteneciente a la parroquia Bolívar (cantón Pelileo); al Este, con el caserío Ladrillo (cantón Pelileo) y al Oeste, con la quebrada y comunidad Masabacho pertenecientes también al cantón Pelileo (PDOT, 2020).

Figura 1.

Localización de la comunidad Teligote.



Fuente: (Ramos, 2021)

La comunidad Teligote está conformada en un 100% por una población identificada como mestiza, y de acuerdo con un censo realizado por el Cabildo de la comunidad, se registra alrededor de 900 a 1000 habitantes. La población basa su ingreso económico en actividades como la agricultura, el comercio, la producción de textiles y la venta de cárnicos, y para suplir con todas estas necesidades, el sistema de distribución de agua debe funcionar constantemente. Para diseñar un sistema de distribución, es necesario

proyectar hacia el futuro, lo que contribuiría a evaluar la factibilidad de incrementar nodos y tuberías.

Ubicación de los puntos de muestreo

Con la ayuda de la aplicación Google Maps, se localizaron los puntos utilizando el sistema de coordenadas geográficas Universal Transverse Mercator (UTM) en términos de latitud, longitud y altura, ingresando los tres componentes de cada punto en la aplicación. La identificación de los puntos se basó en un estudio realizado por estudiantes de la Universidad Técnica de Ambato, que consistió en la georreferenciación de la "Junta Administradora de Agua Potable - Teligote". Con 117 puntos identificados (ver Anexo 3), y tomando en cuenta que la distribución se realiza en función de la gravedad y no por bombeo, se establecieron las conexiones acordes a la disminución de la altura en la ubicación de cada medidor identificado. A través de ello, se determinó la presión, la velocidad y la calidad que se mantiene en toda la red de distribución de agua potable, identificando posibles fallas y soluciones que deberían ser aplicadas.

Tipo y método de investigación

Esta investigación se define como aplicada, no experimental y descriptiva. Se considera una investigación aplicada porque se basa en descubrimientos científicos anteriores y busca ampliar el conocimiento adquirido para modificar un sistema existente o construir uno nuevo (Grajales G, 2000). De esta manera, se consideró el cambio de diámetro de tubería para evitar averías por presiones adversas dentro del sistema. Además, esta investigación se complementa como no experimental, ya que no se manipulan variables bajo condiciones controladas, sino que, únicamente se tomó una muestra de agua de 1000 ml para evaluación físico química dentro de laboratorio y la evaluación por comportamiento hidráulico fue automática dentro del software. Por último, se define como descriptiva porque su enfoque principal es describir fenómenos mediante un análisis sistemático que permite clasificar o agrupar un conjunto de características dentro de un tema específico para profundizar en él (Sanca Tinta, 2011). Esto se pudo evidenciar en los análisis de presiones y velocidades que se presentaron dentro del sistema.

El método investigativo utilizado en este trabajo es una modelación, enfocada en el análisis del sistema actual de distribución de agua potable en la comunidad Teligote. Para

ello, se recopiló información relevante que permitió identificar la cantidad de nodos (medidores) del sistema a partir de la salida de agua desde el tanque reservorio central, que se han identificado en un plano de red previo. Este plano elaboró en función del historial de asociación al sistema de distribución y en relación con las diferentes cotas registradas en la comunidad. Para diagramar el modelo de distribución se ha utilizado el software EPANET 2.0, que se ha ejecutado en un computador de escritorio donde ha sido instalado y configurado. Establecido el plano en función de los puntos fijados en Google Earth Pro, se procedió a correr el modelo varias veces e identificar fallas y posibles escenarios que podrían presentarse en función del diámetro de tuberías y conexiones en función de la altura a la que se encuentra cada medidor.

Análisis de datos

El análisis de datos se ha llevado a cabo principalmente en la identificación de nodos con sus respectivas coordenadas y cotas, así como en el establecimiento del número de tuberías y su conexión correspondiente. La dinámica de conexión de tuberías funciona en base a la altura, y con la ayuda del software EPANET de modelaron distintos escenarios en los que se tomaron en cuenta cada uno de los componentes de los nodos y características tales como la presión, la velocidad, la calidad y la demanda hídrica que cada domicilio necesita mensualmente. Este análisis se complementa con la dimensión y extensión de cada tubería, así como con la estimación del caudal base necesario de cada hogar, expresado en (l/s). Para la determinación del volumen que se consume, se realizó una operación matemática (resta) del volumen consumido en los dos últimos meses de servicio. Esta información se ha recopilado y procesado utilizando el programa Microsoft Excel (Microsoft Corporation; USA).

Resultados

Establecimiento de la línea base y georreferenciación del área de estudio en función de los medidores catastrados y sus respectivas tuberías.

La georreferenciación se llevó a cabo mediante la aplicación Google Earth Pro (Google LLC; USA), que permitió obtener el diagrama que abarca toda la red de distribución de agua potable y la ubicación de cada uno de los medidores catastrados, así como la relación de conexión entre ellos. Esta conexión fue ubicada posteriormente dentro del software

EPANET tal como se muestra en la Figura 2, donde se representa el diagrama completo de la red.

Figura 2.

Georreferenciación del sistema de distribución de agua potable de la comunidad Teligote.



Fuente: (Google Earth, 2022)

Como se puede ver en la Figura 2, se ha determinado un total de 117 medidores catastrados, un tanque reservorio desde el cual se distribuye el agua tratada a todos los domicilios, y un total de 113 tuberías que están interconectadas en el sistema. A partir de una comparación entre las planillas de pago de los meses de julio y agosto, se ha determinado que el promedio de consumo de los habitantes es de 13,10 m^3/mes en cada uno de los hogares de las familias, lo que a su vez determina que el promedio de caudal mínimo de entrada se encuentra entre 0,005 l/s (Anexo 2).

Establecimiento de valores promedio de la estructura del sistema de distribución de agua potable.

Se determinó que, en promedio, existe una tubería de 18,66 mm de diámetro, lo que representa aproximadamente 0,73 pulgadas, y se caracteriza por ser de plástico. Inicialmente, se suponía que la tubería total de distribución era una manguera de plástico de ½ pulgada, pero al realizar la modelación mediante la aplicación EPANET, se obtuvieron resultados de presiones negativas en el inicio del sistema de distribución, lo

que matemáticamente es posible, pero en la vida real no existe. Por lo tanto, se decidió establecer otros escenarios con cambios en la tubería de mayor diámetro en la salida de la red de distribución y mantener el resto de las tuberías con los datos del sistema general. De esta manera, se resumen los valores en la Tabla 1.

Tabla 1.

Representación total de los valores resultantes a partir de la determinación de dimensiones del sistema de distribución de agua potable.

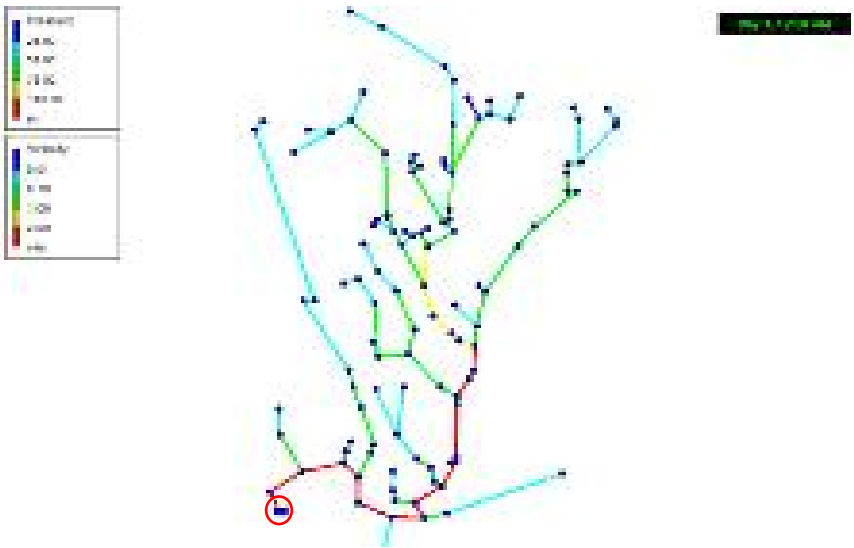
Elemento	Valor	Unidad	Representación
Nodos	117	-	-
Tuberías	113	-	-
Longitud	9130.66	m	9.13 km
Diámetro de tubería	18.66	mm	0.73 in
Diámetro máximo de tubería	76.2	mm	3 in
Diámetro mínimo de tubería	12.7	mm	1/2 in

Fuente: La autora

Como se puede ver en la Tabla 1, existe una tubería máxima de 3 pulgadas de diámetro y una tubería mínima de ½ pulgada de diámetro. Además, se representa un total de 9,13 kilómetros de tubería distribuida en todo el sistema. A partir del registro de nodos, tuberías con su longitud, diámetro y el gasto base necesario de cada hogar, se obtuvo el primer diagrama en la aplicación EPANET 2.2, que se muestra en la Figura 3.

Figura 3.

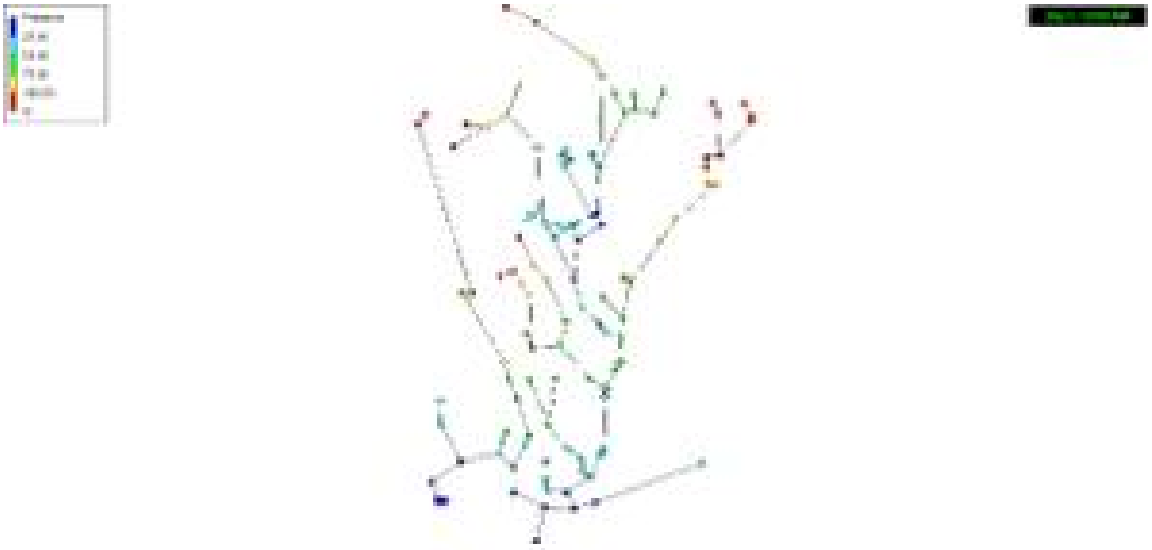
Presión en el primer modelamiento de la red de distribución de agua potable.



Como se puede observar en la Figura 3, los puntos en el diagrama representan los medidores de cada uno de los socios, las líneas que los conectan representan las tuberías de relación entre ellos, y finalmente, la figura que se encuentra dentro del círculo rojo representa el tanque reservorio desde el cual se distribuye el agua tratada. La representación tiene en cuenta las cotas, que van desde la más alta a la más baja de Sur a Norte, y con el establecimiento de un diámetro de ½ pulgada se reflejan presiones negativas dentro del sistema, que se representan en rojo y desencadenan averías y daños en el sistema.

Figura 4.

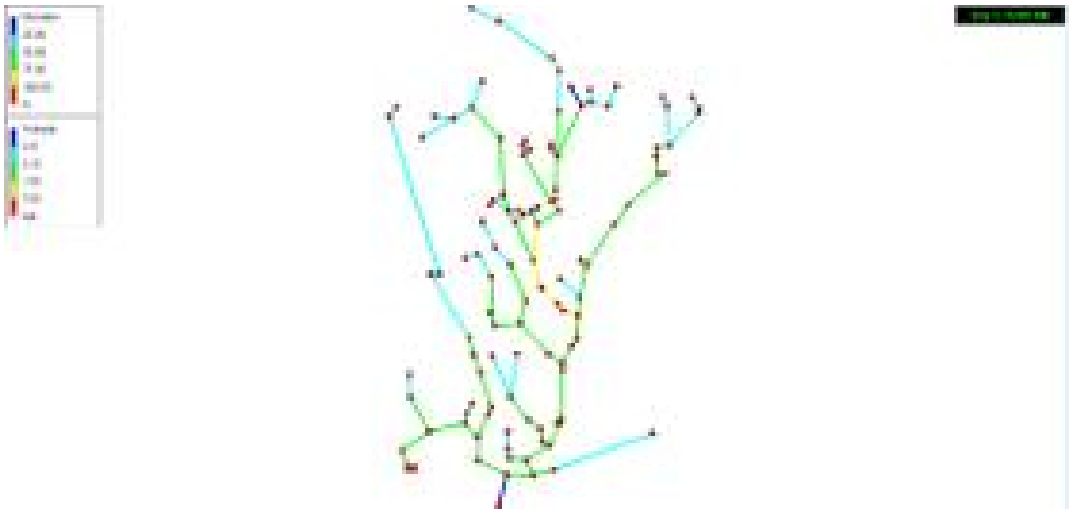
Relación entre presiones en función de las cotas dentro del sistema de distribución.



Se realizó un cambio de tubería de ½ pulgada por una de 2 pulgadas en el primer tramo, y, como se puede observar en la Figura 4, la presión aumenta en función de que la altura de cada medidor disminuye, pero ya no se registran valores negativos debido a la reducción en la velocidad de salida del líquido. De esta manera, la presión en los medidores finales es alta y en aquellos puntos cercanos al tanque central de distribución es menor. Se evaluó la relación entre la velocidad que se mantiene al llegar a cada uno de los puntos, y esta es inversamente proporcional a la cota registrada en cada hogar catastrado, de modo que a mayor altura la velocidad será menor y a menor altura la velocidad que mantiene el caudal de llegada será mayor. En la Figura 5, se observa cómo la velocidad varía entre 0,01 m/s y tiende a llegar hasta 2 m/s si el sistema llega a puntos más bajos.

Figura 5.

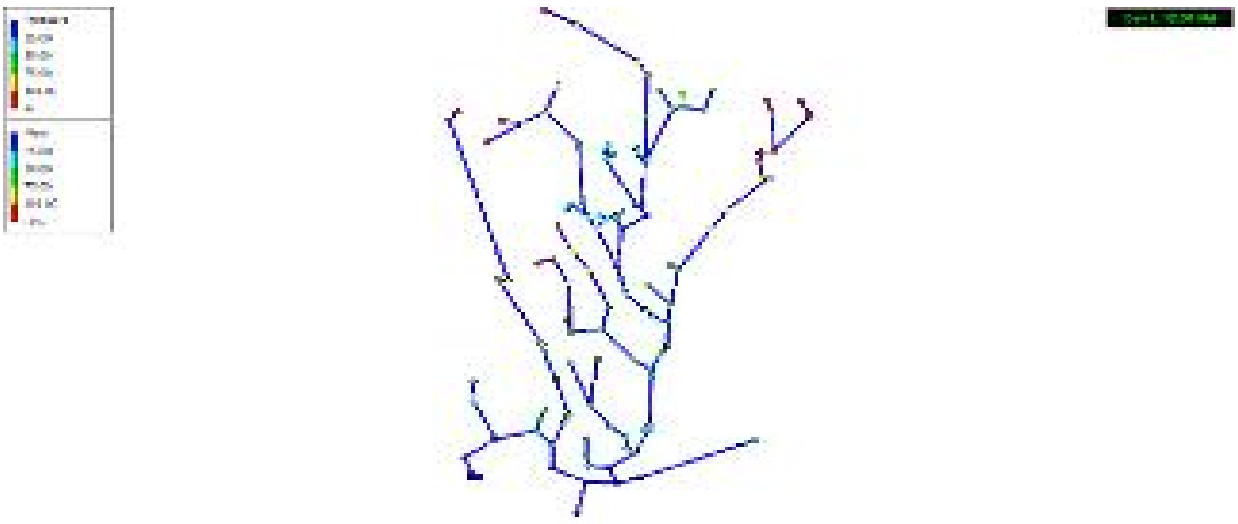
Velocidad del caudal de llegada dentro del sistema de distribución de agua potable.



La determinación de la demanda base que circula por cada una de las tuberías, se mantiene constante, y, como se observa en la Figura 6., no influye si la presión aumenta o disminuye, la demanda que necesita cada hogar llegará sin problema gracias a que el flujo se mantiene constante. Esto se debe a que la altura a la que se encuentran los medidores a partir del tanque de distribución y de la conexión de la tubería a partir de la red central hacia los domicilios no varía.

Figura 6.

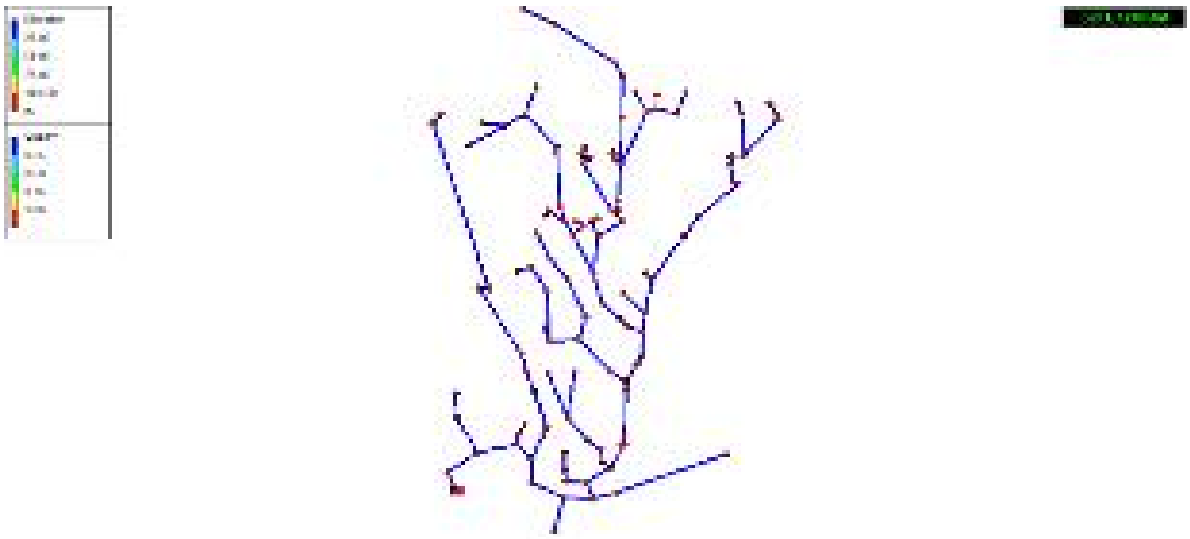
Flujo de agua que circula por cada una de las tuberías.



Por otro lado, se evaluó la calidad del agua que circula por todo el sistema hasta llegar a su punto más bajo, pues el sistema de distribución de agua potable debe mantener un nivel de cloro residual que desinfecte la tubería a medida que el líquido pasa. En función de este principio, se determinó mediante la diagramación en EPANET que la calidad se mantiene constante en todo el sistema, lo que establece que la calidad varía entre 0 y 0,25, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7.

Calidad del agua determinada por el software EPANET.



En función de la elevación evaluada en los puntos anteriores, se ha determinado que la calidad se mantiene desde la salida del tanque principal de distribución hasta su punto más bajo, que se considera como el último medidor catastrado dentro del sistema.

Cumpliendo con el análisis físico – químico, se tomó una muestra de agua de un volumen de 1000 mililitros en un frasco de vidrio ámbar y fue enviado a un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE), en el cual se evaluaron ocho (8) parámetros básicos y comparados con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 en la cual se especifican los requisitos que debe cumplir el agua para consumo humano. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2.

Resultados obtenidos en la evaluación físico química de la muestra de agua potable.

Parámetro	Unidad	Resultado	LMP
Cloro libre	mg/l	<0,02	0,3 a 1,5

Parámetro	Unidad	Resultado	LMP
Color**	Pt – Co	28,00	15
Nitratos	mg/l	0,22	50,00
Nitritos	mg/l	<0,01	3,0
Olor**	---	No objetable	---
pH	UpH	8,33	6,5 – 8,0
Sabor**	---	No objetable	---
Turbiedad	NTU	2,70	5

Nota: El signo (**) indica que un parámetro no se encuentra acreditado en función del análisis físico – químico.

Como lo muestra la Tabla 2., el color, olor y sabor del agua que se consume en la comunidad Teligote, no cumple con los límites máximos permisibles establecidos por la norma NTE – INEN 1108. El incumplimiento de los tres parámetros mencionados, puede deberse a que no se está aplicando el correcto tratamiento al agua en la planta donde se potabiliza, como se puede notar, el cloro libre se encuentra por debajo del límite requerido, así como el pH, estos factores pueden ser influyentes en aquellos que se encuentran no acreditados. El cloro libre residual no cumple con el parámetro mínimo en el cual de sebe encontrar para abastecer a todo el sistema de distribución, en el primer domicilio presenta una deficiencia, por lo que se determinó que no se está aplicando la cantidad necesaria de este elemento desinfectante.

Discusiones

El diseño de las redes de distribución de agua potable, que se representan como una interconexión entre tuberías, tanques, medidores, bombas y válvulas, se vuelve complejo debido a la forma en que se obtiene el suministro y su posterior distribución asegurando la calidad y continuidad del recurso (Morelos & Ramírez Hernández, 2017), lo que asegura que el flujo sea constante incluso cuando no se instala una bomba para generar el movimiento del líquido (Montero Laurencio, Legrá Lobaina, & Hechavarría Hernández, 2016).

En este análisis, se han tomado en cuenta características específicas de cada uno de los componentes del diagrama, determinando así la longitud, el diámetro y el material de la tubería, así como la demanda básica en l/s para cada uno de los nodos o medidores. De

esta manera, la tarea de evaluar el sistema se simplifica (Morelos & Ramírez Hernández, 2017) y la evaluación hidráulica se enfoca en representar gráficamente un sistema de abastecimiento hacia una comunidad, pueblo o cantón. De esta forma, se puede comprender mediante una realidad virtual un método óptimo para el mantenimiento de una red, ya que a partir de este modelo se podrían predecir posibles fallas en función del modelo matemático (Palacios Romero, 2015).

El sistema de distribución de agua potable de la comunidad Teligote está conformado por dos captaciones que se almacenan en una sola planta de tratamiento. A partir de esta planta, el agua se distribuye a toda la comunidad y se regula hacia cada una de sus direcciones en función del movimiento de las válvulas de paso. El sistema básico debe incluir la red de distribución, un tanque de almacenamiento, tuberías, una red principal, una red secundaria y la conexión domiciliaria, que en este caso son los medidores catastrados. Además, el sistema debe contener accesorios como bombas y válvulas que regulen la distribución (Palacios Romero, 2015).

En el presente estudio se identificaron varias presiones negativas en el modelo base de modelación. Si una presión tiene como resultado un número negativo, significa que en ese domicilio no llega agua (Romero Sánchez, 2021). Por lo tanto, es necesario proponer un cambio o posible solución para que las presiones negativas se modifiquen matemáticamente (Orillo Cruz & Valenzuela Peña, 2019), ya que en la vida real no son tomadas en cuenta. Como se observó en la Figura 5., el flujo de circulación del agua se mantiene constante. A partir de esto, se modificaron las tuberías existentes por unas de mayor diámetro.

Tabla 3.

Modificación de diámetro de tubería en los puntos donde se reportaron presiones negativas.

Nodo/Tubería	Diámetro inicial	Presión inicial (m)	Diámetro modificado	Presión final (m)
1	1/2 plg	-369	2 plg	56.49
2	1/2 plg	-748	2 plg	-10.85
3	1/2 plg	-95.62	2 plg	-0.89

Nodo/Tubería	Diámetro inicial	Presión inicial (m)	Diámetro modificado	Presión final (m)
4	1/2 plg	-252.75	2 plg	11.69
5	1/2 plg	-718.32	2 plg	11.43
6	1/2 plg	-822.87	2 plg	13.11
7	1/2 plg	-822.47	2 plg	13.52
8	1/2 plg	-584.16	2 plg	19.3
9	1/2 plg	-865.72	2 plg	22.81
10	1/2 plg	-862.86	2 plg	25.67

Fuente: La autora

Como se observa en la Tabla 3., la tubería inicial definida era de ½ pulgada, y esto generaba una presión negativa dentro del sistema, lo que ocasiona averías o rupturas dentro del sistema interrumpiendo la distribución del líquido. Con el cambio a 2 pulgadas de diámetro, la presión se modificó a una que, si mantiene funcional el sistema, dejando un único punto en valor negativo. Esto se debe a la cercanía que se encuentra un nodo del otro, por lo que no se puede evitar. Sin embargo, al ser un punto dentro de 117 tuberías que se mantienen dentro del sistema, no representa un problema.

De acuerdo con el manual de usuario de EPANET, las presiones negativas suelen presentarse en distintas ocasiones. Una de ellas se identifica cuando el sistema se encuentra desconectado en algún punto o cuando el sistema no se encuentra equilibrado (Environmental Protection Agency, 2001). Las maneras de solucionarlas incluyen conectar todos los nodos del sistema, incrementar el diámetro de las tuberías iniciales o en las zonas donde se presenten presiones negativas.

El establecimiento del sistema de distribución de agua potable actual se llevó a cabo con un conocimiento rudimentario, el cual se basa en la distribución a través de la gravedad del sistema y en la velocidad y presión que pueden generar. Bajo estas condiciones, en este sistema se presenta una conducción hidráulica a flujo libre, la cual se caracteriza por poseer canales abiertos y conductos cerrados que se manejan sin presión (Guerrero Paz, 2020). La principal desventaja de una conducción hidráulica de este tipo es que si existiera algún daño en la tubería principal a partir de la cual se ramifican las secundarias, se dejaría sin abastecimiento a una determinada población (Álava Motesdeoca, 2019)

que en este caso se encontraría a una menor altura en función de la ubicación de la planta de tratamiento.

En el proceso de establecimiento de una red de distribución se debe analizar la geografía del lugar. De esta manera, se puede definir el tipo de materiales que se deben instalar, ya sean tuberías o válvulas. A través de la evaluación de distintos modelos, se puede establecer una técnica de optimización del recurso. Una de las opciones factibles puede ser la sectorización de la distribución de agua. Esto contribuiría a evitar cortes de suministro por desperfectos presentados (Sarmiento Huertas & Silva Diaz, 2017).

Conclusiones

A través del establecimiento del modelo hidráulico en la aplicación EPANET 2.0, se determinó que la presión de las tuberías que se encuentran entre las primeras conexiones a partir del tanque de distribución se tornaba matemáticamente negativas. Por lo tanto, fue necesario modificar el diámetro de la tubería reemplazando la de ½ pulgada por una de 2 pulgadas, con el fin de evitar que en la vida real se generen averías y rupturas que puedan interrumpir el servicio, ya que el modelo hidráulico que se maneja en el presente estudio se ha determinado como conducción de flujo libre.

El modelo de distribución de agua potable de la comunidad Teligote, a través de la modificación de un tramo de sus tuberías y en función de las cotas establecidas en cada uno de los nodos, determina que el flujo de distribución se mantiene constante hacia todos sus puntos permitiendo que el abastecimiento del líquido sea continuo y sin interrupciones. Asimismo, mantiene una velocidad de circulación durante todo el sistema que inicia en 0,01 m/s y alcanza un valor de 2 m/s, siendo su velocidad máxima. La presión se mantiene estable en cada uno de los puntos de su estructura asegurando el correcto funcionamiento del sistema y la limitación de daños e interrupciones.

En función del modelo hidráulico que se establece, se determinó que la calidad del líquido dentro del sistema de distribución se mantiene constante y no varía en función de la disminución de las cotas ni el incremento del recorrido a través de las tuberías. Esto indica que el agua llegará a cada uno de los domicilios cumpliendo con los estándares de calidad del agua establecidos para consumo humano. La calidad del agua no varía, aunque la presión, la velocidad o el flujo del agua incrementen, disminuyan o se mantengan constantes. Sin embargo, mediante la caracterización físico química efectuada, el color,

olor y sabor del agua se encuentran fuera de los límites máximos y mínimos permisibles contemplados en la norma NTE INEN 1108, por lo que se debe realizar una evaluación del sistema de potabilización del agua para que la calidad determinada por el software se cumpla.

Referencias

Acosta & Asociados. (2014). *Estudios de factibilidad y diseños definitivos del sistema de agua potable Chiquihurco - Pelileo para cubrir la demanda actual y futura del servicio de agua potable de las parroquias de Benítez, Salasaca, El Rosario, Bolívar, Huambaló, García Moreno y tod.* Pelileo.

Afanador, J. G. (2007). *pH en agua por electrometría.* Colombia.

Álava Motesdeoca, G. D. (2019). *"Modelación Hidráulica y Ampliación de La Red de Distribución de Agua Potable le la comuna Joa, Cantón Jipijapa.* Jipijapa.

Andrade Ramos, J. M., Escobar Cevallos, G. M., & Parede Méndez, D. F. (2019). Análisis en flujo permanente de los factores que inciden en la disminución de la capacidad hidráulica de la línea de conducción del sistema La Mica-Quito Sur. *INGENIO*, 46-57.

Bos, M. G., Replogle, J. A., & Clemmens, A. J. (1986). *Aforadores de caudal para canales abiertos.* Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI.

Cabrera Molina, E., Hrnández Garciadiego, L., Gómez Ruiz, H., & Cañizares Macías, M. d. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, 88-92.

Casero Rodríguez, D. (2008). *Potabilización del agua.* Escuela de Negocios.

Chacón Chaquea, M. Y. (2016). *Análisis físico químico de la calidad del agua.* Bogotá: Ediciones USTA.

Chulluncuy Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 153-170.

Creus Solé, A. (2012). *Neumática e Hidráulica.* Barcelona: Marcombo.

Environmental Protection Agency. (2001). *EPANET 2. Manual de Usuario.* USA.

Flechas Hernández, R. A. (2010). *Efecto del uso de la ecuación de Darcy-Weisbach vs la ecuación de Hazen-Williams sobre los costos de diseños optimizados en acueductos, teniendo en cuenta la rugosidad de las tuberías, línea del gradiente hidráulico y temperatura.* Bogotá.

Gil, J. A., Khan, L., & Hernández, R. (2002). Evaluación del comportamiento hidráulico de varios emisores importados para riego por goteo. *Revista UDO Agrícola*, 64-72.

Google Earth. (28 de Septiembre de 2022). *Google Earth Pro*. Obtenido de Google Earth Pro.

Grajales G, T. (2000). *Tipo de investigación.*

Guerrero Paz, E. P. (2020). *Estudio de calidad de agua y modelación hidráulica del sistema de distribución del circuito-5 del Cantón Jipijapa.* Jipijapa .

Guevara A, M. E. (s.f). Flujo Libre. 1-78.

Izar Landeta, J. M. (2012). *Investigación de Operaciones.* México: Trillas.

Manco Silva, D. G., Guerrero Erazo, J., & Ocampo Cruz, A. M. (2012). Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 23-38.

Martins Alves, C. (2020). *LA CAPACIDAD HIDRÁULICA EN LAS REDES DE AGUA POTABLE Y SU INFLUENCIA EN EL PROCESO DE SECTORIZACIÓN.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Medina S, L. V., Contreras G, G. A., Roa B, O. L., & Vega, H. M. (2017). Modelado matemático, simulación, análisis y control de un sistema hidráulico interactivo-tres tanques en serie. *Revista de Tecnología*, 77-98.

Mendez, M. V. (2007). *Tuberías a presión en los sistemas de abastecimiento de agua.* Caracas: Editorial Texto.

Montero Laurencio, R., Legrá Lobaina, A. A., & Hechavarría Hernández, J. R. (2016). Optimización operacional de redes hidráulicas para climatización centralizada en hoteles. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 3-17.

Morelos, R. A., & Ramírez Hernández, J. (2017). Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable en una ciudad Mexicana EPANET . *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 120.

Ordóñez Aguirre, G. A., & Quiroz Silva, B. I. (2021). *Determinación de la concentración de cloro libre residual mediante técnica electroquímicas.* Cuenca.

Orellana, J. (2005). Características del agua potable. *Ingeniería Sanitaria - UTN - FRRO*, 1-7.

Orillo Cruz, G. A., & Valenzuela Peña, M. E. (2019). *Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable en la localidad de Paucartambo - Cusco.* Cusco.

Palacios Romero, P. A. (2015). *Modelación hiráulica para la interconexión de los sistemas de distribución de agua potable Tomebamba y Yanuncay.* Cuenca.

PDOT. (2020). *Adecuación del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial para el cantón San Pedro de Pelileo.* Pelileo.

Ramos, K. (2021). *Proyecto de identificación de rgiesgos y desastres de la comunidad de Teligote.* Pelileo.

Rivadeneira Iturralde, R. O. (2012). *El sistema de agua potable y su influencia en la calidad de vida de los habitantes del caserío La Paz y Huasimpamba Bajo, parroquia La Matriz, cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.* Ambato.

Rodríguez Procel, W., & Benavides Muñoz, H. (2021). Modelación hidráulica y calibración de redes de distribuciónde agua potable. *Tecnología y Ciencias del Agua* , 01-41.

Rodríguez Ruiz, P. (2008). *Hidráulica II. Hidráulica de Canales.* México: México: Civilgeeks.com.

Romero Sánchez, J. E. (2021). *Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable del cantón Nabón, sector Nabón Centro y zonas periféricas.* Cuenca.

Salazar Rojas, L. V., & Vasquez Diaz, L. M. (2016). *ESTANDARIZACION DEL METODO PARA LA DETERMINACION DEL OLOR Y SABOR EN EL AGUA DE CONSUMO MEDIANTE EL METODO 2150B, 2160B Y 2170B DEL STANDARD METHODS.* . Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Sanca Tinta, M. D. (2011). Tipos de Investigación Científica. *Revista de Actualización Clínica*, 621-624.

Sánchez Herrera, J. S. (2019). *Consideraciones para el diseño y la construcción de la red hidráulica de una edificación.* Bogotá.

Santos Rocha, A. C., Cubillos Peña, C. E., & Vargas Luna, A. (2008). Modelación hidráulica de un sector de río caudaloso con derivaciones empleando HEC-RAS . *Avances en Recursos Hidráulicos*, 45-54.

Sarmiento Huertas, L. S., & Silva Diaz, R. (2017). *Modelización y optimización de la red de acueducto urbano del Municipio de Tibaná - Boyacá.* Bogotá.

Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2020). *Agua para consumo humano. Requisitos. NTE INEN 1108.* Quito.

Terán, C. (27 de Septiembre de 2022). *Gestión de Agua Potable y Alcantarillado 2020.* Obtenido de Gestión de Agua Potable y Alcantarillado 2020: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2020/Agua_potable_alcantarillado_2020/Guia_sobre_el_uso_de_base_de_datos_APA_2020.pdf

Tzatchkov, V. G., Alcocer Yamanaka, V. H., Bourguett Ortiz, V. J., & Arreguín Cortés, F. I. (2014). *Avances en la hidráulica de redes de distribución de agua potable*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Vera Pereyra, D. M. (2018). *Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable, mediante métodos computacionales convencionales en el Distrito de Chupaca*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

ANEXOS

ANEXO 1. Fundamentación teórica

Métodos de evaluación físico química de la calidad del agua

La evaluación físico química de la calidad de agua, varía sus métodos en función de parámetro que se requiere evaluar. Es así como, para los parámetros definidos en el análisis de laboratorio, se han efectuado a través de:

Cloro libre. – En análisis de cloro libre determina la capacidad de un sistema para mantener potable el agua durante toda la distribución. Para su análisis y determinación de presencia o ausencia de este componente se aplica el método ORP que mide la concentración del componente en ppm (partes por millón) en el agua, y para obtener una medida precisa, se debe controlar la temperatura y el pH que presente el líquido (Ordóñez Aguirre & Quiroz Silva, 2021).

Color. – El color del agua se define por la presencia de materia orgánica dentro de su composición, especialmente ácidos húmicos que se encuentran presentes en su estructura y que otorgan el color aparente al líquido. Para su determinación cuantitativa, se aplica un medidor calibrado bajo estándares de colorimetría definidos como platino-cobalto (Chacón Chaquea, 2016).

Nitratos y Nitritos – Estos compuestos no se consideran tóxicos siempre y cuando se encuentren dentro de los límites máximos permisibles, pues forman parte del ciclo del nitrógeno tanto del suelo como de las plantas. Su ingesta en grandes cantidades puede considerarse tóxico y por tal motivo es necesaria una evaluación antes de consumir un cuerpo de agua. La EPA recomienda la determinación de su concentración a través del método de cromatografía iónica, el cual permite la separación de iones y moléculas en función de sus propiedades de carga, lo que determina el valor real de presencia del compuesto en el agua (Cabrera Molina, Hrnández Garciadiego, Gómez Ruiz, & Cañizares Macías, 2003).

Olor. – Se considera como la muestra más mínima de percepción al olfato humano en función de un compuesto. Su olor puede determinar el estado al que se encuentra el agua,

y aunque se maneja el principio de que el agua no tiene sabor, en ocasiones se puede percibir claramente. El olor se manifiesta como como un factor que puede afectar la calidad del agua potable y esto puede deberse a la presencia de diversos compuesto orgánicos e inorgánicos que pueden volver tóxico al líquido. Para su evaluación, se usa el Standard Methods for examination of water and wastewater y se usan reactivos como hexanal, butanol, piridina, cloro, heno, hierba, hidróxido de magnesio o jabón (Salazar Rojas & Vasquez Diaz, 2016).

pH. – El potencial hidrógeno del agua determina el nivel de acidez o alcalinidad en la que se encuentra el líquido, y es necesario analizarlo porque puede ser un factor determinante en la alteración de otro componente incrementando un nivel de toxicidad, o en este caso, disminuyendo la calidad del agua. Para su caracterización, se utiliza un potenciómetro o pH-metro mismo que es un sensor utilizado en una técnica electroquímica para definir un valor cuantitativo de alcalinidad o acidez en el agua (Afanador, 2007).

Sabor. – Es conocida como una cualidad que es percibida por el sentido del gusto. Para su valoración, es común aplicar el Standard Methods for examination of water and wastewater, y para ellos se utilizan reactivos como la sacarosa, el ácido cítrico, cloruro de sodio y cafeína. Mediante ellos se puede calificar el sabor y analizar su perfil (Salazar Rojas & Vasquez Diaz, 2016).

Turbiedad. – Este parámetro es causado por la presencia de por la presencia de materia coloidal y suspendida que se encuentra en el agua, generalmente suele ser arcilla o materia orgánica e inorgánica que resulta como producto de un deficiente proceso de potabilización. Su determinación cuantitativa que efectúa a través de un método de absorción ejecutado a través de espectrofotometría y no requiere de reactivos para proceder (Chacón Chaquea, 2016).

Comportamiento hidráulico de una red de agua potable

El comportamiento hidráulico del agua tiene que ver con la relación que existe entre la presión y el caudal que se mantienen en la red de distribución (Gil, Khan, & Hernández, 2002). Este factor puede definir la velocidad con la que circula el agua por una tubería y si este es eficiente para cubrir una demanda diaria, mensual y anual, en un escenario

óptimo y uno adverso, esto quiere decir, si soporta el paso de agua en presión y calidad tanto en época de verano como en sequía.

El agua cada vez se torna escasa en las redes de distribución y programas de captación a nivel mundial, por lo que en ocasiones en necesario definir la sectorización para la distribución del recurso, es decir, un abastecimiento límite por día o semana. La capacidad hidráulica de distribución podría verse afectada cuando se aplican programas de sectorización que no estuvieron contemplados en el proyecto inicial de construcción de una planta de tratamiento de agua potable y su consecuente red, por este motivo, es importante determinar si el comportamiento hidráulico del agua en conjunto con su dinámica de movimiento es capaz de llegar a cada lugar que necesite del recurso vital (Martins Alves, 2020).

Así también, se considera que el comportamiento hidráulico tiene que ver con el movimiento de un fluido a través de una tubería y que va de un lugar a otro. Este factor puede ser evaluado cuando se conocen los diámetros de la tubería y su longitud, así como los coeficientes de fricción y en función de ello, se requiere la determinación de las cargas de presión que cada nodo posee y las velocidades que se presentan en el líquido que fluye a través de la tubería (Vera Pereyra, 2018). Una combinación de estos factores y en función de un modelo a través del software EPANER u otro, se puede determinar la eficiencia del sistema, y permite identificar si la velocidad y la demanda base se abastece en toda la distribución o si existen fallas en algún punto, ya sea nudo, conexión o tubería.

Caracterización físico – química

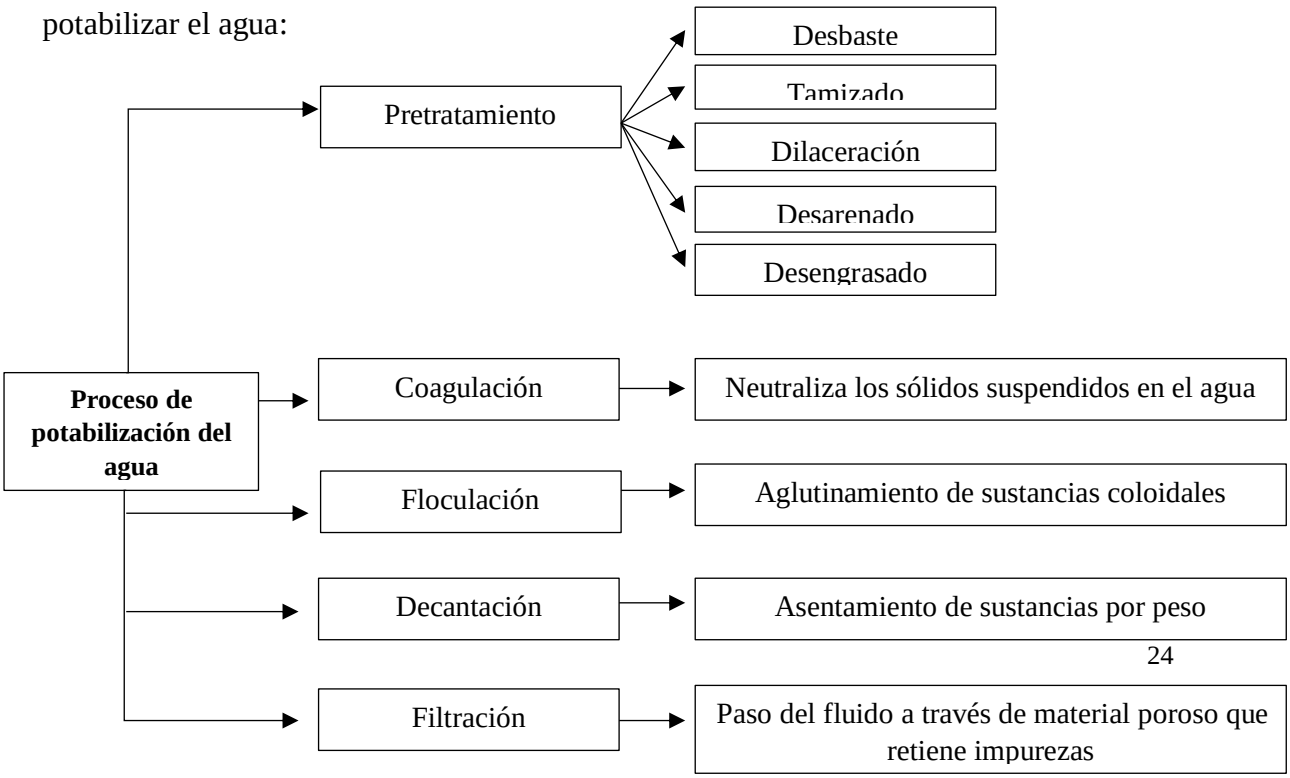
El agua se encuentra en constante contactos con aire, suelo, plantas y otros, y que, por medio de arrastre o movilización a través del viento, estos suelen incorporarse como un componente más del líquido vital. Por tal motivo, resulta indispensable efectuar una caracterización física – química previa su consumo, para conocer qué compuestos se van a ingerir si el agua llega a ser consumida por toda una comunidad. Asimismo, la composición química de las fuentes de agua natural puede verse afectadas por actividades agrícolas, industriales, ganaderas, entre otras (Orellana, 2005). De esta manera, se definen como parámetro físico químicos básicos del agua a: color, olor, sabor, temperatura,

conductividad, radiactividad, pH, materia orgánica, DBO, DQO, nitrógeno, fósforo, hierro, flúor, cloro, sulfatos, cloruros, etc.

Los diferentes sabores y olores del agua, se deben a la presencia de materia orgánica y material volátil que se ha incorporado en su estructura. El color del agua, se encuentra definido por la presencia de metales como hierro o manganeso, y otras sustancias orgánicas coloridas. Su alteración provoca que la ropa del hogar se manche o en el cuerpo humano, daña la composición de los dientes al ser ingerido e infecciones estomacales. Asimismo, la turbidez del agua se determina por la presencia de material disuelto y suspendido en el agua y puede ser el determinante a simple vista para saber si el agua puede ser bebida o no. La combinación del color, olor, sabor y turbidez, son determinantes en primera instancia de considerar si una fuente de agua puede ser utilizada en el abastecimiento potable.

Potabilización del agua

El proceso de potabilización del agua consiste en la eliminación de compuestos que se encuentren suspendidos o disueltos en el agua, a través de la adición de floculantes y coagulantes que lleven todas las impurezas al fondo de un canal de decantación y que estas puedan ser retiradas con facilidad. Así también, consiste en la desinfección de bacterias por medio de la adición de cloro en su estructura (Casero Rodríguez, 2008). La potabilización del agua no se considera un proceso complejo, pero sí de mucha atención y mucho cuidado. En el presente diagrama, se resume el proceso que se sigue para potabilizar el agua:



Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108

Esta norma en su sexta revisión, abril del 2020, establece los parámetros que debe cumplir un sistema de distribución de agua para consumo humano. De este documento se excluyen los parámetros para aguas naturales, aguas envasadas y aguas purificadas con fin de uso farmacéutico. En ella se determina que el agua para consumo humano es aquella que se utiliza para beber, cocinar y prepear alimentos, y que independientemente de su fuente de origen o su manera de suministros, debe cumplir con parámetros, físicos, químicos y microbiológicos que aseguren la soberanía alimentaria y salud de quienes la consumen (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2020). De la misma manera define que un sistema de distribución de agua potable comprende la infraestructura hidráulica y los trabajos complementarios que se necesitan para que el agua llegue hasta una infraestructura domiciliaria, que es donde se completa un sistema de distribución y abastecimiento de agua potable.

Componentes de la red de distribución de agua potable

Caudal

Se conoce por caudal al volumen de agua que circula por una tubería, canal o medio de transporte de líquidos por una unidad de tiempo definida. Usualmente suele expresarme en m^3/s, sin embargo, puede presentarse también el l/s, m^3/mes o m^3/h (Bos, Replogle, & Clemmens, 1986).

Cota

Se entiende por cota, a un punto que tiene un valor de elevación tomado en cuenta desde el nivel del mar que se considera una elevación 0 y hasta donde llegar el punto que se encuentra muestreado.

Nodo

En el diagnóstico de conformación de redes, un nodo representa un punto geográfico, un suceso o una estación, el cual suele ser representado a través de un círculo (Izar Landeta, 2012) en este caso, representa los medidores de la conexión domiciliaria.

Tubería

Se comprende como un conducto a través del cual se puede efectuar el paso o movimiento de líquidos o gases, en el cual su material de construcción puede variar y con ellos facilitar o complicar el movimiento del fluido (Mendez, 2007).

Medidor

Es un aparato que reporta el volumen real de consumo expresado en m3 de ingreso hacia un domicilio. Este aparato mide el volumen total a través de la velocidad con la que ingresa el fluido o con el volumen que transcurre a través de un determinado tiempo (Manco Silva, Guerrero Erazo, & Ocampo Cruz, 2012).

Válvula

Es un tipo de dispositivo capaz de abrir y cerrar el paso de un fluido dentro de un sistema hidráulico, muchas veces suelen ser automatizados, en donde funcionan únicamente por la variación de presión, y en otras ocasiones, suelen ser dispositivos manuales, es decir, que se activan al ser configurado por la fuerza humana (Creus Solé, 2012).

Presión

Se considera como aquella fuerza que es capaz de ejercer un material sólido, líquido o gaseoso al paso por un conducto en función de su superficie, y esta puede influir en la velocidad de llegada del fluido o la eficiencia de un sistema hidráulico (Rodríguez Ruiz, 2008).

Tanque

Usualmente suele ser una estructura cerrada en forma de un recipiente que puede variar sus figuras geométricas, y estas usualmente son de forma rectangular o cuadrada, dentro de ella se almacena el líquido y en ocasiones, su deficiencia de llenado puede representar daños o fugas dentro de la estructura (Medina S, Contreras G, Roa B, & Vega, 2017).

Planta de tratamiento

Se considera una estructura arquitectónica dentro de la cual se efectúan procesos que actúan sobre el agua que ingresa, a fin de descontaminarla y garantizar su calidad para el consumo humano (Chulluncuy Camacho, 2011).

Red

En hidráulica, se define como red a una estructura de tuberías interconectadas a través de las cuales de transporta agua, y esta puede ser a presión o través de un flujo libre, que actúa en función de la gravedad (Sánchez Herrera, 2019).

Conducción hidráulica

Dentro del campo de la ingeniería, la conducción hidráulica se entiende como aquella estructura que permite la circulación o movimiento de un fluido hasta llegar a su punto final de entrega o abastecimiento (Andrade Ramos, Escobar Cevallos, & Parede Méndez, 2019).

Conducción de flujo libre

Una conducción hidráulica de flujo libre, se comprende cuando el paso de fluidos se ejerce por la gravedad que se presenta en el sistema y no por acción de una presión ejercida a fuerza, y estos a su vez se encuentran envueltos por conductos o estructuras cerradas (Guevara A, s.f).

Red principal

Definido como aquel conjunto que tuberías que establece su conexión directa a partir del tanque del cual se distribuye el flujo de agua. Es la parte principal y básica a partir de la cual se define el diseño y presiones del sistema (Palacios Romero, 2015).

Red secundaria

Parten desde la red principal y son consideradas como redes menores, a partir de la cual se entenderá una sub-conexión hasta llegar a la conexión domiciliaria (Palacios Romero, 2015).

Conexión domiciliaria

Parte desde la red menor abastecida por una red secundaria hasta llegar a un predio catastrado, a partir de ella, se evidenciará si el modelo de distribución fue el apropiado o no (Palacios Romero, 2015).

Ecuación de Hazen – Williams

Considerada como una ecuación empírica que ha dado éxito, toma en cuenta los análisis estadísticos acerca de los diferentes flujos de agua a través de una tubería, y sus respectivas relaciones con las condiciones presentadas en una red de distribución (Flechas Hernández, 2010).

ANEXO 2. Componente de la ecuación de Hazen – Williams utilizada en el sistema de cálculo de EPANET.

La ecuación de Hazen – Williams, se encuentra conformada por:

$$H\text{-}Z = 4{,}727\ C^{-1{,}852} * d^{-4{,}871} * L$$

Donde:

C: Coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams

d: Diámetro de la tubería

L: Longitud de la tubería

ANEXO 3. Establecimiento de coordenadas y cotas de los medidores catastrado dentro del sistema de distribución de agua potable.

Tabla 4.

Ubicación geográfica de los medidores catastrados.

Nodo	Coordenadas		
	x	y	z
1	770679	9849784	3007
2	770766	9849455	3082
3	770453	9849632	3063
4	770542	9849695	3052
5	770789.632	9849557.243	3051.713135
6	770942.08	9849570.81	3049.72
7	770878.15	9849555.05	3049.51
8	770697	9849602	3044
9	770864.16	9849599.21	3040.15
10	770864.164	9849599.208	3040.148193
11	770799.04	9849607.35	3036.98
12	770928.35	9849650.033	3035.27124
13	770483	9849803	3033
14	770792.5	9349638	3032.56
15	770906.652	9849664.327	3031.261963
16	770697	9849677	3031
17	770656	9849721	3031
18	770968	9849723	3030
19	770967.409	9849737.614	3027.78125
20	770953.25	9849720.04	3027.59
21	770953.25	9849720.04	3027.29
22	770479	9849878	3027
23	770972.02	9849892.49	3022.69
24	770899.678	9849704.272	3021.196289
25	770793	9849694	3021
26	770972.151	9849912.849	3018.403564
27	770972.15	9849912.85	3018.4
28	770860.07	9849730.75	3017.14
29	770970.37	9849915.73	3016.74
30	770663	9849754	3016
31	770733	9849749	3015
32	771002.492	9849968.024	3010.800293
33	770803	9849803	3009
34	771017.66	9849991.91	3008.67
35	770742	9849774	3008
36	770824.86	9849943.431	3007.682373
37	770924.86	9849943.43	3007.68

Nodo	Coordenadas		
	x	y	z
38	771263.2	9849688.53	3003.53
39	771019.96	9850066.25	3000.69
40	770977	9850082	3000
41	771025.81	9850122.77	2995.67
42	770955.98	9850103.372	2995.211182
43	770955.98	9850103.37	2995.21
44	770707	9849884	2995
45	770746	9849939	2994
46	770683	9849943	2991
47	770964.3	9850187.11	2988.88
48	770671	9849994	2987
49	771050.074	9850226.632	2984.933105
50	770836.33	9850041.54	2984.93
51	770752.7	9850033.99	2984.64
52	770903.81	9850155.31	2984.22
53	770854.33	9850113.43	2982.72
54	770878.06	9850242.63	2979.83
55	771030.39	9850245.24	2978.46
56	771137.614	9850359.633	2972.17334
57	770738.379	9850076.044	2971.673828
58	770801.109	9850229.094	2970.421143
59	770546.322	9820200.033	2968.440674
60	771184.329	9850420.212	2967.176025
61	770675.558	9851054.749	2823
62	770575.939	9850199.229	2966.231689
63	770819.62	9850365.26	2964.69
64	770753.511	9850287.223	2962.213623
65	770795.16	9850401.69	2961.18
66	770890.65	9850358.55	2958.94
67	770846.7	9850391.79	2957.65
68	770827.79	9850405.41	2957.37
69	770961.96	9850405.83	2957.3
70	770742.726	9850191.538	2956.64502
71	770737.83	9850420.99	2956.52
72	771301.346	9850523.867	2956.23999
73	770779.06	9850448.72	2956.14
74	770748.65	9850438.9	2955.54
75	771277.74	9850523.227	2955.29834
76	770778.95	9850454.25	2955.21
77	770871.21	9850400.61	2954.96
78	770890.7	9850412.43	2953.29
79	770932.92	9850432.3	2948.9
80	770946.85	9850438.37	2948.69

Nodo	Coordenadas		
	x	y	z
81	770712.395	9850368.247	2946.079834
82	771274.565	9850576.997	2944.579102
83	770697.371	9850264.932	2944.144775
84	770656.937	9850249.263	2943.613525
85	771276.361	9850603.115	2941.835938
86	771314.349	9850610.7	2940.74292
87	770949.1	9850468.02	2940.16
88	770867	9850598	2934
89	770846.34	9850581.85	2933.88
90	770771.452	9850634.145	2929.588135
91	770956.12	9850576.65	2927.25
92	770845.36	9850608.52	2926.87
93	770935.65	9850598.58	2922.77
94	770934.78	9850615.84	2922.38
95	771409.989	9850715.261	2919.406982
96	770852.67	9850630.09	2916.82
97	771031.99	9850737.99	2915.96
98	771412.12	9850731.301	2915.564941
99	770959.04	9850720.69	2913.35
100	771060.29	9850749.8	2913.21
101	771307.35	9850737.269	2912.849609
102	771118.17	9850737.12	2911.8
103	771387.326	9850767.059	2911.23584
104	771293.353	9850770.473	2908.325439
105	771061.11	9850791.28	2906.94
106	770999.32	9850799.42	2905.35
107	770678.91	9850732.146	2905.087891
108	771145.3	985080.36	2900.78
109	770712.176	9850816.745	2898.593506
110	770962.85	9850851.45	2891.77
111	770623.426	9850698.127	2891.152344
112	770938.17	9850892.96	2884.68
113	770413.324	9850703.979	2882.906982
114	770765.035	9851010.075	2881.204102
115	770519.258	9850637.605	2880.530273
116	770434.507	9850731.616	2878.548828
117	770558.184	9850704.277	2871.827637

Fuente: La autora

ANEXO 4. Demanda base de cada domicilio establecido en función del consumo de agua de los meses de julio y agosto de 2022.

Tabla 5.

Determinación de la demanda base de cada domicilio en litros por segundo (LPS).

Medidor	Julio	Agosto	Diferencia (m3/mes)	LPS
1	642	646	4	0.002
2	874	894	20	0.008
3	1362	1368	6	0.002
4	360	363	3	0.001
5	703	708	5	0.002
6	3847	3877	30	0.012
7	146	151	5	0.002
8	985	1002	17	0.007
9	852	854	2	0.001
10	1129	1151	22	0.008
11	117	122	5	0.002
12	1818	1825	7	0.003
13	774	801	27	0.010
14	941	979	38	0.015
15	228	235	7	0.003
16	268	275	7	0.003
17	12	18	6	0.002
18	2202	2210	8	0.003
19	1286	1297	11	0.004
20	418	423	5	0.002
21	734	740	6	0.002
22	2274	2285	11	0.004
23	76	78	2	0.001
24	370	378	8	0.003
25	1577	1592	15	0.006
26	573	582	9	0.003
27	236	240	4	0.002
28	4660	4682	22	0.008
29	1618	1621	3	0.001
30	906	912	6	0.002
31	595	602	7	0.003
32	1532	1544	12	0.005
33	3335	3358	23	0.009
34	1858	1877	19	0.007
35	1531	1534	3	0.001
36	3059	3068	9	0.003
37	1743	1768	25	0.010
38	473	485	12	0.005

Medidor	Julio	Agosto	Diferencia (m3/mes)	LPS
39	979	985	6	0.002
40	398	402	4	0.002
41	1328	1337	9	0.003
42	569	578	9	0.003
43	1136	1337	201	0.078
44	2594	2603	9	0.003
45	1727	1734	7	0.003
46	448	450	2	0.001
47	314	319	5	0.002
48	774	781	7	0.003
49	1071	1085	14	0.005
50	1125	1129	4	0.002
51	647	657	10	0.004
52	3209	3219	10	0.004
53	732	798	66	0.025
54	542	563	21	0.008
55	556	565	9	0.003
56	1605	1611	6	0.002
57	351	365	14	0.005
58	1327	1335	8	0.003
59	743	748	5	0.002
60	363	371	8	0.003
61	1720	1729	9	0.003
62	1131	1146	15	0.006
63	882	893	11	0.004
64	2495	2514	19	0.007
65	357	389	32	0.012
66	2545	2558	13	0.005
67	1823	1828	5	0.002
68	2039	2063	24	0.009
69	78	83	5	0.002
70	2110	2122	12	0.005
71	1220	1227	7	0.003
72	490	495	5	0.002
73	580	597	17	0.007
74	1317	1329	12	0.005
75	175	217	42	0.016
76	863	868	5	0.002
77	1305	1335	30	0.012
78	941	961	20	0.008
79	1809	1822	13	0.005
80	2324	2330	6	0.002
81	956	963	7	0.003
82	3855	3868	13	0.005
83	412	420	8	0.003

Medidor	Julio	Agosto	Diferencia (m3/mes)	LPS
84	1871	1880	9	0.003
85	1782	1793	11	0.004
86	1407	1481	74	0.029
87	581	594	13	0.005
88	707	711	4	0.002
89	1108	1111	3	0.001
90	47	53	6	0.002
91	1911	1924	13	0.005
92	3140	3148	8	0.003
93	369	375	6	0.002
94	4091	4118	27	0.010
95	996	1002	6	0.002
96	1493	1508	15	0.006
97	633	637	4	0.002
98	1611	1629	18	0.007
99	1344	1346	2	0.001
100	768	770	2	0.001
101	568	572	4	0.002
102	2933	2947	14	0.005
103	1679	1685	6	0.002
104	190	192	2	0.001
105	1257	1260	3	0.001
106	1416	1422	6	0.002
107	191	200	9	0.003
108	813	819	6	0.002
109	907	927	20	0.008
110	27	35	8	0.003
111	1654	1659	5	0.002
112	2074	2084	10	0.004
113	1290	1295	5	0.002
114	1821	1825	4	0.002
115	619	625	6	0.002
116	505	508	3	0.001
117	1466	1472	6	0.002
Promedio general			13.10	0.005

Fuente: La autora

ANEXO 5. Determinación de conexión de tuberías (pipes), longitud y diámetro.

Tabla 6.

Extensión de tuberías, conexión y diámetro.

Tubería (pipe)	Unión	Diámetro (mm)	Longitud (m)
1	(5-7)	50.8	88.52
2	(6-7)	12.7	66.5
3	(2-5)	76.2	106
4	(7-9)	50.8	48
5	(9-12)	50.8	82.2
6	(9-11)	12.7	62.7
7	(11-14)	12.7	34.6
8	(12-15)	12.7	25.7
9	(15-24)	12.7	41.2
10	(24-28)	12.7	47.4
11	(14-25)	12.7	57.3
12	(12-18)	50.8	84.8
13	(18-19)	50.8	15.7
14	(18-20)	12.7	15.3
15	(6-38)	12.7	341
16	(5-8)	50.8	102
17	(8-16)	50.8	69.3
18	(3-4)	50.8	110
19	(4-13)	12.7	127
20	(13-22)	12.7	74.7
21	(16-17)	50.8	60
22	(17-30)	12.7	33.6
23	(30-1)	12.7	36.4
24	(16-31)	12.7	79.7
25	(31-35)	12.7	27.6
26	(4-17)	50.8	115
27	(28-33)	12.7	92.2
28	(35-44)	12.7	116
29	(44-46)	12.7	66.9
30	(46-48)	12.7	48.2
31	(33-45)	12.7	145
32	(33-36)	12.7	141
33	(48-59)	12.7	238
34	(59-62)	12.7	27.7
35	(19-23)	50.8	115
36	(23-26)	50.8	17.9
37	(26-29)	12.7	4.29

Tubería (pipe)	Unión	Diámetro (mm)	Longitud (m)
38	(29-37)	12.7	54.3
39	(26-32)	50.8	63.2
40	(32-34)	50.8	28.7
41	(34-39)	50.8	76
42	(39-40)	12.7	45.7
43	(40-42)	12.7	30.9
44	(39-41)	12.7	57
45	(41-49)	12.7	99.9
46	(49-55)	12.7	29.9
47	(41-47)	12.7	88.9
48	(37-50)	12.7	132
49	(50-53)	12.7	76
50	(53-58)	12.7	128
51	(42-52)	12.7	74.9
52	(52-54)	12.7	90.4
53	(50-51)	12.7	85.7
54	(51-57)	12.7	44
55	(51-70)	12.7	110
56	(70-81)	12.7	90.1
57	(81-82)	12.7	44.3
58	(58-64)	12.7	72.8
59	(64-79)	12.7	92.2
60	(49-56)	12.7	156
61	(56-60)	12.7	79.6
62	(60-117)	12.7	159
63	(117-73)	12.7	23.6
64	(73-80)	12.7	55.7
65	(80-83)	12.7	26
66	(83-84)	12.7	38.6
67	(84-99)	12.7	125
68	(99-102)	12.7	35.8
69	(84-93)	12.7	145
70	(93-96)	12.7	16.2
71	(96-101)	12.7	45.2
72	(54-63)	12.7	136
73	(63-65)	12.7	42.4
74	(54-66)	12.7	116
75	(66-75)	12.7	39.2
76	(75-76)	12.7	28.6
77	(63-67)	12.7	37.8
78	(67-68)	12.7	22.9
79	(66-69)	12.7	85.4

Tubería (pipe)	Unión	Diámetro (mm)	Longitud (m)
80	(69-77)	12.7	39.8
81	(77-78)	12.7	15
82	(78-85)	12.7	30
83	(85-89)	12.7	106
84	(65-72)	12.7	56.6
85	(72-116)	12.7	19.3
86	(65-71)	12.7	49.6
87	(71-74)	12.7	7.25
88	(74-88)	12.7	177
89	(88-105)	12.7	137
90	(105-107)	12.7	86.4
91	(105-109)	12.7	66
92	(109-113)	12.7	121
93	(109-115)	12.7	66.3
94	(62-111)	12.7	525
95	(111-114)	12.7	35.2
96	(77-87)	12.7	172
97	(87-86)	12.7	26.3
98	(86-90)	12.7	25.2
99	(90-94)	12.7	22.9
100	(89-91)	12.7	30.2
101	(91-92)	12.7	18.2
102	(89-97)	12.7	146
103	(97-108)	12.7	30.4
104	(108-110)	12.7	143
105	(89-95)	12.7	179
106	(95-104)	12.7	70.1
107	(95-98)	12.7	31.2
108	(98-103)	12.7	43.5
109	(98-100)	12.7	59
110	(100-106)	12.7	70.8
111	(110-112)	12.7	209
112	(112-61)	12.7	261
113	(Reservorio - 3)	50.8	62.1
Resultados generales		18.65664	9130.66

Fuente: La autora

ANEXO 6. Muestreo de agua en el primer domicilio que recibe el servicio básico desde la salida de la planta de tratamiento.

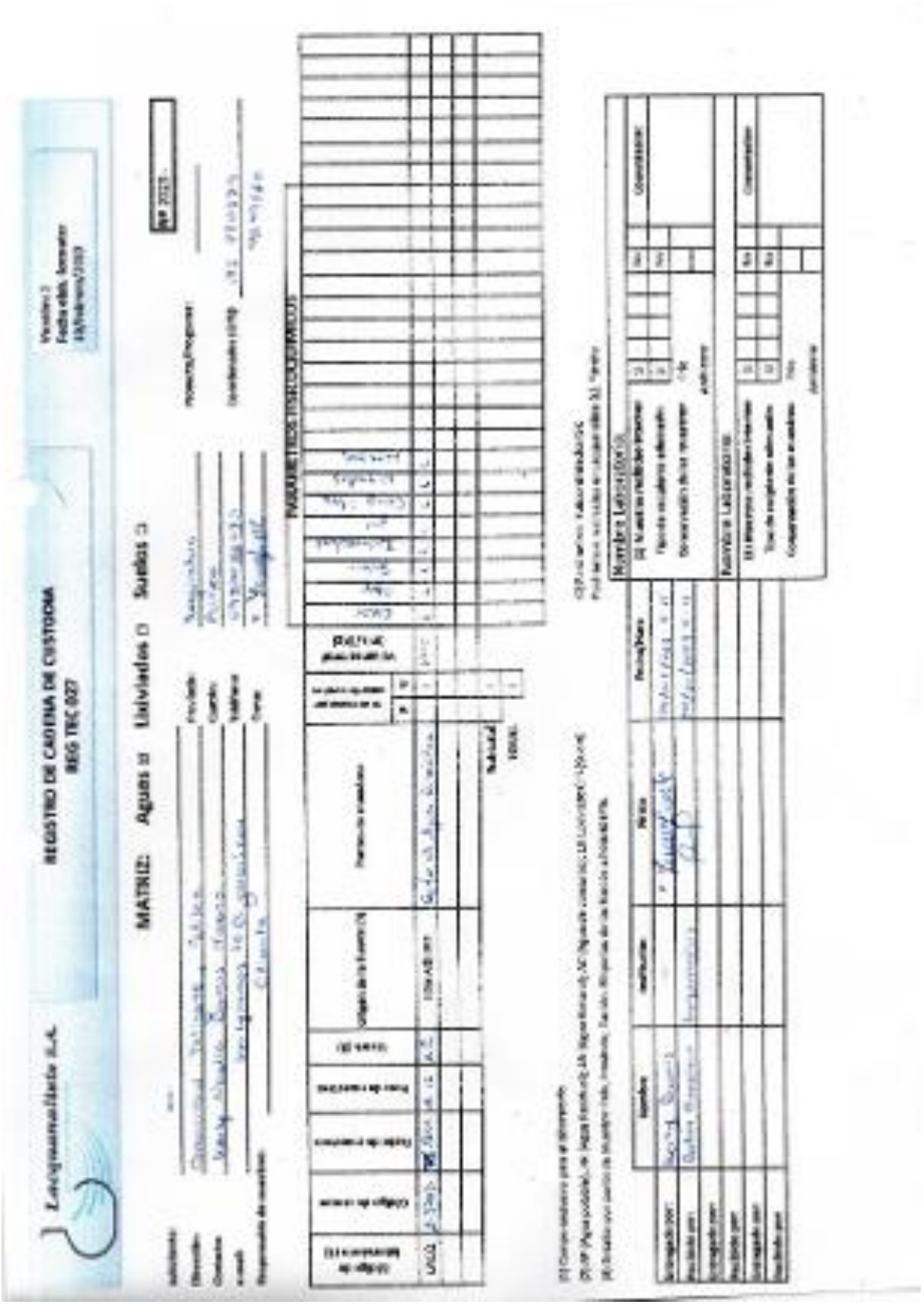
Tabla 7.

Secuencia de toma de muestra de agua de volumen de 1000 mL para análisis físico - químico.

(a)	**(b)**	**(c)**
		

Toma de muestra: Identificación del grifo más cercano a la salida de la planta de tratamiento (a); Toma de muestra de 1000 ml (b); Cerrado de envase en vidrio ámbar para transporte de muestra al laboratorio (c).

ANEXO 7. Cadena de custodia de la muestra de agua tomada en el primer domicilio de la red de distribución de agua potable.



ANEXO 8. Resultados de análisis físico – químico de laboratorio.



INFORME DE RESULTADOS

No. LACQUA 23 - 4056

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO

RESULTADOS ANÁLISIS

Parámetros	Unidad	Resultado	Límite Máximo Permisible*	Método	Incertidumbre
Cloro Libre	mg/l	<0.02	0.3 - 1.5		
Color**	Pt-Co	25.07	15		
Hierro	mg/l	0.31	0.3		
Turbidez	mg/l	<0.01	1.0		
Olor**		No objetable			
pH	Unid	6.68	6.5 - 9.0		
Sabor**		No objetable			
Turbiedad	NTU	1.70	5		

SIMBOLOGÍA

Parámetro acreditado

* Parámetro establecido fuera del alcance

** Fuera del alcance de acreditación

*** Fuera del alcance de acreditación

Notas

1. Los resultados reportados corresponden exclusivamente a las muestras analizadas en el laboratorio.
2. Los resultados reportados corresponden únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.
3. Lacquanálisis S.A. no se responsabiliza por el muestreo realizado por el cliente.
4. Los datos mostrados y proporcionados en la cadena de custodia son responsabilidad del cliente.
5. Lacquanálisis S.A. no se responsabiliza por el uso indebido de los resultados.
6. La entrega de resultados se realizará en el plazo de 10 días laborables.
7. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, por cualquier medio, sin el permiso escrito del laboratorio.

PERSONAL RESPONSABLE:

Analista

Director Técnico

Dirección: Edificio Plaza Ficoa, local 102, Av. Rodrigo Pachano Lucio y Montalvo
Teléfonos: (03) 2428 106 - Móvil: 093 316 0639 - info@lacquanalisis.com
Ambato, Ecuador - Sud América