PROPUESTA DE PREDISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DEL ACUEDUCTO VEREDAL LA TRIBUNA, FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA

JULIETH PAOLA ALVAREZ MEDINA
SAMANTHA BELTRÁN OSORIO

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA
2023

PROPUESTA DE PREDISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DEL ACUEDUCTO VEREDAL LA TRIBUNA, FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA

JULIETH PAOLA ALVAREZ MEDINA
SAMANTHA BELTRÁN OSORIO

Trabajo de grado realizado en el área investigativa
para optar el título de ingeniero civil

Director
DIEGO FERNANDO BEDOYA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENEIRÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA
2023
JULIETH PAOLA ALVAREZ MEDINA
SAMANTHA BELTRÁN OSORIO

PROPUESTA DE PREDISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DEL ACUEDUCTO VEREDAL LA TRIBUNA, FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA

Trabajo de grado realizado en el área investigativa como requisito parcial para obtener el título de ingeniero civil del programa de ingeniería civil de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

APROBADO EL (DÍA MES (LETRA) AÑO)

Nota de aceptación
_____
_____
_____
_____

_____
Presidente del Jurado

_____
Jurado

_____
Jurado

FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA

DEDICATORIA

Le dedico este logro a mi familia y a quienes estuvieron presentes en este proceso de altas y de bajas, que sobre todas las cosas me apoyaron y aportaron en cada una de mis etapas, como se precisa en esta fase importante de mi vida, que a pesar de los buenos y malos días siempre estuvieron dándome el aliento para seguir y crecer como persona y profesional.

Samantha Beltran Osorio

Le dedico este logro a mi familia por el apoyo que me entregaron para cumplir con esta gran etapa de mi vida, especialmente a mis padres y a mis amigos más cercanos que me impulsaron y motivaron para seguir trabajando en esta meta, acompañándome en el proceso y desarrollo de la misma, y visualizarme no solo en el ámbito profesional sino personal.

Julieth Álvarez Medina

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas aquellas personas que estuvieron en esta formación profesional ayudándonos a crecer y mejorar cada día, siendo esa fortaleza para avanzar en este camino, familia, amigos, compañeros y profesores, gracias por dar su granito de arena, dándonos su conocimiento, disciplina y responsabilidad para hacer posible este logro y así mismo para seguir progresando en esta hermosa carrera que escogimos y amamos tanto.

Julieth Álvarez Medina
Samantha Beltran Osorio

CONTENIDO

RESUMEN 9

INTRODUCCIÓN 10

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11

1.1 Definición del problema…….....…11

2. JUSTIFICACIÓN 12

3. OBJETIVOS .....

3.1. OBJETIVO GENERAL .....

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....

4. MARCO REFERENCIAL 13

4.1. ESTADO DEL ARTE.....

4.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL……..…….17

5. MARCO LEGAL……..24

6. DISEÑO METODOLÓGICO……

6. DESARROLLO DEL PROYECTO .....

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....

8. CONCLUSIONES .....

9. RECOMENDACIONES .....

10. REFERENCIAS .....

RESUMEN

Se realizo un proceso de recopilación y revisión bibliográfica, con el objetivo de obtener datos esenciales para los cálculos del prediseño del acueducto veredal La Tribuna, se logró recabar información de gran relevancia, tales como, el caudal del río y número de habitantes para la respectiva proyección poblacional, entre otros aspectos. Es imperativo destacar que se llevó a cabo un diagnóstico del acueducto, con un reconocimiento de sus deficiencias estructurales y de mantenimiento, por medio de fotografías y planos, que sirvieron como soporte para la revisión del dimensionamiento del acueducto actual, con el fin de verificar su cumplimiento con los parámetros mínimos exigidos por la norma, esto, hecho con ayuda de un Excel propio. De esta manera, este procedimiento sentó bases esenciales para evaluar tanto la eficiencia del sistema como la integridad de sus componentes, y, en consecuencia, desarrollar una propuesta de prediseño orientada a su mejora. Además, se procedió a la actualización de planos que abarcaron componentes como el desarenador, la aducción y la bocatoma, además, de emplear el software EPANET para el diseño de la red de distribución, y así, contemplar el prediseño del acueducto sujeto a la normatividad vigente, para cumplir con un óptimo funcionamiento y agua para los habitantes.

PALABRAS CLAVE Mejoramiento, acueducto, normatividad, diagnóstico, prediseño.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable en Colombia, especialmente en las zonas rurales, a menudo se enfrenta a múltiples desafíos debido a la escasez de sistemas de acueducto y la falta de mantenimiento adecuado.
Ante esta problemática, las personas se ven en la necesidad de recurrir a alternativas precarias para abastecerse de agua, como conexiones ilegales o la extracción directa de ríos, lagos o pozos. Sin embargo, estas soluciones no son seguras ni sostenibles a largo plazo.

En este contexto, el diagnóstico del sistema de acueducto en la Vereda La Tribuna es esencial para identificar sus deficiencias y proponer mejoras. El objetivo principal de este trabajo de grado consiste en desarrollar un prediseño basado en un análisis del estado y funcionamiento actual del sistema de acueducto, evaluando sus componentes en busca de oportunidades de mejora.

En consecuencia, esta propuesta tiene como finalidad identificar que la Vereda La Tribuna cuente con un sistema de acueducto que cumpla con los estándares normativos vigentes y, al mismo tiempo, satisfaga de manera efectiva las necesidades de la comunidad. De esta manera, se ofrecerá un acceso seguro y confiable al agua potable, mejorando significativamente la calidad de vida de los habitantes de la zona.

1. ÁREA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

De esta manera, El Campesino (2020) señala que por lo menos 3 millones de los habitantes rurales de Colombia no cuentan con acceso a los servicios básicos de agua potable, lo que equivale al 28% de la población rural colombiana según Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Cabe resaltar que la Organización Mundial de la Salud (OMS) asegura que la salud de las personas que consumen agua cruda, es decir, que no ha sido sometida a proceso de tratamiento, empeora, ya que el ser humano no puede vivir sin agua, estando expuestos a enfermedades por consumirla en condiciones no óptimas.

Por consiguiente, la CAR (corporaciones autónomas regionales de Colombia) menciona que en la Vereda La Tribuna la fuente hídrica se encuentra contaminada por disposición de residuos sólidos y líquidos a causa de las empresas ubicadas cerca a esta zona hídrica y por las comunidades.

Además, de acuerdo al manual de mantenimiento y operación de plantas de tratamiento de agua potable de zonas rurales de Facatativá, de las cuales hace parte la Vereda La Tribuna, se enfoca en determinar las fallas de la planta de tratamiento basadas en sus cuidados y las causas a las que este expuesta la estructura, por lo tanto, Cifuentes y Medina (2021) identificaron que el estado del sistema de acueducto se encuentra en un ambiente no apto para proporcionar agua potable para el consumo humano, encontrando las estructuras en condición media teniendo falencias en el mantenimiento del sistema de tratamiento.
Por lo tanto, no se cumple con la normativa para suplir la necesidad básica como es el agua potable de calidad y cantidad, reflejando la vulnerabilidad a los derechos de una calidad de vida óptima para el ser humano, llevando a las personas en busca de alternativas para abastecerse de este recurso hídrico, optando por conexiones ilegales o directamente del río, lagos o pozos.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El agua potable es esencial para la calidad de vida del ser humano, debido a que es una necesidad básica y evita problemas de salud con el debido tratamiento por parte del Sistema de Acueducto, por ende, el tener un buen mantenimiento y funcionamiento de este sistema es de vital importancia para las comunidades residentes en las zonas tanto rural como urbana que la usan para su consumo diario, impidiendo que se abastezcan de una fuente hídrica en pésimas condiciones incumpliendo con los requerimientos que establecen las normas.

Por ende, mejorar las condiciones en las que vive la población es esencial para brindar calidad de vida, de esta manera, proporcionar el prediseño para el mejoramiento del Sistema de Acueducto de La Tribuna con el fin de solventar las fallas presentes para llegar a obtener el óptimo funcionamiento del tratamiento de aguas, y así, disminuir su contaminación y proporcionar un recurso hídrico de calidad sin perjudicar el estado de salud de las personas que tienen acceso a esta fuente, teniendo en cuenta el buen uso y aprovechamiento del agua que se encuentra cada vez más escaza.

Además, la rama hidrotecnia y saneamiento básico hace parte del perfil profesional del ingeniero Uniagrarista que permite aplicar solución a partir de las competencias para analizar, proponer e implementar dicho mejoramiento al Acueducto de la Tribuna siendo una necesidad de una zona rural, para así, promover la calidad de vida para un desarrollo humano sostenible y sustentable.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar propuesta de prediseño para el mejoramiento del Sistema de Acueducto para la Vereda La Tribuna en el Municipio de Facatativá

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar el estado y funcionamiento actual del Sistema de Acueducto de la vereda La Tribuna
2. Proponer prediseño para el mejoramiento del Sistema de Acueducto veredal
3. Evaluar el prediseño propuesto con el fin de su cumplimiento con la normativa para un Acueducto veredal en óptimas condiciones

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 ESTADO DEL ARTE

Para guiarnos, tomamos en consideración información relevante relacionada con el desarrollo y mantenimiento de acueductos en áreas rurales. Nuestro objetivo es evaluar el estado de la infraestructura con el fin de garantizar el suministro de agua potable de manera eficiente proporcionando un prediseño que cumpla con las normativas necesarias para lograr un funcionamiento óptimo.

El primer caso contempla la evaluación y propuesta para el mejoramiento del sistema de potabilización en el acueducto rural de la vereda de La Tribuna en el que se valoró la eficiencia del proceso de potabilización y el cumplimiento de la normatividad vigente. Se considera el análisis de cada una de las operaciones unitarias mediante la realización de un diagnóstico de procesos fisicoquímicos, y operacionales. De esta manera, se resalta la importancia de llevar un registro adecuado y ejecutar los métodos de dosificación correspondientes para los procesos de coagulación, floculación y desinfección que no presentan respaldo teórico por parte del operador. Además, cabe resaltar la ausencia de una estructura organizacional debido a la falta de procesos tanto operacionales como administrativos lo cual perjudica las actividades que se llevan a cabo. También se debe destacar la carencia de herramientas por parte del mismo para realizar los seguimientos correspondientes y así mismo la falta de conocimiento teórico sobre los procesos que se llevan a cabo. (Orozco Cerón & BERNAL, 2015)

La siguiente propuesta consiste en el diseño de un acueducto en la vereda Moniquirá, ubicada en Sogamoso, Boyacá. El objetivo principal es brindar una alternativa que garantice el suministro de agua potable mediante la creación de una red de acueducto óptima. Para lograrlo, se lleva a cabo un análisis exhaustivo de las características demográficas, climatológicas, entre otros factores, con el propósito de evaluar las

necesidades y condiciones de la zona para efectuar las estructuras que componen el acueducto como la captación, desarenador y una planta de tratamiento que pueda brindar una mejor calidad de vida para los habitantes.
Actualmente las viviendas captan el recurso hídrico de forma artesanal por medio de mangueras, pozos profundos y ocasionalmente aprovechando la escorrentía superficial causada por las precipitaciones, por consiguiente. Después de realizar los estudios y cálculos se desarrolla el sistema de abastecimiento de agua potable para la vereda Moniquirá en donde se podría dar solución a la problemática. (GRANADOS SEGUA & LOPEZ FERNANDEZ, 2018)

El presente antecedente se realiza en las zonas rurales en el Municipio de Facatativá creando un manual de mantenimiento y operación de plantas de tratamiento de agua potable con el fin de optimizar la calidad de agua suministrada a la población rural, por ende, se identifican las condiciones de cada una de las Ptap´s, dado que son estructuras han sido descuidadas y desprovistas de equipos de laboratorio, capacitaciones a sus operarios, mediciones de calidad de agua, entre otros aspectos.
Por consiguiente, se indican las fallas por falta de captación del personal responsable de la operación del acueducto y la falta de vigilancia y control por parte de la alcaldía de Facatativá resaltando la falla de capacitaciones adecuada para su dosificación, operación y mantenimiento, viéndose reflejado en el IRCA (Índice de Riesgo de Calidad de Agua).
De esta manera, el objetivo de proporcionar una cartilla en forma de manual se centra en proporcionar una guía para llevar a cabo el mantenimiento apropiado de las estructuras de la planta, la dosificación correcta del agua referente a los químicos a utilizar, el conocimiento de la captación, entre otras. (Cifuentes & Medina, 2021)

Prosigue el trabajo de grado enfocado a realizar una propuesta de diseño para el acueducto de la Vereda Corregidor de Chíquiza, Boyacá, en la cual se basan en brindar un suministro de agua potable con el fin de suplir las necesidades básicas, en la que se analiza la situación de la captación y distribución del agua en la vereda a través de la investigación y visita de campo, en la que se conoció el estado del método de captación y el contexto de los

habitantes de la zona, posteriormente a este ejercicio se procedió con el diseño del acueducto y con su respectiva esquematización, de esta manera, el objetivo de este documento es presentar el diseño de un acueducto que garantice el suministro de agua potable para los habitantes de la vereda. (RIVERA CARDENAS y DAZA URIBE s. f.)

El desarrollo de este documento se centra en hacer una propuesta de mejoramiento en el acueducto de la Vereda San Isidro del municipio de Guarne, enfocándose en realizar una valoración para identificar oportunidades de mejora en la parte técnica, a partir de esto se encontró como hallazgo en una de las dos plantas compactas que administra el acueducto que su tren de tratamiento no es el adecuado ya que el ensamble esta incorrecto, así mismo las variables físico-químicas, turbiedad, color y color residual libre no cumplen con los valores fijados en la Resolución 2115 de 2007, por lo tanto, se lleva a cabo un manual como insumo documental donde se plasma las actividades de operación y mantenimiento, así mismo se caracterizan los sistemas de tratamiento de agua potable de los acueductos rurales para contribuir con el mejor funcionamiento de las plantas potabilizadoras. (Urrea 2020)

El siguiente trabajo de grado se desarrolló con el fin de plantear una propuesta de acueducto rural para la vereda Peña Blanca en el Municipio de Puente Nacional en el Departamento de Santander, teniendo como propósito colaborar con la vereda para diseñar un acueducto rural resolviendo la pregunta de ¿Cómo mejorar las condiciones de captación y distribución del agua?, de esta manera, se centra en describir las condiciones del sistema de captación y distribución del agua en la vereda para así establecer el periodo de diseño y proseguir con la realización del sistema de acueducto. Por lo tanto, se obtiene la eliminación de forma completa de la captación y distribución del líquido por medio de mangueras, garantizando que el nuevo sistema supla las necesidades de la población permitiendo que la comunidad cuente con suministro del recurso hídrico de forma constante y previniendo cualquier tipo de corte por fallas generadas en el sistema. (Ramírez, 2015)

Según Ginna Lorena Bohórquez Clavijo en su trabajo de grado “La calidad de agua en Facatativá, Cundinamarca y su relación con la transmisión de enfermedad diarreica aguda”

realizó un análisis del nivel de riesgo según el porcentaje de IRCA orientada al agua de consumo, se obtuvo un porcentaje menor a 5% el cual indica una fuente de agua segura según los parámetros de la resolución 2112 de 2015. No obstante, a pesar de la evolución en cuanto a la calidad del agua de consumo, existen zonas que no tienen abastecimiento del acueducto, por lo tanto, sus habitantes se exponen a agentes microbiológicos. (Bohórquez Clavijo, G. 2021).

Adicionalmente, Ginna Bohórquez en su trabajo de grado, comparó el porcentaje en el conglomerado de Cundinamarca, presentó riesgo bajo, sin embargo, el análisis enfocado a los casos de EDA (Enfermedad diarreica aguda) reportados por el INS del 2015 al 2018, se encontró relación, por sus altos índices de Coliformes fecales en aguas de tratamiento cuando la población no tiene acceso al agua potable. (Bohórquez Clavijo, G. 2021).

De esta manera, se consideró la importancia de evaluar la calidad del agua que se proporciona a los habitantes de La Tribuna y poder analizar su eficacia.

2.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Se manejan criterios orientados a los componentes estructurales que tiene un acueducto veredal llevando de la mano la condición en la que se encuentra el agua para realizar el respectivo prediseño con el fin de mejorar la calidad de agua y así mismo la calidad de vida de los habitantes de la vereda de la Tribuna, de esta manera, se busca garantizar un óptimo funcionamiento del sistema cumpliendo con las normas legales vigentes.

2.2.1 El acueducto veredal es una solución para brindar un servicio de agua potable a las comunidades de áreas rurales que no cuentan con la posibilidad de tener un sistema de acueducto convencional como el que se da en las ciudades o cascos urbanos. (NARVAEZ GIRALDO, 2013)

2.2.2 Fuentes de abastecimiento de agua. La fuente de abastecimiento de agua es el lugar donde se obtiene el agua de una manera natural, la cual se va a distribuir a las viviendas, pueden ser ríos, lagos, quebradas, pozos etc. El agua de los ríos en algunas ocasiones es coloreada, turbia y están expuestas a la contaminación porque en algunos casos reciben las descargas de las aguas residuales. En el caso de las quebradas el agua procedente de estas es limpias y puras, cuando se toma directamente desde su estado natural es un agua apta para el consumo humano, sin embargo, el agua de la quebrada está expuesta a la contaminación por acción eventual, lo que hace que no sea del todo apta para la población y sea necesario la instalación de plantas de potabilización. (Ramírez, 2015)

2.2.3 Ensayos de laboratorio para determinar la calidad del agua de la fuente. Para determinar la calidad del agua es necesario realizar ensayos que den conocimiento de la potabilidad de la fuente, estos análisis comprenden el estudio de resultados físico, químicos y microbiológicos, estos procedimientos se realizan en un laboratorio especial, en donde se mide la cantidad de microrganismos presentes en el agua; algunos de los ensayos pueden ser tomados en el mismo lugar de recolección de las muestras entre estos están la determinación de turbiedad, pH, color aparente, cloro residual libre entro otros, la determinación de otros microorganismos se realizan especialmente en el laboratorio, debido a ser procedimiento especiales (Colombia & Ministerio de Ambiente, 2010).

Previo al diseño hidráulico se lleva a cabo el cálculo de la población futura y caudal para el prediseño.

ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN

Al realizar la investigación se encontró que la información de la zona es escaza, sin embargo, para la obtención del número de habitantes se basó en la monografía de Cifuentes y medina (2021), teniendo un resultado de 1250, además, por información obtenida del proyecto de Orozco y Bernal (2016), se tomó la población de 900 habitantes para ese año.

A partir de la población obtenida, esta indica que el nivel de complejidad es bajo según los parámetros de la siguiente tabla:

Tabla 1. Niveles de complejidad de un acueducto en función de la población

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	<2500	Baja
Medio	2051 a 12500	Baja
Medio alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

Nota: Recuperado de "Resolución 0330 de 2017".

PERIODO DE DISEÑO

Según la Resolución 0330 de 2017 el periodo de diseño es de 25 años, siendo para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo.

Entonces, se procede a calcular la población para el prediseño por los siguientes métodos:

PORYECCIÓN DE LA POBLACIÓN POR MÉTODOS

Método aritmético

$$Pf = Puc + \left(\frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci}\right) * (Tf - Tuc)$$

Pf = Población futura

Puc = Población último censo

Pci = Población censo inicial

Tuc = Año último censo

Tci = Año censo inicial

Tf = Período de diseño en años

Método geométrico

$$Pf = Puc * (1 + r)^{Tf - Tuc}$$

Pf = Población futura

Puc = Población último censo

Tuc = Año de último censo

Tf = año de proyección

r = Tasa de crecimiento

Método exponencial

$$Pf = Pci + (e)^{k*(Tf-Tci)}$$

Pf = Población futura

e = Euler

k = Tasa de crecimiento

Tf = Año de proyección

Tci = Población censo inicial

DOTACIÓN NETA MÁXIMA. Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto, por lo tanto, se tiene:

Tabla 2. Dotación neta máxima por habitante según altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.

Altura promedio sobre el nivel del mar	Dotación neta máxima (L/hab*día)
>2000 m.s.n.m	120
1000-2000 m.s.n.m	130
<1000 m.s.n.m	140

Nota: Recuperado de "Resolución 0330 de 2017".

Se tiene una altura de 2600 m.s.n.m, por ende, la dotación neta máxima será de 120 L/hab*día.

DEMANDA TOTAL: Está se obtiene a partir de la sumatoria de las tres demandas, residencial, institucional y viviendas dispersas como se muestra a continuación:

$$Q = Q_{residencial} + Q_{institucional} + Q_{viviendas\ dispersas}$$

Demanda residencial

$$D_r = \frac{D_n * P_f}{86400}$$

Dn = dotación neta

Pf = Población futura

La dotación neta que se necesita para hallar la demanda residencial se obtiene de la tabla 2. Dotación neta máxima por habitante según altura sobre el nivel del mar de la zona atendida. Fuente Res. 0330 de 2017, que se mostro anteriormente.

Demanda Institucional y comercial

$$D_r = \frac{D_n * n}{86400}$$

Dn = dotación neta

n = cantidad de usuarios

para la dotación neta de la demanda Institucional y comercial se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 3. Consumos típicos de los sectores comercial e institucional.

Usos		Consumo (L/d)
Hoteles (por habitación)		200 - 300
Escuelas:	< 20 alumnos	50
	> 20 alumnos	80
Industrias (por persona empleada)		80
Lecherías (por habitante)		0,8
Fábricas de bebidas (por habitante)		0,2
Fábricas de hielo (por habitante)		1,0
Curtiembre (por habitante)		0,5
Depósitos de materiales		100
Farmacias o graneros hasta 50 m^2		500
	hasta 100 m^2	1.000
	hasta 200 m^2	1.600
	≥ 200 m^2 (por m^2)	8
Fuentes de soda y heladerías hasta 20 m^2		1.000
	hasta 50 m^2	2.000
	> 50 m^2	3.000
Restaurantes hasta 50 m^2		40
	>50 m^2	90
Oficina (por empleado y por 10 m^2)		80
Hospitales (por cama)		400
Mataderos (por cabeza sacrificada)		300 - 500
Riego de parques (por habitante)		9
Lavado de calles (por m^2)		1,5
Lavado del alcantarillado (por habitante)		3

Nota: Recuperado de “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”, de Lopez, C. 2003. Consumo neto. 4. p33.

DEMANDA BRUTA

$$Q_{md} = \frac{Q}{1 - \%pérdidas}$$

Q_{md} = caudal medio diario

Q = demanda total

%pérdidas = 25%

CAUDAL MAXIMO DIARIO

$$Q_{MD} = Q_{md} * k1$$

Para hallar este caudal se debe tener en cuenta los factores de mayoración K1 y K2 y se calculan teniendo en cuenta las siguientes condiciones dadas por la Resolucion 0330, (2017):

Tabla 4. Coeficiente de consumo diario K1

POBLACIÓN	FACTOR DE MAYORACIÓN k1
≤ 12500 HAB.	1.3
> 12500 HAB.	1.2

Recuperado de "Resolución 0330 de 2017".

CAUDAL MAXIMO HORARIO

$$Q_{MH} = Q_{MD} * k2$$

El caudal máximo horario tiene en cuenta el factor K2 debido a la condición presentada en la siguiente tabla:

Tabla 5. Coeficiente de consumo horario k2.

POBLACIÓN	FACTOR DE MAYORACIÓN k2
≤ 12500 HAB.	1.6
> 12500 HAB.	1.5

Recuperado de "Resolución 0330 de 2017".

2.2.4 La Captación (Ramirez, 2015). La captación está conformada por estructuras que permiten la obtención del agua desde la fuente natural (ríos, quebradas, lagos etc.). Dependiendo de la fuente de abastecimiento se derivan los tipos de captación como:

- Ríos o quebradas: para este tipo de fuente se implementan:
  - Bocatomas de fondo o bocatoma sumergida para ríos pequeños.
  - Bocatoma lateral para ríos o quebradas con un régimen estable.
  - Bocatoma flotante para ríos de flujo variable o quebradas de régimen estable.
  - Torres de forma para ríos con caudales de gran anchura.
- Lagos, mares y embalses: se tiene en cuenta:
  - Torre de fondo por tubería.
  - Bocatoma flotante.

- Toma mediante sifón para embalses con terraplenes laterales.

Las bocatomas dentro del sistema de acueductos permiten captar el agua desde una fuente superficial y conducirla hasta el sistema de acueducto. Todos los tipos de bocatomas deben estar protegidas con las rejillas, con el objeto de limitar el material flotante, el cual puede limitar la toma de agua requerida, el elemento base para el diseño de la bocatoma es la rejilla de captación, la cual debe ser adoptada con barras paralelas teniendo en cuenta la dirección del flujo.

Los elementos que conforman el diseño de la rejilla para la bocatoma son los siguientes:

- Caudal correspondiente al nivel de aguas mínimas en el rio.
- Caudal requerido por la población.
- Nivel máximo alcanzado por el rio durante las crecientes.

El largo y ancho de la rejilla depende del ancho que tenga la canaleta de aducción, sin embargo, se contemplan parámetros de diseño de: Ancho mayor a 0.40 m. y la longitud de la rejilla de L mayor o igual a 0.70m. (Colombia SAS, F. Y. N. 2021, 30 julio).

Diseño de la Bocatoma de fondo

Diseño de la presa

Según (Lopez, 2003), la presa y la garganta se diseñan como un vertedero rectangular con doble contracción teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$Q = 1,84LH^{1,5}$$

Con el fin de determinar el valor de la lámina de agua para condiciones de diseño (caudal máximo diario) y para las condiciones máximas y minimas del rio, se despeja H de la ecuación anterior:

$$H = \left(\frac{Q}{1.84L}\right)^{\frac{2}{3}}$$

A causa de la existencia de las contracciones laterales, se debe hacer la corrección de la longitud de vertimiento con la siguiente ecuación:

$$L' = L - 0.1nH$$

Donde n es el numero de contracciones laterales. La velocidad del agua al pasar sobre la rejilla se calcula de la siguiente manera:

$$V_r = \frac{Q}{L'H}$$

Teniendo en cuenta que debe estar entre 0.3 y 3.0 m/s.

Diseño de la rejilla y del canal de aducción

$$X_s = 0.36V_r^{\frac{2}{3}} + 0.60H^{\frac{4}{7}}$$

$$X_i = 0.18V_r^{\frac{4}{7}} + 0.74H^{\frac{3}{4}}$$

$$B = X_s + 0.10$$

En donde: X_s =alcance filo superior (m)

X_i = alcance filo inferior (m)

V_r = velocidad del río (m/s)

H = profundidad de lámina de agua sobre la presa (m)

B = ancho del canal de aducción (m)

Rejilla

Para esta estructura se tuvo en cuenta barras de ½" (0.0127m), separación entre barras de 0.05m y velocidad entre barras de 0.15m/s, teniendo en cuenta que esta velocidad no debe superar 0.2m/s.

De esta manera, se calcula el área neta de la siguiente manera:

$$A_n = \frac{Q_{diseño}}{0.9a}$$

Siendo a la separación entre barras (0.05m) y 0.9 corresponde a la constante K para flujo paralelo a la sección.

Para el calculo de la longitud de la rejilla se tuvo en cuenta la siguiente ecuación:

$$L_r = \frac{A_n(a+d_{barras})}{aB}$$

Área neta entre barras:

$$A_{nb} = BL_r$$

Por consiguiente, se haya la cantidad de barras que debe llevar la rejilla:

$$\#de\ barras = \frac{A_{nb}}{aB}$$

Niveles en el canal de aducción

$$h_o = \left[2h_e^{\,2} + \left(h_e - \frac{iL_c}{3}\right)^2\right]^{1/2} - \frac{2}{3}iL_c$$

Para que la entrega a la cámara de recolección se haga en descarga libre, se debe cumplir, que:

$$h_e = h_c$$

$$h_c = \left(\frac{Q^2}{gB^2}\right)^{2/3}$$

En donde: h_o = profundidad aguas arriba (m)

h_e = profundidad aguas abajo (m)

h_c = profundidad critica (m)

i = pendiente del fondo del canal

g = aceleración de la gravedad (9.81m/s^2)

L_c = longitud del canal (m) (Longitud de la rejilla más espesor del muro (0.3m))

Para el dimensionamiento de la cámara de recolección se debe tener en cuenta una velocidad V_e entre 0.3 m/s y 3.0 m/s.

Diseño de la cámara de recolección

Se aplican las ecuaciones de alcance de un chorro de agua:

$$X_s = 0.36V_e^{\frac{2}{3}} + 0.60h_e^{\frac{4}{7}}$$

$$X_i = 0.18V_e^{\frac{4}{7}} + 0.74h_e^{\frac{3}{4}}$$

$$L = X_s + 0.30$$

Desagüe del caudal de excesos

Se diseña ya que sobre la rejilla pasara un caudal mayor que el caudal de diseño, por lo tanto, se tiene:

$$Q_{captado} = C_d A_{neta}\sqrt{2gH}$$

En donde: $Q_{captado}$ = caudal a través de la rejilla (m^3/s)

C_d = coeficiente de descarga (0.3)

A_{neta} = área neta de la rejilla (m^2)

H = altura de la lamina de agua sobre la rejilla (m)

El caudal de excesos será la diferencia entre el caudal captado a través de la rejilla y el caudal de diseño.

2.2.5 Línea de conducción. Son básicamente los conductos, tuberías o canales que se encargan por medio de presión, a transportar el agua en cada punto del acueducto, desde su captación (inicio) hasta la zona de distribución (final). En esta parte se suelen instalar cámaras rompe presión, cuando hay sitios con mucha pendiente, evitando de esta forma daños a la estructura y tuberías. Cocupo, E., & Cocupo, E. (2021).

Para el diseño de la conducción se tiene en cuenta las cotas de la bocatoma y desarenador con la respectiva longitud, de esta manera, se haya la pendiente de la línea de energía (S):

$$S = \frac{C_1 - C^2}{L}$$

Por consiguiente, se lleva a cabo el cálculo del diámetro de la tubería teniendo en cuenta el coeficiente de rugosidad de Manning de 0.009, además, del caudal diseño:

$$D = 1.548\left(\frac{nQ}{S^{1/2}}\right)^{3/8}$$

Luego de obtener el diámetro se toma el diámetro comercial superior para hallar el caudal a tubo lleno con la siguiente ecuación:

$$Q_0 = 0.312\left(\frac{D^{8/3}S^{1/2}}{n}\right)$$

Se procede a obtener la relación $\frac{Q}{Q_o}$(caudal diseño sobre caudal a tubo lleno), con el fin de encontrar las relaciones hidráulicas $\frac{V}{V_o}$, $\frac{R}{R_o}$, $\frac{H}{D}$, $\frac{d}{D}$, siendo V la velocidad real en la tubería, R el radio hidráulico para la sección de flujo, H la profundidad hidráulica en la tubería y d la lamina de agua en esta, además, a tener en cuenta los parámetros mínimos de diámetro mínimo de 6”, velocidad entre 0.5 y 6.0 m/s según resolución 0330 de 2017.

Estas relaciones son obtenidas de la siguiente tabla:

Tabla 6. Relaciones hidráulicas para conductos circulares.

Relaciones hidráulicas para conductos circulares (n_o/n variable)

Q/Q$_o$	Rel.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	V/V$_o$	0,000	0,292	0,362	0,400	0,427	0,453	0,473	0,492	0,505	0,520
	d/D	0,000	0,092	0,124	0,148	0,165	0,182	0,196	0,210	0,220	0,232
	R/R$_o$	0,000	0,239	0,315	0,370	0,410	0,449	0,481	0,510	0,530	0,554
	H/D	0,000	0,041	0,067	0,086	0,102	0,116	0,128	0,140	0,151	0,161
0,1	V/V$_o$	0,540	0,553	0,570	0,580	0,590	0,600	0,613	0,624	0,634	0,645
	d/D	0,248	0,258	0,270	0,280	0,289	0,298	0,308	0,315	0,323	0,334
	R/R$_o$	0,586	0,606	0,630	0,650	0,668	0,686	0,704	0,716	0,729	0,748
	H/D	0,170	0,179	0,188	0,197	0,205	0,213	0,221	0,229	0,236	0,244
0,2	V/V$_o$	0,656	0,664	0,672	0,680	0,687	0,695	0,700	0,706	0,713	0,720
	d/D	0,346	0,353	0,362	0,370	0,379	0,386	0,393	0,400	0,409	0,417
	R/R$_o$	0,768	0,780	0,795	0,809	0,824	0,836	0,848	0,860	0,874	0,886
	H/D	0,251	0,258	0,266	0,273	0,280	0,287	0,294	0,300	0,307	0,314
0,3	V/V$_o$	0,729	0,732	0,740	0,750	0,755	0,760	0,768	0,776	0,781	0,787
	d/D	0,424	0,431	0,439	0,447	0,452	0,460	0,468	0,476	0,482	0,488
	R/R$_o$	0,896	0,907	0,919	0,931	0,938	0,950	0,962	0,974	0,983	0,992
	H/D	0,321	0,328	0,334	0,341	0,348	0,354	0,361	0,368	0,374	0,381
0,4	V/V$_o$	0,796	0,802	0,806	0,810	0,816	0,822	0,830	0,834	0,840	0,845
	d/D	0,498	0,504	0,510	0,516	0,523	0,530	0,536	0,542	0,550	0,557
	R/R$_o$	1,007	1,014	1,021	1,028	1,035	1,043	1,050	1,056	1,065	1,073
	H/D	0,388	0,395	0,402	0,408	0,415	0,422	0,429	0,436	0,443	0,450
0,5	V/V$_o$	0,850	0,855	0,860	0,865	0,870	0,875	0,880	0,885	0,890	0,895
	d/D	0,563	0,570	0,576	0,582	0,588	0,594	0,601	0,608	0,615	0,620
	R/R$_o$	1,079	1,087	1,094	1,100	1,107	1,113	1,121	1,125	1,129	1,132
	H/D	0,458	0,465	0,472	0,479	0,487	0,494	0,502	0,510	0,518	0,526
0,6	V/V$_o$	0,900	0,903	0,908	0,913	0,918	0,922	0,927	0,931	0,936	0,941
	d/D	0,626	0,632	0,639	0,645	0,651	0,658	0,666	0,672	0,678	0,686
	R/R$_o$	0,136	1,139	1,143	1,147	1,151	1,155	1,160	1,163	1,167	1,172
	H/D	0,534	0,542	0,550	0,559	0,568	0,576	0,585	0,595	0,604	0,614
0,7	V/V$_o$	0,945	0,951	0,955	0,958	0,961	0,965	0,969	0,972	0,975	0,980
	d/D	0,692	0,699	0,705	0,710	0,719	0,724	0,732	0,738	0,743	0,750
	R/R$_o$	1,175	1,179	1,182	1,184	1,188	1,190	1,193	1,195	1,197	1,200
	H/D	0,623	0,633	0,644	0,654	0,665	0,677	0,688	0,700	0,713	0,725
0,8	V/V$_o$	0,984	0,987	0,990	0,993	0,997	1,001	1,005	1,007	1,011	1,015
	d/D	0,756	0,763	0,770	0,778	0,785	0,791	0,798	0,804	0,813	0,820
	R/R$_o$	1,202	1,205	1,208	1,211	1,214	1,216	1,219	1,219	1,215	1,214
	H/D	0,739	0,753	0,767	0,783	0,798	0,815	0,833	0,852	0,871	0,892
0,9	V/V$_o$	1,018	1,021	1,024	1,027	1,030	1,033	1,036	1,038	1,039	1,040
	d/D	0,826	0,835	0,843	0,852	0,860	0,868	0,876	0,884	0,892	0,900
	R/R$_o$	1,212	1,210	1,207	1,204	1,202	1,200	1,197	1,195	1,192	1,190
	H/D	0,915	0,940	0,966	0,995	1,027	1,063	1,103	1,149	1,202	1,265
1,0	V/V$_o$	1,041	1,042	1,042							
	d/D	0,914	0,920	0,931							
	R/R$_o$	1,172	1,164	1,150							
	H/D	1,344	1,445	1,584							

siendo: Q = caudal de diseño; V = velocidad de diseño; d = lámina de agua; R = radio hidráulico al caudal de diseño; Q$_o$ = caudal a tubo lleno; V$_o$ = velocidad a tubo lleno; D = diámetro de la tubería

Nota: Nota: Recuperado de “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”, de Lopez, C. 2003. Consumo neto. 8.p90.

2.2.6 Desarenadores. Es la primera estructura en el proceso de tratamiento del agua, es una estructura hidráulica que tiene como función de remover las partículas de cierto tamaño que la captación de una fuente superficial permite pasar Es una estructura diseñada para retener la arena que traen las aguas

La profundidad efectiva para el almacenamiento de arena en el desarenador debe estar comprendida entre 0.75 m y 1.50 m. La altura máxima, para efectos del almacenamiento de la arena, puede ser hasta el 100 % de la profundidad efectiva.

Tipos de desarenadores: los principales tipos de desarenador son los siguientes:

- Convencional: Es de flujo horizontal, el más utilizado en nuestro medio. Las partículas se sedimentan al reducirse la velocidad con que son transportadas por el agua. Son generalmente de forma rectangular y alargada, dependiendo en gran parte de la disponibilidad de espacio y de las características geográficas. La parte esencial de estos es el volumen útil donde ocurre la sedimentación.
- Desarenadores de flujo vertical: El flujo se efectúa desde la parte inferior hacia arriba. Las partículas se sedimentan mientras el agua sube. Pueden ser de formas diferentes: circulares, cuadrados o rectangulares. Se construyen cuando se tiene poco espacio para su construcción. Su costo generalmente es elevado. Son utilizados en las plantas de tratamiento de aguas residuales
- Desarenadores de alta tasa: Consisten básicamente en un conjunto de tubos circulares, cuadrados o hexagonales o simplemente láminas planas paralelas, que se disponen con un ángulo de inclinación con el fin de que el agua ascienda con flujo laminar. Este tipo de desarenador permite cargas superficiales mayores que las generalmente usadas para desarenadores convencionales y por tanto éste es más funcional, ocupa menos espacio, es más económico y más eficiente.

Es común que el agua venga con partículas de arena y otros sedimentos. La presencia de estos materiales puede causar el daño o avería de algunos equipos del sistema.
Por esta razón, se diseñan equipos desarenadores. Al reducir la velocidad del agua, estos equipos logran sedimentar las partículas de arenisca y arena que la contaminan.
Para el diseño del desarenador se tiene en cuenta según resolución 0330 de 2017, el caudal diseño, la densidad del agua de 998.08kg/m^3, densidad de partícula critica de 2.65g/cm^3, la temperatura del lugar con su respectiva viscosidad dinámica, el diámetro mínimo de la partícula de 0.1mm y gravedad de 9.81m/s.

Por consiguiente, se lleva a cabo el cálculo de la velocidad de sedimentación teniendo en cuenta la condición del número de Reynolds (#reynolds<0.5 stokes; allen), por lo tanto, las velocidades por la ecuación de Stokes y allen se calculan de la siguiente manera:

- Velocidad de sedimentación por la ecuación de Stokes

$$V_s = \frac{g(\rho_p - \rho_w)d^2}{18\mu}$$

- Velocidad de sedimentación por la ecuación de Allen

$$V_s = \sqrt{\left(\frac{\rho_p}{\rho_w} - 1\right)\frac{d}{cd}}$$

Para esta ecuación se debe tener en cuenta un coeficiente de decarga calculándolo asi:

$$Cd = \left(\frac{24}{\#Reynolds} + \frac{3}{\sqrt{\#Reynolds}}\right) + 0.34$$

Se prosigue a hallar el área superficial y asi mismo el ancho y la longitud del desarenador teniendo en cuenta la relación L/B entre 3/1 y 5/1.

$$A_s = \frac{Q}{V_s}(F_s)$$

Se toma como factor de seguridad de 1.7.

Ancho del desarenador

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{3}}$$

Para la longitud del desarenador se tiene en cuenta la relación 3:1, es decir que L=3B.

Luego se calcula los siguientes datos:

- Velocidad critica de la partícula $V_o = \frac{Q}{A_s}$
- Tiempo en que tarda una particula en sedimentar $t = \frac{H}{V_s}$
- Tiempo de retención $\theta = \frac{V_s t}{V_o}$, (se debe tener en cuenta que $\theta > 20min$)
- Velocidad horizontal $V_h = \frac{V_o L}{H}$, (se debe tener en cuenta que Vh<0.25m/s.)
- Vertedero de salida

$$H_v = \left(\frac{Q}{1.84B}\right)^{2/3} \qquad V_v = \frac{Q}{BH_v} \qquad X_s = 0.36V_v^{\frac{2}{3}} + 0.60H_v^{\frac{4}{7}}$$

$$L_v = X_s + 0.15$$

- La pantalla de salida tiene como profundidad H/2 y la distancia del vertedero de salida de 15Hv.
- La pantalla de entrada tiene como profundidad H/2 y distancia de la cámara de aquietamiento de L/4.
- Almacenamiento de lodos tiene como punto de salida a la cámara L/3, distancia punto de salida al vertedero de salida 2L/3, pendiente transversal 0.4/B, pendiente longitudinal en L/3 de 0.4/(L/3) y pendiente longitudinal en 2L/3 de 0.4/(2L/3), teniendo en cuenta obtener pendientes mayores al 10%.
- Cámara de aquietamiento se toma una profundidad de H/3, el ancho de B/3 y se toma un largo adoptado.

Conducción. Realiza el transporte de agua ya sea a flujo libre o presión de agua cruda o agua tratada.

Tanques de almacenamiento. Son estructuras capaces de contener toda el agua potabilizada por la planta de tratamiento, en donde siendo una estructura hermética, no se filtra material contaminante y almacena el agua en una zona segura que evite el contacto con microorganismos anteriores. (MONOGRAFIA-TRABAJO DE GRADO MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO).

- Se tiene pérdida de carga unitaria $J = \frac{Z_1 - Z_2}{L}$
- Diámetro $D = \left(\frac{Q}{(0.2785)(150)(J^{0.54})}\right)^{1/2.63}$
- Área de la tubería $A_T = \frac{\pi D^2}{4}$
- Velocidad $V = \frac{Q}{A_T}$
- Cabeza de velocidad $= \frac{Q^2}{2(9.81)}$
- Salida del desarenador $= D + 1.5(cabeza\ de\ velocidad)$

3. MARCO LEGAL

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN
RESOLUCIÓN 0330 2017	“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009.” Minvivienda, Res 0330 (2017)
RESOLUCIÓN 0811 2008	“Por medio de la cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.” res_0811_050308 (minvivienda.gov.co)
RESOLUCIÓN 2115 2007	“Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.” res_2115_040607 (minvivienda.gov.co)
DECRETO 1575 2007	“Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.” Decreto 1575 de 2007 - Gestor Normativo - Función Pública (funcionpublica.gov.co)

RESOLUCIÓN 844 de 2018 RAS RURAL	"Por el cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico en zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del título 7, de la parte 3, del libro 2 del Decreto 1077 de 2015". Scanned Document (minvivienda.gov.co)

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1



Imagen 2: Metodología Fuente: Elaboración propia

Para implementar la metodología propuesta en este estudio, se han diseñado y ejecutado una serie de actividades específicas. Estas actividades se han desarrollado con el fin de

alcanzar los objetivos de investigación y garantizar la calidad de los resultados obtenidos. A continuación, se describen las etapas clave que componen el proceso metodológico:

1. Levantamiento de información previa
1.1 Visita de reconocimiento
1.2 Toma de muestra
2. Prediseño de cada componente
2.1. Calcular dimensiones correctivas
2.2. Analizar comportamiento

3. Evaluar
3.1. Hacer análisis de los resultados obtenidos

En la primera fase del proyecto se realiza un levantamiento de información previa, para luego examinar las condiciones físicas y ambientales del área. Durante esta visita, se tomó una muestra de agua para llevar a laboratorio. Además, se obtuvo información básica del funcionamiento del acueducto. Posteriormente, se realizó un estudio de calidad del agua que sale directamente para el consumo de los habitantes.

En la segunda fase, se procedió al prediseño de cada componente del proyecto. Esto implicó el cálculo de dimensiones correctivas tomando en cuenta la actualización de datos, planos, y de la red misma.

Finalmente, en la tercera fase, se procedió a reconocer y analizar los resultados obtenidos del diseño estructurado.

Estas fases representan un enfoque integral y sistemático para abordar la planificación y diseño de la infraestructura, garantizando una base sólida para la toma de decisiones informadas en el desarrollo del proyecto.

RESULTADOS Y ANALISIS

DIAGNOSTICO DEL ACUEDUCTO

En las siguientes imágenes se denotan las estructuras del acueducto de la Vereda La Tribuna, siendo la bocatoma de fondo que capta el agua a través de una rejilla con su canal de aducción y su respectiva cámara de recolección que transporta al desarenador, en cuanto a su estado se evidencia grietas en los muros de contención de la bocatoma señaladas por el recuadro rojo, además, de presentar deterioro por falta de mantenimiento con respecto al lavado y limpieza que se debe llevar a cabo según la resolución 0330 de 2017.



Imagen 1. Bocatoma.

Por consiguiente, partiendo de las medidas tomadas desde los planos hechos por Medina, (2021), anexados al final del documento, en los cuales se detalla la bocatoma y desarenador, teniendo como fin introducir estos datos en el Excel hecho para el prediseño del Acueducto y así realizar la rectificación del cumplimiento de los parámetros mínimos que debe tener.

Por ende, presentan las siguientes observaciones:

- Los muros de contención no son uniformes ya que estos cuentan con diferentes espesores y alturas.

- De acuerdo a los cálculos obtenidos de los planos mencionados anteriormente se evidencia que para el vertedero de 0.70m del actual acueducto la rejilla debe contar con un ancho de 0.5m y longitud de 0.7m con 11 orificios, de esta manera, en la rejilla actual del acueducto con ese mismo ancho de vertedero se denota un ancho de 0.23m con longitud de 0.48m con 22 orificios, que conduce al canal de aducción de 2m cuando este debería medir 1m, y se observa que no cuenta con pendiente. Por lo tanto, cabe resaltar que para el ancho de la rejilla y el largo se recomienda un mínimo de 0.4m y 0.7m respectivamente, ya que, facilita la operación de limpieza y mantenimiento.



Imagen 2. Rejilla de la bocatoma.



Imagen 3. Conexión Río con Bocatoma.

- En la cámara de recolección se presenta oxidación en la separación entre el vertedero de excesos y el vertedero que conduce al desarenador, observándose la falta de limpieza de esta.
- Respecto al ancho, según la condición de Bcam<1.4m;1.4,Bcam, este debe ser de 1.4m ya que, Bcam es igual a 0.8m y contar con la altura igual a la de los muros laterales, sin embargo, se denota una cámara con un ancho y largo de 1m cada longitud.
- Además, de no contar con escaleras para facilitar el ingreso y realizar el mantenimiento a la estructura.



Imagen 4. Cámara de recolección.



Imagen 5. Desarenador.

- En el desarenador se evidencia un tiempo de retención de 20 minutos cuando este debe ser mayor a ese valor mencionado.

- Las longitudes del desarenador no concuerdan con cálculos hechos en el prediseño, se evidencia bastantes diferencias, en las que no hay guía de cómo se obtuvieron.
- De acuerdo al caudal de diseño y las características mínimas que pide la resolución 0330 de 2017 no se cumplen con estos parámetros, debido a que, el dimensionamiento no es acorde a una base de cálculo sustentada.
- Además, en la aducción se presenta una velocidad menor a 0.5m/s, siendo, la mínima según la Resolución 0330 de 2017.

CALIDAD DEL AGUA

Por consiguiente, se realizó una toma de muestra del agua con el fin de analizar la calidad de esta, teniendo en cuenta que es para determinar su condición y posteriormente recomendar la mejora o resaltar el buen estado en el que se encuentre, siendo esto, parte del diagnóstico del sistema de acueducto con el objetivo de dar a la comunidad un líquido apto para su consumo.

Por lo tanto, según Cifuentes y Medina (2021), en el análisis del IRCA se encuentra un porcentaje en la primera planta de tratamiento de 44.33% y en la segunda de 50.71%, siendo estos porcentajes de nivel de riesgo alto, además de resaltar el aspecto de las estructuras en condición media.

De esta manera, se realiza la toma de una muestra en una de las plantas de tratamiento para llevar a laboratorio y realizar el respectivo análisis y obtención del IRCA hallando los siguientes resultados:

ELEMENTO	**VALOR**	**MEDIDA**
PH	6,5	Escala
Amoniaco	0,1	mg/l
Aluminio	0,06	mg/l
Molibdeno	0,1	mg/l
Cobre	0,02	mg/l

Nitrito	3	mg/l
Nitrato	0	mg/l
Ácido Cianúrico	0	mg/l
Cromo	46	mcg/l
Hierro	0,51	mg/l
Yodo	0,1	mg/l

Tabla 1: Estudio calidad de Agua Fuente propia

Tomado en cuenta el Artículo 13° (ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO – IRCA) en el apartado INSTRUMENTOS BÁSICOS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO del capítulo IV de la resolución 2115 de 2007 publicado por El MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, se obtiene:

CARACTERÍSTICA	PUNTAJE DE RIESGO
Molibdeno	1
Nitrito	1
Hierro	1,5

Tabla 2: Características químicas enmarcadas

Por consiguiente, se analizaron los resultados obtenidos en la prueba de calidad de agua con respecto a los artículos 5, 6 y 7, específicamente en el cuadro N°2, N°3 y N°4 los cuales desprenden las características químicas que tienen reconocido efecto adverso e implicaciones sobre la salud humana y mayores consecuencias económicas e indirectas sobre el bienestar.

Ya con los valores de la anterior tabla se prosigue a hallar el IRCA tomando como base la resolución 2115 de 2007 teniendo como resultado un porcentaje de nivel de riesgo medio como se muestra a continuación:

IRCA (%)	30.56	%	Nivel de riesgo medio

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	Consideraciones
70.1 -100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Agua no apta para el consumo humano y requiere una vigilancia máxima, especial y detallada
35.1 - 70	ALTO	Agua es no apta para el consumo humano y requiere una vigilancia especial.
14.1 – 35	MEDIO	Agua no apta para el consumo humano, susceptible de disminuir con una gestión directa
5.1 - 14	BAJO	El agua cumple con todos ó casi todos los aspectos
0 - 5	SIN RIESGO	El agua cumple en todos los aspectos

Tabla 3: Clasificación de riesgos

Tomando en cuenta la resolución 2115 de 2007 publicado por el Ministerio de Salud de Colombia, el artículo 4 (POTENCIAL DE HIDRÓGENO) el valor potencial de pH en el agua para consumo humano se comprende entre 6.5 y 9. El resultado del laboratorio realizado para comprobar la calidad de agua del acueducto de la vereda La Tribuna reveló un pH de 6.5, entrando en el rango establecido por la normativa anteriormente mencionada.
Sin embargo, se pudo encontrar valores superiores a los límites permitidos, los cuales corresponden al nitrito, molibdeno y hierro específicamente.
Además, cabe resaltar el nivel de riesgo medio de 30.56% en el IRCA, interpretándose como agua no apta para el consumo humano, susceptible de disminuir con una gestión

directa, por ende, el acueducto está suministrando agua con riesgos para la salud a largo plazo deduciendo así el mal manejo del acueducto veredal La Tribuna.

Teniendo en cuenta los componentes que sobresalieron como no aceptables en la obtención del IRCA se analizan sus consecuencias en la alteración de la salud de los habitantes de la Vereda La Tribuna, de los cuales son:

- Molibdeno. Según La Agencia para Sustancias Tóxica y el Registro de Enfermedades (ATDSR) el molibdeno es un nutriente esencial para el mantenimiento de la salud, sin embargo, al superar a niveles excesivos puede tener efectos dañinos. En caso de su consumo podría afectar la cantidad de molibdeno que entre a la sangre, lo cual trae daños en riñones y en hígado, y efectos en el desarrollo (disminución del crecimiento) en animales que consumen molibdeno a dosis más altas de lo normal. (Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades, s. f.)
- Nitrito. El Departamento de Michigan de Salud y Servicios Humanos (MDHHS) la ingestión de altas cantidades de nitrito puede causar una enfermedad llamada metahemoglobinemia, la cual afecta la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, siendo bebes menores de seis (6) meses de edad y mujeres embarazadas más propensos a contraerla. También se mencionan riesgos genéticos o acidez estomacal reducida. (Departamento de Salud y Servicios Humanos de Michigan, s. f.)
- Hierro. En el artículo hecho por especialistas de Extensión en Recursos de Agua y Fertilidad de suelos titulado “Problemas del agua potable: El hierro y el Magnesio” publicado por el Sistema Universitario Texas A&M se explica que el agua contaminada con hierro generalmente no causa problemas de salud, no obstante, puede afectar los tanques, tuberías, tapar sistemas de agua e incluso dañar algunos artículos y prendas de vestir dependiendo de la concentración que este tenga. (McFarland & Dozier, s. f.)

De esta manera, se evidencia la falta de una buena planta de tratamiento, además, del mal funcionamiento y estado de las estructuras del acueducto, en las que no se observa la presencia de mantenimiento en estas.

DISEÑO HIDRAULICO

Para el prediseño del acueducto veredal se tuvo en cuenta un caudal de captación de 36,11 L/seg, partiendo de dicho calculo se realizó el diseño hidráulico de las estructuras acorde a normativa vigente.

DISEÑO DE BOCATOMA DE FONDO

Teniendo como características a resaltar del río un ancho de 4m, caudales máximo, medio y mínimo de 844 L/seg, 184 L/seg y 52 L/seg, respectivamente y tomando como ancho de vertedero de 1m, es así como a partir de estos datos se obtiene el siguiente diseño:

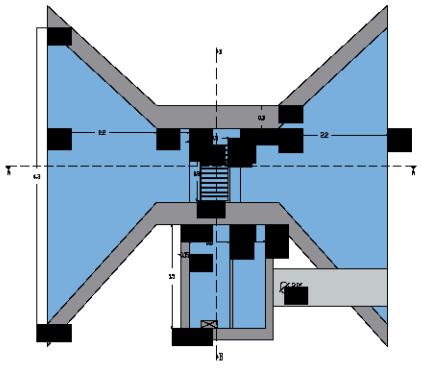


Imagen 6. Vista planta Bocatoma de fondo. Fuente: Elaboración propia

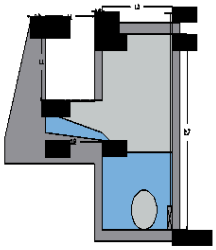


Imagen7. Corte B – B de la Bocatoma de fondo. Fuente: Elaboración propia

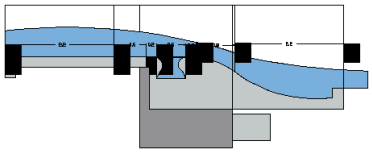


Imagen 8. Corte A – A de la Bocatoma de fondo. Fuente: Elaboración propia

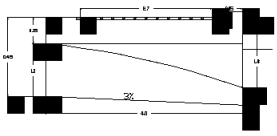


Imagen 9. Canal de aducción de la Bocatoma de fondo. Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE ADUCCION

Para la aducción se tuvo en cuenta un coeficiente de rugosidad de 0.009 para plásticos, obteniendo un diámetro de 6 pulgadas con una longitud de 513.75m y velocidad de 0.51m/s, por ende, se evidencia el cumplimiento del diámetro y velocidad mínima según resolución 0330 de 2017.

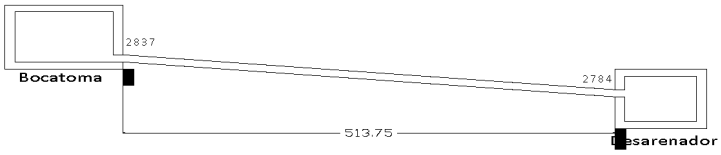


Imagen 10. Aducción. Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DEL DESARENADOR

Para el diseño del desarenador se tuvo en cuenta los siguientes datos:

- Caudal diseño de 31.11L/s
- Densidad del agua de 998.08kg/m^3

- Densidad de la partícula critica de 2.65g/cm^3
- Temperatura de 13°C y asi mismo la viscosidad dinámica de 0.001202kg/ms
- Gravedad de 9.81m/s
- Se aplico la relación ancho-longitud de 3:1

Por consiguiente, se tiene en planos:

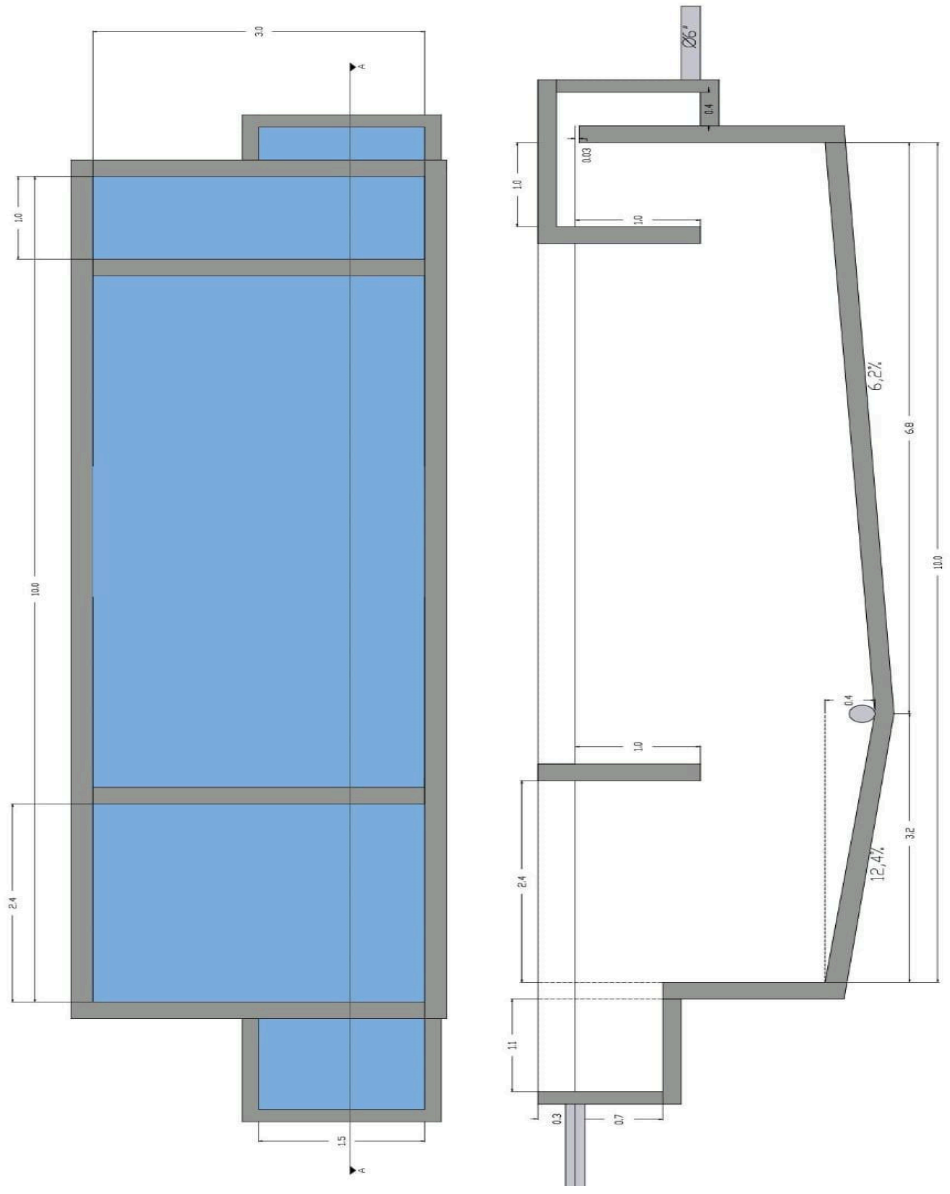


Imagen 11. Desarenador en planta y corte A – A. Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE CONDUCCIÓN

Se presenta a continuación desde Google Earth el perfil de elevación de la conducción desarenador-tanque de almacenamiento:

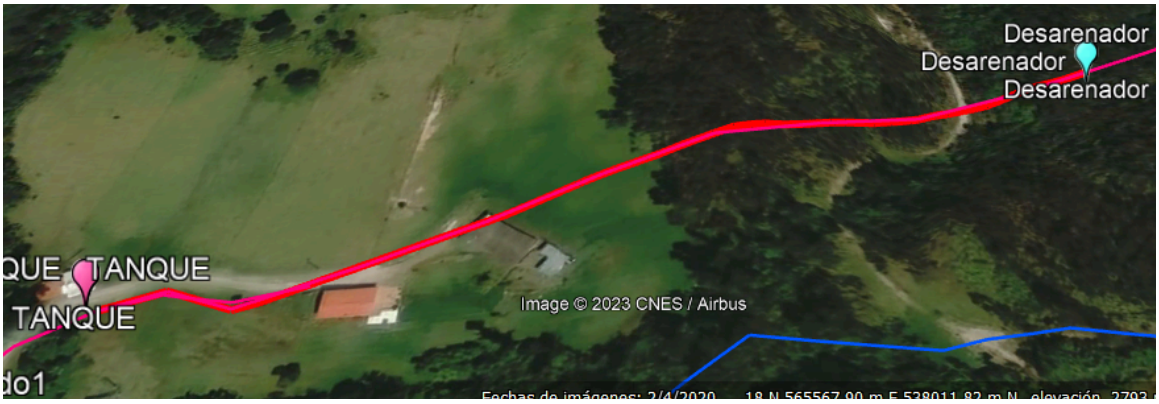


Imagen 12. Línea conducción desarenador-tanque.

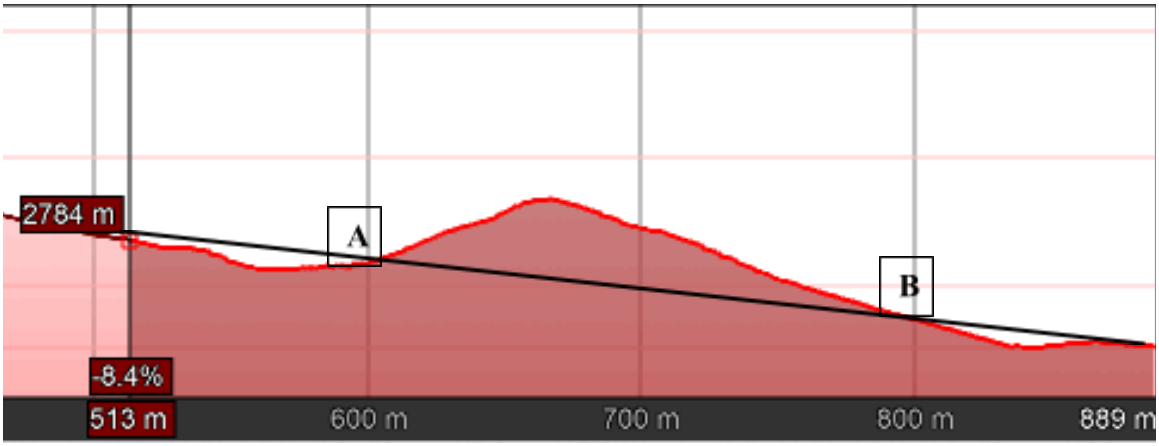


Imagen 13. Perfil de elevación de la conducción.

Se evidencia que en el tramo A-B estará en condiciones negativas, por lo tanto, sería difícil evitar la entrada de aire a la tubería, sabiendo que la presión en este tramo es menor a la atmosférica impidiendo instalar ventosas.

Tanque de almacenamiento

El dimensionamiento del tanque se basó en el libro “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”, de López, C. 2003. Tomando como referencia un tanque por gravedad o

bombeo continuo por 24 horas, teniendo un porcentaje de consumo máximo diario del 23%, de esta manera, se obtiene:

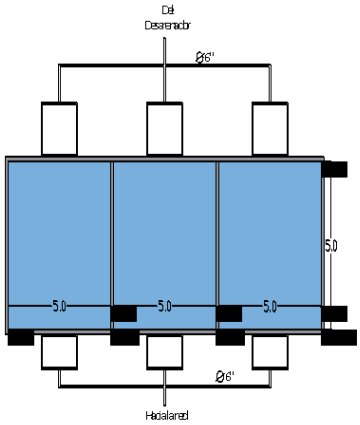


Imagen 14. Tanque de almacenamiento planta. Fuente: Elaboración propia

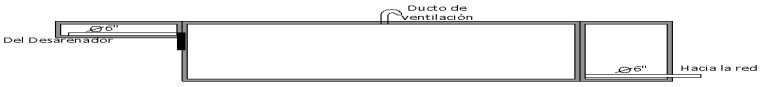


Imagen 15. Tanque de almacenamiento corte transversal. Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE RED

Para el diseño respectivo se tomaron los datos por Google Earth, ubicando y delimitando la misma teniendo en cuenta su punto hídrico más cercano, vías, población, altura y demás.



Imagen 16: Línea de Agua La Tribuna. Fuente propia

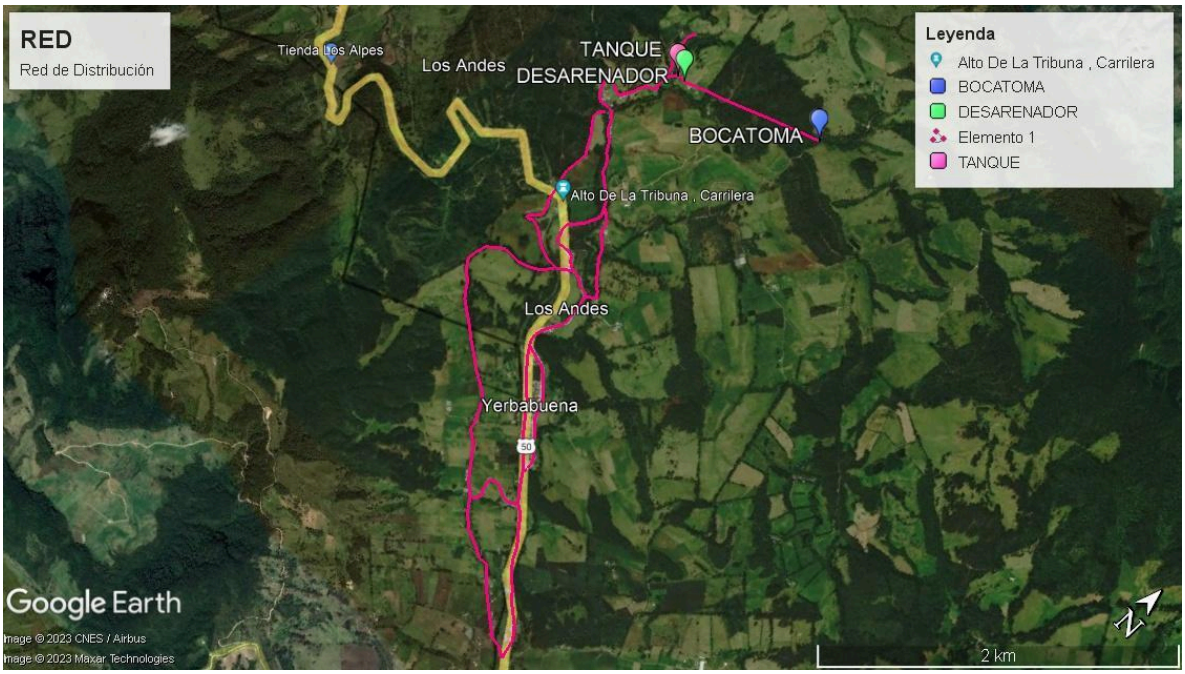


Imagen 17: DISEÑO DE RED POR GOOGLE EARTH. Fuente propia

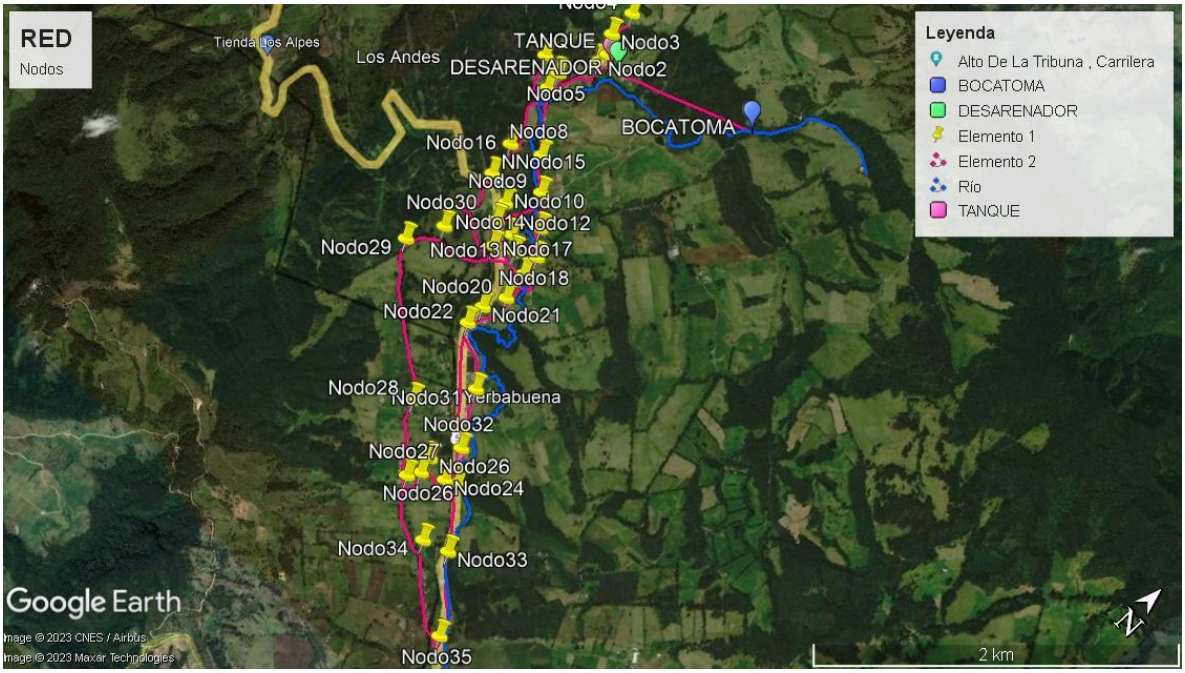


Imagen 18: Diseño de red (35 Nodos). Fuente propia

Consecuentemente se utilizaron los datos y red anteriormente estructurada para su cálculo en la aplicación EPANET, los cuales se ingresaron en el documento de Excel por elaboración propia, dando detalles de nodos, elevación, distancia entre ellas, diámetro, áreas, caudal distribuido, ubicación de bocatoma y tanque.

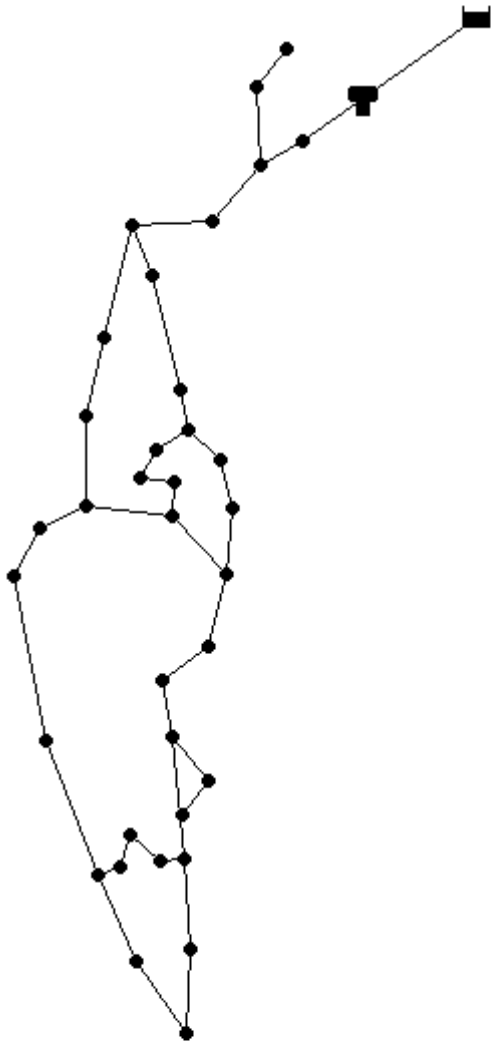


Imagen 18: Red acueducto La Tribuna Epanet. Fuente propia

Se tomaron en cuenta los siguientes datos para su elaboración:

- Altura de nodos y reservorio
- Longitud de Tuberías
- Diámetro de tuberías
- Caudal distribuido

- Posición estratégica de reservorio siento el punto más alto y plano de la red, entre otros.

Para la elaboración de la red de EPANET se da paso a la ubicación exacta en donde se realizará la misma para mayor precisión, agregando tuberías y nodos como se planteó inicialmente en Google Earth.

Consecuentemente se agregaron los datos y características de las mismas, como distancia entre nodos, elevación, y caudales.

RESULTADOS:

PRESIONES Y CAUDALES

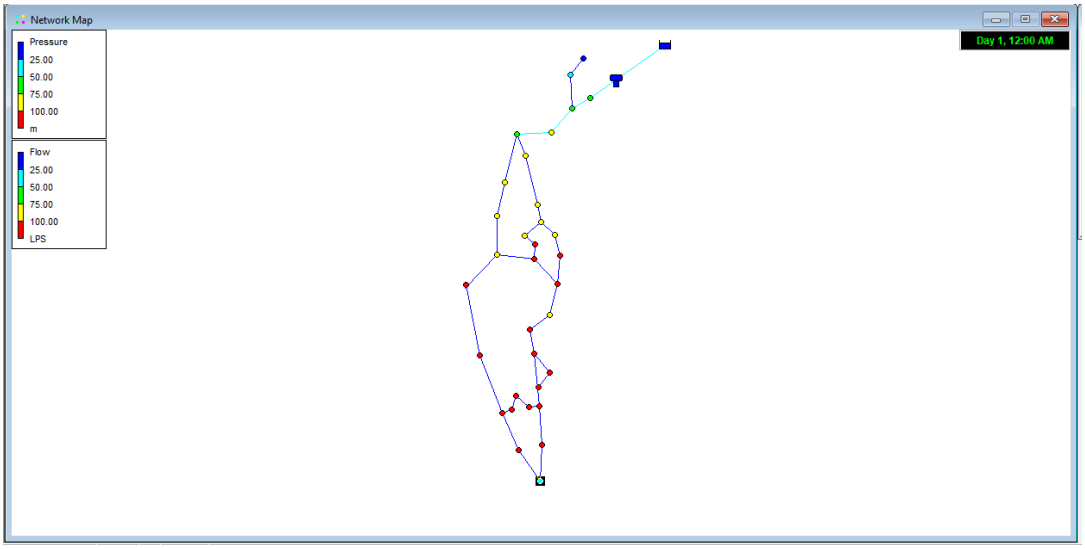


Imagen 19: Presiones y caudales. Fuente: propia

Tomando como referencia la resolución 0330 de 2017, se puede reconocer que presenta presiones altas, ya que no debe ser mayor a 55 m.c.a. De esta manera se buscó una solución para reducir las mismas por medio de válvulas reductoras de presión.

VÁLVULAS REDUCTORAS DE PRESIÓN

Según el RAS 2000 (Página 156), cuando la presión estática de la red supere el valor máximo especificado, debe instalarse una válvula reguladora de presión.

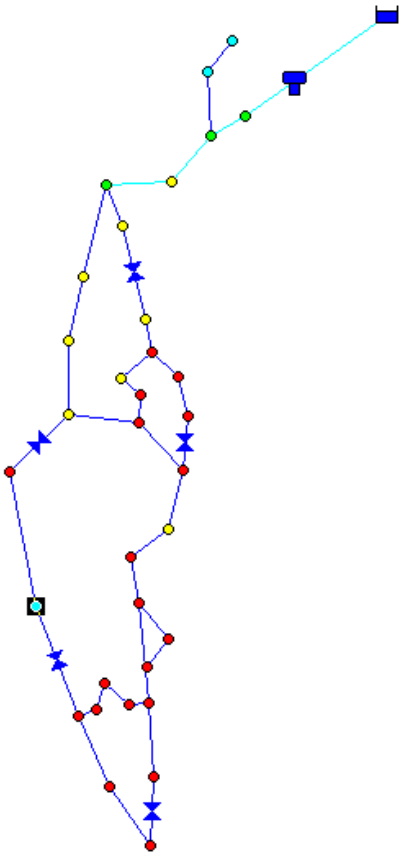


Imagen 20: Red de distribución con válvulas. Fuente: propia

VELOCIDADES

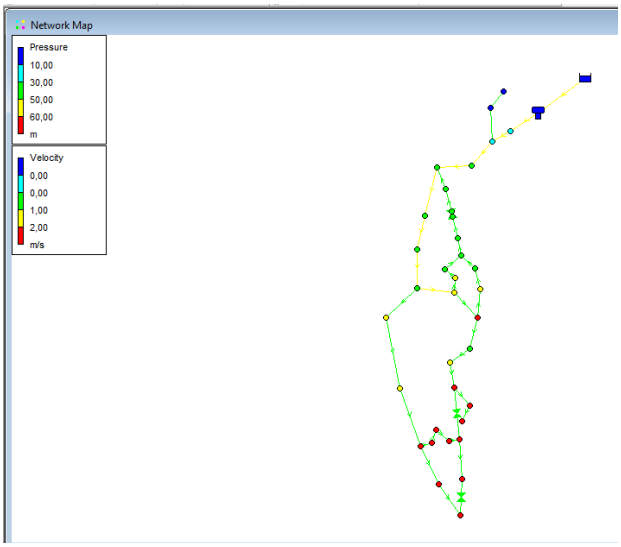


Imagen 21: Corrección presiones y velocidades Fuente: Propia

Con esto también podemos reconocer los cambios realizados debido al cambio de diámetros adecuados e introducción de datos en la respectiva aplicación.

ANÁLISIS

- Debido al diámetro de 6 pulgadas (in), y la rugosidad de 150 siguiendo la ecuación de Hazen-Williams, es recomendable manejar material pvc para las tuberías tomado en cuenta por el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. (República de Colombia, 2000)
- Se encuentran presiones bajas en los primeros nodos de la red debido a que estos manejan una elevación más alta a la del tanque tomando en cuenta que se maneja por gravedad.
- Al tener presiones altas debido a la diferencia de altura que había a lo largo de la red con un cambio de 100 metros en la altura inicial. Se ubicaron válvulas reductoras de presión entre nodos donde habían cambios de presión. Esta presentó mejoría.

CONCLUSIONES

- Según el funcionamiento actual, se recopiló información de fuentes bibliográficas, ya que la junta no ha establecido una organización administrativa eficaz en relación al acceso al acueducto y su investigación. En consecuencia, las estructuras del acueducto se encuentran en un estado intermedio, evidenciando deficiencias relacionadas con su mantenimiento y estado de las estructuras..

- El análisis del Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) a partir de una muestra tomada que conduce el agua desde el acueducto hacia las casas revela un nivel de riesgo medio, lo que indica que el agua no es adecuada para el consumo humano. Sin embargo, este riesgo puede reducirse con la implementación o mejora de la planta de tratamiento. Es fundamental tomar medidas inmediatas para garantizar la seguridad y la salud de la población en relación con el suministro de agua potable.

- Se propuso un prediseño del acueducto Veredal de la Tribuna, el cual incluye bocatoma, desarenador, tanque de almacenamiento y red de distribución con el fin de brindar agua de calidad para los habitantes, teniendo estructuras acopladas a la necesidad de la población.

- El prediseño se basó en el marco legal del presente documento, cumpliendo con las especificaciones como lo son:
  - La estimación de la población teniendo en cuenta el nivel de complejidad.
  - El periodo de diseño de 25 años
  - la demanda neta con respecto a la altura
  - El diseño hidráulico se compone de una bocatoma de fondo debido a que es una captación superficial, el desarenador es convencional siendo el más usado debido a la reducción de velocidad del agua las partículas se sedimentan y una red de distribución partiendo de su delimitación territorial enfocada a la población que será beneficiaria del acueducto Vereda.

- Se reconoce la falta de organización administrativa en el acueducto de la tribuna como un factor que impacta negativamente en la calidad y disponibilidad del agua para la comunidad.
- Se observa en la conducción presiones negativas teniendo como impedimento la utilización de ventosas, por lo tanto, desde la red de distribución se denota que la presión absoluta es suficiente para seguir con el flujo del agua hacia el tanque de almacenamiento.
- Las estructuras del acueducto actual presentan diferencias frente al prediseño, incumpliendo con la norma y el mantenimiento de estas.
- De acuerdo a los cálculos obtenidos, una de las pendientes de la zona de almacenamiento de lodos dió menor al 10% y según la resolución 0330 de 2017 deben ser mayores a este valor, por ende, se procede a aumentar la pendiente de 6.2% a 10% con el fin de tener el mínimo requerido, además, de terner mayor capacidad de almacenamiento.

RECOMENDACIONES

- Mejorar el mantenimiento de las estructuras llevando a cabo el lavado y limpieza de estas según lo estipula la Resolución 0330 de 2017.
- De acuerdo al Irca obtenido, siendo de riesgo medio, se recomienda en un próximo proyecto mejorar la planta de tratamiento con el fin de dar a los usuarios agua potable óptima para el consumo humano.
- Usar un material adecuado que cumpla con la normativa colombiana tomando en cuenta factores como rugosidad, presiones, entre otros.

Referencias

1. Mundial, B. (2021). Colombia: rica en agua, pero con sed de inversiones. *World Bank*. https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2020/09/02/colombia-water-security
2. Elcampesino. (2020). La realidad del acceso al agua en zonas rurales de Colombia. *Periódico El Campesino – La voz del campo colombiano*. https://elcampesino.co/la-realidad-del-acceso-al-agua-en-zonas-rurales-de-colombia/
3. MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN ZONAS RURALES, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, 2021.
4. (Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades, s. f.)

5. Orozco Cerón, J. C., & BERNAL, D. F. (2015). *Evaluación y prelación y propuesta para el mejoramiento del sistema de potabilización en el rural de la vereda La Tribuna, municipio de Facatativá, Cundinamarca* [Trabajo de grado]. UNIVERSIDAD DE LA SALLE.
6. GRANADOS SEGUA, D. F., & LOPEZ FERNANDEZ, Y. J. (2018). *PROPUESTA DE DISEÑO DE UN ACUEDUCTO EN LA VEREDA MONQUIRA (SOGAMOSO BOYACÁ)* [Trabajo de grado]. UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
7. Departamento Administrativo de la Función Pública. Resolución 2320 de 2009 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Pub. L. No. RESOLUCION 2320 (2009).
8. Cifuentes, Mauricio, y Sandra Medina. «MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN ZONAS RURALES». Investigativo, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, 2021.pdf.
9. RIVERA CARDENAS, OVER YESID, y HERNAN DAVID DAZA URIBE. «PROPUESTA DE DISEÑO PARA ACUEDUCTO DE VEREDA CORREGIDOR, CHIQUIZA, BOYACÁ». UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, s. f.
10. Urrea, Erica. «Propuesta de mejoramiento en los acueductos, municipio de Guarne. Caso de estudio Vereda San Isidro». Trabajo de Grado, Universidad de Antioquia, 2020.
11. (Bohórquez Clavijo, G. (2021)). La calidad de agua en Facatativá, Cundinamarca y su relación con la transmisión de enfermedad diarreica aguda. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.)
12. NARVAEZ GIRALDO, JULIAN CAMILO. «ACUEDUCTOS VEREDALES». UNIVERSIDAD ECCI, 2013.
13. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y, DESARROLLO TERRITORIAL Y MINISTERIO DE, y PROTECCION SOCIAL. RESOLUCIÓN NÚMERO 2115 (2007).
14. Fibras y Normas de Colombia S.A.S. «Sistemas de Acueducto», s. f.
15. Espinosa Salgado, Santiago, y Daniela Andrea Gaitan Olano. «Desarrollo de software para el diseño hidráulico de canaleta parshall como estructura para mezcla rápida en el tratamiento del agua – caso aplicativo en municipios de la provincia del Alto Magdalena». Universidad Piloto de Colombia, 2018.

16. Departamento Administrativo de la Función Pública. Resolución 2320 de 2009 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Pub. L. No. RESOLUCION 2320 (2009).
17. McFarland, Mark L., y Monty C Dozier. «Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso». El Sistema Universitario Texas A&M, s. f.