

**DISEÑO DE UN SISTEMA PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE
POTABILIDAD DE AGUA Y DISTRIBUCIÓN DEL ACUEDUCTO VEREDAL
PANTANO DEL CERRO EN LA VEREDA DE SUSACÁ MUNICIPIO DE AQUITANIA
BOYACÁ**



Por:

Eliana Patricia Mesa Moreno

Daniel Eduardo González Flórez

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

BOGOTÁ

2022

**DISEÑO DE UN SISTEMA PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE
POTABILIDAD DE AGUA Y DISTRIBUCIÓN DEL ACUEDUCTO VEREDAL
PANTANO DEL CERRO EN LA VEREDA DE SUSACÁ MUNICIPIO DE AQUITANIA
BOYACÁ**



ELIANA PATRICIA MESA MORENO

CÓDIGO.2232872

DANIEL EDUARDO GONZALEZ FLOREZ

CÓDIGO.2219625

DIRECTOR:

ING. FABIO EDUARDO DÍAZ LÓPEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

BOGOTÁ

2022

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	6
2	ANTECEDENTES.....	8
2.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
3	OBJETIVOS.....	10
3.1	OBJETIVO GENERAL	10
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4	JUSTIFICACIÓN.....	11
5	ESTADO DEL ARTE.....	12
6	MARCOS REFERENCIALES.....	18
6.1	ANTECEDENTES.....	18
7	MARCO CONCEPTUAL	19
7.1	AGUA CRUDA.....	19
7.2	AGUA POTABLE	19
7.3	ADUCCIÓN.....	19
7.4	CONDUCCIÓN.....	20
7.5	FILTRACIÓN.....	20
7.6	DESINFECCIÓN.....	20
8	MARCO TEÓRICO	21
8.1	NIVELES DE COMPLEJIDAD DE LA POBLACIÓN.....	21
8.2	POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	22
8.2.1	<i>Método Aritmético</i>	<i>22</i>
8.2.2	<i>Método Geométrico</i>	<i>23</i>

8.2.3	<i>Método Exponencial</i>	24
8.3	DOTACIÓN	26
8.3.1	<i>Dotación Bruta</i>	26
8.4	CAUDAL DE DISEÑO	27
8.4.1	<i>Caudal medio diario</i>	27
8.4.2	<i>Caudal Máximo Diario</i>	27
8.5	ESTADO ACTUAL ACUEDUCTO	29
8.5.1	<i>Captación</i>	30
8.5.2	<i>Red de Aducción</i>	31
8.5.3	<i>Tanque de Almacenamiento</i>	33
8.5.4	<i>Red de Distribución</i>	34
9	MARCO GEOGRÁFICO	36
10	METODOLOGÍA	38
11	ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
11.1	ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN	39
11.2	CAUDALES	43
11.3	RESULTADOS MUESTRA DE CALIDAD DE AGUA	44
11.4	DISEÑO FILTRO LENTO CONVENCIONAL	45
11.4.1	<i>Pérdida de Carga</i>	47
11.4.2	<i>Velocidad Frecuente de Filtración</i>	48
11.5	DESINFECCIÓN	50
11.6	TANQUE DE CONTACTO TIPO ALABAMA	53
11.7	DISEÑO DEL SISTEMA	56
11.8	DISEÑO FLOCULADOR ALABAMA	59
11.9	PLANTA Y PERFIL PANTANO DEL CERRO	64

12	ANEXO.....	64
12.1	RESULTADOS LABORATORIO	65
12.2	DISEÑO FLOCULADOR HIDRÁULICO	66
12.3	PERDIDAS EN EL FLOCULADOR HIDRÁULICO.....	70
12.4	DISEÑO TANQUE Y FLOCULADOR	73
12.5	PRESUPUESTO	76
13	CONCLUSIONES.....	78
14	RECOMENDACIONES.....	79
15	BIBLIOGRAFÍA.....	80

1 Introducción

El acceso al agua potable es fundamental para el desarrollo y bienestar de toda comunidad, este al ser un servicio básico se traduce en salud y calidad de vida para todos, en Colombia en las zonas rurales normalmente los acueductos veredales está en condiciones precarias debido a que no cumplen con los parámetros mínimos establecidos por el marco normativo nacional para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, problemática causada por las instalaciones obsoletas que son manejadas por las comunidades y sus respectivas juntas comunales que no tienen conocimiento técnico para el mantenimiento y operación de estos sistemas según los estudios realizados por cuenta de (Optimización del Acueducto Veredal Pantano del Cerro,2015).

En ese orden de ideas, el proyecto se enfoca en la vereda de Susacá municipio de Aquitania perteneciente al departamento de Boyacá, vereda que carece de procesos como tratamiento, aducción y almacenamiento, la vereda de Susacá con su Acueducto Pantano de Cerro solo cuenta con sistema de captación y distribución simple, en algunos lugares con mangueras, careciendo de sistemas de potabilización, según (Secretaría De Salud De Boyacá,2011) establece que el pantano del cerro cuenta con 375 personas y 75 suscriptores que reciben agua cruda.

Es por ello que en función de los problemas que denota el acueducto se realiza un diagnóstico de las unidades, los procesos unitarios y por último se evalúa mediante una serie de ensayos de laboratorio las condiciones y características de los parámetros microbiológicos y organolépticos, requeridos para un consumo seguro, según las características reguladas en el decreto 1575 de 2007, para cumplir con los parámetros establecidos por la resolución 330 del 2017, el cual encamina el diseño a la protección de los usuarios y de los ecosistemas.

se propone un tren de tratamiento con el único fin de optimizar los recursos y garantizar los parámetros mínimos del agua, implementado unidades de fácil manipulación para que la comunidad pueda realizar y administrar correctamente el acueducto.

2 Antecedentes

2.1 Planteamiento del Problema

El acceso al servicio de agua potable es fundamental para el desarrollo y bienestar de la población, en Colombia puntualmente en las zonas rurales alejadas y a veces olvidadas se cuenta con acueductos veredales en condiciones bastante limitadas ya que estos sistemas no cumplen con los parámetros mínimos como turbiedad, olor, pH, entre otros, establecidos por el marco normativo nacional para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, problemática relacionada en gran parte por las instalaciones antiguas que normalmente son manejadas por las comunidades y sus respectivas juntas comunales las cuales no tienen el conocimiento técnico para el mantenimiento y operación de estos sistemas.

En este orden de ideas lo que compete a este proyecto de grado es el municipio de Aquitania-Boyacá el cual cuenta con cobertura del servicio en la parte urbana del 99,73%, y en la parte rural cuenta con el 52,05% respectivamente, el número de acueductos rurales que están funcionando correctamente se desconoce, se estima que solo el 20 % de la población cuenta con instalaciones aptas para su correcto funcionamiento, “generalmente solo cuentan con sistema de captación y distribución simples en algunos casos con mangueras, careciendo de sistemas de potabilización,” (Agenda Ambiental, 2004, p.42).

Ahora bien, es una vereda que carece de los aspectos anteriormente mencionados en este caso el acueducto veredal Pantano del Cerro, cuenta con una población aproximadamente de 375 personas y 75 suscriptores, careciendo de sistemas de tratamientos de agua y una red de distribución adecuada esto lo establece, la Secretaría De Salud De Boyacá, (2011).

Es por ello que los problemas de tratamiento y distribución deben ser solucionados para cumplir con los parámetros establecidos por el RAS el cual encamina el diseño a la protección de los usuarios y a los ecosistemas aledaños, en cumplimiento a la normativa y a las características del proyecto se buscan alternativas sostenibles que permitan pre diseñar un tren de tratamiento funcional y aun bajo costo.

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Pre diseñar un sistema de potabilización, con el fin de mejorar las condiciones del agua y a su vez la red de distribución del acueducto veredal Pantano del cerro.

3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la calidad del agua cruda, mediante el análisis de los reportes de laboratorio para seleccionar las operaciones y procesos unitarios del sistema de tratamiento de agua.
- Pre Diseñar la planta de potabilización para el acueducto veredal Pantano del Cerro con el fin de mejorar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de consumo de los habitantes de la vereda Susacá.
- Contribuir al plan nacional de desarrollo, el cual tiene como principal objetivo garantizar el acceso al agua potable de manera segura, asequible y responsable a todos los pobladores, promoviendo la práctica sostenible mediante alternativas innovadoras, las cuales se adaptan a las características propias del acueducto.

4 Justificación

El trabajo de grado pretende dar respuesta a las necesidades puntuales del acueducto puesto que el servicio que tienen en funcionamiento sólo está en capacidad de captar agua cruda y transportarla a los domicilios sin mucha eficacia.

Ahora bien, para toda comunidad es importante el desarrollo de sus habitantes, el contar con un servicio de agua potable permitirá mejorar las condiciones de vida de los habitantes evitando enfermedades y afectaciones, no obstante, la PTAP debe tener un tren de tratamiento sostenible y de fácil mantenimiento de sus unidades, esto permitirá aportar a la salud, bienestar y economía de los habitantes que requieren una rápida y pronta solución a esta problemática.

5 Estado del Arte

El Acueducto veredal Pantano del Cerro está ubicado en el municipio de Aquitania Boyacá a una distancia de 247 km de la ciudad de Bogotá con una temperatura promedio de 11°C sus coordenadas son latitud norte de 05°31'13" y Longitud oeste 72°53'11". cuenta con un total de 75 suscriptores y 375 familias estos datos arrojados en el estudio anterior realizado por el DANE, se resalta que las viviendas beneficiadas por el acueducto se encuentran sobre la vía principal que conducen hacia la parte céntrica del municipio y conectan con el municipio de Sogamoso, el acceso al tanque de almacenamiento se realiza por una vía terciaria, la vía de acceso tiene aproximadamente 1000 metros de trocha, siguiendo la línea de aducción, se ingresa a lomo de mula.

Figura 1

Localización Geográfica proyecto Acueducto Pantano del Cerro



Nota. La imagen representa la localización del proyecto. Tomado de Acueducto Pantano del Cerro (p.4), por R. Gutierrez,2015, Estudios y Diseños de Optimización de Acueducto Veredal Pantano del Cerro.

La prestación del servicio en el área rural está a cargo del acueducto veredal en algunos sectores son manejados por las juntas comunales, en las zonas no se encuentran plantas de potabilización aunque cuenta con sistemas de acueductos domiciliarios, estos están basados en captación y distribución simple por medio de mangueras los cuales carecen de tratamiento, se puede establecer como una necesidad latente proporcionar y distribuir agua con un tratamiento mínimo ya que se detectan problemas como la deforestación en las fuentes de nacimiento, contaminación por animales y el uso indebido para regadío de los agricultores acompañado de las fallas en la captación y conducción lo hacen un sistema ineficiente. Las partes a intervenir comprende (Bocatoma, tanques, desarenadores, tubos, mangueras), entre otras.

El acueducto estuvo guiado por la administración municipal en el trámite de concesión de aguas con CORPOBOYACA, Se realizaron pruebas de la calidad de agua en la fuente hídrica por cuenta de la Secretaría De Salud De Boyacá en el 2011, encontrando que el agua presenta contaminación con bacteria *Escherichia coli*, problemas de bajo índice de oxigenación lo cual indica poca concentración de oxígeno presente en el agua medida en (mg/l).

La captación del acueducto, se encuentra en un páramo de conservación que presentó quema, la vegetación se ha recuperado a través de la sucesión vegetal y restauración ecológica, en este bosque se observa que no sobrepasa los dos metros de altura con una gran biodiversidad de especies vegetales tales como los colorados (*Polylepis*), paloblanco (*Buddleja*), laurel de cera (*Myrica parviflora*), espino doncel (*Berberis*), arrayanes (*Myrcianthes*), camarero (*Macleaniarupes*) entre otros y animales..

El municipio está rodeado de formaciones montañosas esto gracias a la característica de la cordillera Oriental, permite determinar los tipos de vegetación, suelo, erosiones, regímenes hidrológicos y las lluvias que son de tipo orográfico característico en las zonas tropicales donde se presentan grandes precipitaciones en lapsos cortos con presencia alta en los meses de abril-mayo y descansos considerable en los meses de diciembre a febrero y moderado en el mes de agosto hasta septiembre.

- En la descripción del suelo en la zona se encuentran Rocas sedimentarias del cretácico las cuales ocupan una amplia zona de la cordillera oriental, también rocas terciarias, evidencian el ciclo marino que concluyó a finales del cretácico e inicios del terciario, el municipio se encuentra localizado en la Cordillera Oriental cerca

a la Falla del Borde Llanero, presenta variaciones por las características de la zona entre ellas se observa la presencia de sedimentos (arenitas, lodolitas y arcillolitas), Mapa de Geología.

En este tipo de formación se encuentra polen fósil del Paleoceno Superior, por lo que se le asigna esta una edad de (59 ma), la cual aflora en las Veredas de Hato Laguna, Cajón y Susacá.

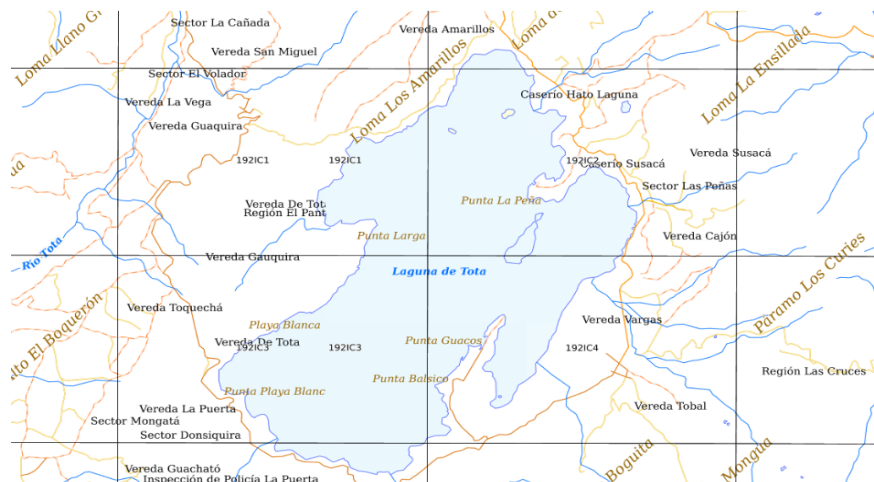
- Formación Socha Superior (Tpss): El nombre se ha dado por Álvaro B y Sarmiento R, en una secuencia de estratos aflorantes al sur del pueblo de Socha Viejo (Boyacá), Está aflora en las veredas de Hato Laguna y Susacá.
- Depósitos Glaciales (Qg): Se encuentra cerca de los páramos en Sisvaca, Toquilla y Suse entre otras.
- Depósitos Fluvioglaciares (Qfg): Se observan en Toquilla, Suse y en general cerca de la zona de los Páramos.
- Depósitos de Coluvión (Qc): Se encuentra en las veredas de Sisvaca y Mombita. En la zona de estudio se encuentran las siguientes formaciones:
- Formación de lutitas de macanal (Kilm): Aflora en las veredas maravilla, por el anticlinal del mundo viejo, en la parte sur oriental de Toquilla en el Anticlinal de Barranco Amarillo.
- Formación Arenisca de las juntas (Kiaj): Aflora en las veredas, Gallina y Cuchilla el gallo.
- Formación Fómeque (Kif): Aflora en dirección a las veredas Mombita, Sisvaca, Hirva, Toquilla, Daito, Pérez y Maravilla.

- Formación Une (Kiu): Renzoni (1951) la cual se denominó al conjunto estratigráfico correspondiente a las areniscas de Une, tal como fueron descritas por Hubach (1957), esta se encuentra en Toquilla, Sisvaca, Hirva, Suse, Mombita, Daito, Pérez, Tobal, Hato Viejo, Cajón y Soriano.
- Formación Chipaque (Ksc): Aflora en la Vereda Toquilla cerca de la cuchilla de Estoraques y en la Vereda Mombita.
- Formación Conejo (Kscn): Aflora en la vía Aquitania-El Crucero, en la Isla de San Pedro, en la isla Cerrochino, en las Penínsulas El potrero y Susacá también en las Veredas Hato Laguna, Susacá, Daito y Suse.
- Formación Ermitaño (Kse): La edad de este apunta al Santoniano (85ma) y aflora a lo largo de la Vía Aquitania.
- El Crucero: en la Isla de San Pedro y las Penínsulas, el Potrero y Susacá, también en Suse, Cajón y Soriano en la Cuchilla Cañada, Hato Laguna y Susacá.
- Formación Guaduas (KTg).
- Formación Socha Inferior (Tpsi): Según Van Der Hamm.

(Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Aquitania –PDM, 2016-2018).

Figura 2

Plancha Cartografica 192 IC Localizacion de la cuenca y Proyecto



Nota. La imagen representa la ubicación de proyecto según la plancha Geográfica.

Tomado del Geoportal IGAC (192. IC), por Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2020, Cartografía.

Posee una amplia red Hidrológica la cual está conectada por las cuencas de los ríos Cravo Sur, Cusiana, Lenguapa y Upia formando un sistema de drenaje directo al Lago de Tota, al nacimiento denominado como pantano del cerro corresponde a la cuenca alta del río Cusiana, el cual está ubicado en las veredas Cajón, Susacá Y Toquilla, los resultados de Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Aquitania –PDM, (2016-2018, p.[4]).

6 Marcos Referenciales

6.1 Antecedentes

El Acueducto cuenta con un tanque de almacenamiento y línea de aducción, de acuerdo a la información obtenida, realiza la captación de un pantano denominado “Pantano del Cerro” por el Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Aquitania –PDM, (2016-2018), se realizaron estudios previos por la Secretaria De Salud del departamento se menciona que es agua favorable para el consumo, dicho análisis fue realizado en el año 2011, tiene concesión de aguas para uso doméstico obtenida por CORPOBOYACA, realiza la distribución con una tubería tipo manguera, está enterrada y al aire libre alrededor de 30 años, no tiene sistema de potabilización para consumo humano solo un proceso de captación y distribución simple, por medio de la alcaldía del municipio se realizó la solicitud para resolver el problema en el año 2015, para realizar mejoras en el servicio, solicitud que fue solucionada parcialmente en el año 2022 entregando tubería PVC para remplazar la ya existente.

7 Marco Conceptual

7.1 Agua Cruda

Se encuentra en el medio ambiente la cual no ha recibido ningún tratamiento modificando características tanto físicas, químicas y microbiológicas de acuerdo con el Decreto 1575 Ministerio De Salud Pública, (9 de Mayo de,2007, Art 2).

7.2 Agua Potable

Es Aquella que presenta características físicas, químicas y microbiológicas con el fin de garantizar su aptitud para consumo humano de acuerdo con el Decreto 1575 Ministerio De Salud Pública, (9 de Mayo de,2007, Art 2).

Agua para Consumo Humano

Utilizada para beber, preparar, cocinar alimentos y otros usos domésticos, independiente del origen y suministros, con características físicas, químicas, microbiológicas que garanticen su inocuidad u aceptabilidad para el consumo humano de acuerdo con el Decreto 1575 Ministerio De Salud Pública, (9 de Mayo de,2007, Art 2).

7.3 Aducción

Son los conductores los cuales están destinados a transportar por gravedad o bombeo aguas crudas desde la zona de captación hasta la planta de almacenamiento el cual presta el servicio de suministro en la tubería de agua cruda de acuerdo con (Guía Ambiental Para Sistemas De Acueducto,2000, p. [4])

7.4 Conducción

Son aquellas que están destinadas al transporte de agua tratada desde la planta de tratamiento hasta los tanques de almacenamiento o a la red de distribución (Guía Ambiental Para Sistemas De Acueducto, 2000, p. [4]).

7.5 Filtración

Es un proceso que consiste en el paso de agua a través de un medio poroso, comúnmente de arena, en el que actúa una serie de mecanismos de remoción cuya eficiencia depende de las características de suspensión (agua más partícula) del medio poroso, se puede utilizar como único tratamiento de aguas claras o en procesos finales que presentan turbiedad.

Los medios porosos comúnmente utilizados además de la arena, antracita, granate, magnetita, carbón activado, cascaras de arroz, cascaras de coco los anteriormente mencionados son utilizados comúnmente para filtros rápidos. Los filtros lentos tienen más efectividad al usar exclusivamente arena en estos es recomendable el uso de materiales putrescibles (Vargas, L. Procesos Unitarios y Plantas De Tratamiento, p. [3]).

7.6 Desinfección

Son procesos físicos y químicos los cuales permiten la eliminación o destrucción de organismos presentes en el agua putrescibles (Vargas, L. Procesos Unitarios y Plantas De Tratamiento, p. [5]).

8 Marco Teórico

8.1 Niveles de Complejidad de la Población

El nivel de complejidad en un sistema está definido en la (Resolución 0330 del 2017, numeral A.3.1 en el reglamento de agua potable y saneamiento básico) se necesita definir la complejidad, utilizando la población proyectada y la capacidad económica de los usuarios.

Tabla 1.

Asignación Nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad	Población(Hab)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio-Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

Nota: La tabla representa el estado de complejidad del sistema 2017.Tomado de la Resolución 330 título A del 2017, (p A.9, A.3.1), por Normativa del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2021.

Tabla 2.

Niveles de complejidad del sistema

Nivel de complejidad	Periodo de diseño Máximo
----------------------	--------------------------

Bajo, Medio y Medio-Alto	25 años
Alto	30 años

Nota. La tabla representa los niveles de complejidad del sistema. Tomado de Resolución 2320 modificación RAS del 2009, (p.2), por Normativa del Sector de Agua Potable y Saneamiento Basico, 2021.

8.2 Población de Estudio

Para el cumplimiento en el siguiente criterio se analiza el número de población bajo el cumplimiento del RAS y demás normas en estas se señalan requisitos y parámetros en base a lo ya mencionado legalmente el acueducto cuenta con 75 suscriptores un promedio de 5 habitantes por vivienda, para la obtención en la población de diseño se utilizan los métodos aritmético, geométrico y algebraico con el fin de realizar un análisis y obtener el crecimiento exponencial de la población proyectada a 25 años (Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Aquitania ,PDM 2016-2018,p. [28]).

8.2.1 Método Aritmético

Aplicado en ciudades pequeñas no industrializadas, zonas rurales.

Ecuación 1

$$P_f = P_{UC} + \frac{P_{UC} - P_{CI}}{T_{UC} - T_{CI}} \times (T_f - T_{UC})$$

Nota. Tomado de la publicación en el 2003 por el RAS, Ministerio de vivienda, p. [17].

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/ras-002.pdf>

Siendo P_f la población de proyección futura, P_{UC} población del último año censado, P_{CI} corresponde al último censo, T_{CI} corresponde al censo inicial y T_f año al cual se quiere proyectar la población.

Mediante la siguiente ecuación se obtiene, una tasa de crecimiento poblacional dinámica entre los diferentes datos censados con esto se realiza las proyecciones a partir de los últimos datos obtenidos.

Ecuación 2.

$$K'' = \frac{P_{UC} - P_{CI}}{T_{UC} - T_{CI}}$$

Nota. Tomado de la publicación en el 2003 por el RAS, Ministerio de vivienda, p. [18].

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/ras-002.pdf>

8.2.2 Método Geométrico

Método utilizando en poblaciones que, muestren una importante actividad económica, desarrollo y poseen importantes áreas de expansión.

Ecuación 3.

$$P_f = P_{UC}(1 + r)^{T_f - T_{UC}}$$

Siendo r la tasa de crecimiento anual y las demás variables definidas igual por el método anterior, la tasa de crecimiento está de la siguiente manera.

Nota. Tomado de la publicación en el 2003 por el RAS, Ministerio de vivienda, p. [17].

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/ras-002.pdf>

Ecuación 4.

$$r = \left(\frac{P_{UC}}{P_{CI}} \right)^{\frac{1}{(T_{UC}-T_{CI})}} - 1$$

En esta ecuación no se toma en cuenta el crecimiento en los años intermedios, los resultados son análisis de sensibilidad similar al método aritmético.

Nota. Tomado de la publicación en el 2003 por el RAS, Ministerio de vivienda, p. [18].

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/ras-002.pdf>

8.2.3 Método Exponencial

En este método es necesario utilizar mínimo 3 censos, para determinar un promedio de tasa de crecimiento de la población.

Ecuación 5.

$$P_f = P_{CI} e^{k(T_f - T_{CI})}$$

Siendo k la tasa de crecimiento la cual es calculada como promedio para cada uno de los censos.

Ecuación 6.

$$k = \frac{L_n P_{CP} - L_n P_{CA}}{T_{CP} - T_{CA}}$$

Nota. Tomado de la publicación en el 2003 por el RAS, Ministerio de vivienda, p. [17].

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/ras-002.pdf>

En el presente estudio se toma la población la cual fue suministrada por el acueducto veredal por suscripción, según los resultados suministrados el acueducto presta servicio a 75 suscriptores en la actualidad con un promedio de 5 personas en el núcleo familiar, según los reportes por el acueducto el año 2010 se presentaron 65 suscriptores de los cuales se toman como datos de estudio de población de partida.

Tabla 3.

Información de población actual acueducto

AÑO	Nº DE USUARIOS	HAB/USUARIOS	POBLACION
2010	65	5	325
2015	75	5	375

Nota. La tabla presenta la Información de población actual en la fuente de estudio.

Tomado de Optimización Acueducto Pantano del Cerro (p.9), por R. Gutiérrez, 2015.

8.3 Dotación

Corresponde a la dotación mínima de agua para satisfacer las necesidades básicas de la población.

Tabla 4.

Dotación neta máxima

<i>complejidad del sistema</i>	<i>Dotación neta (L/hab.día)</i>
<i>Bajo</i>	<i>90</i>
<i>Medio</i>	<i>115</i>
<i>Medio alto</i>	<i>125</i>
<i>Alto</i>	<i>140</i>

Nota. La tabla representa la Dotación neta máxima requerida para el diseño del sistema, Tomado de Normativa del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, (p.1), por Normativa del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Resolución 2320, 2009.

8.3.1 Dotación Bruta

Para el diseño del sistema utilizando la siguiente ecuación

Ecuación 7.

$$D_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%P}$$

d_{neta} =Dotación neta

%P=porcentaje de perdida

Utilizando la siguiente ecuación no debe superar el 25% de pérdidas técnicas máximas admisibles.

Nota. Tomado de la publicación en el 2003 por el RAS, Ministerio de vivienda, p. [29].

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/ras-002.pdf>

8.4 Caudal de Diseño

Para determinar el diseño adecuado y cumplir con las necesidades básicas, se tiene en cuenta la proyección de la población, la captación, el chequeo de los caudales y la temperatura.

8.4.1 Caudal medio diario

Corresponde al consumo medio registrado en 24 horas.

Ecuación 8.

$$Q_{prom} = \frac{D_{bruta} \times población}{86400}$$

Nota. Tomado de la publicación en el 2003 por el RAS, Ministerio de vivienda, p. [31].

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/ras-002.pdf>

8.4.2 Caudal Máximo Diario

Corresponde al consumo máximo registrado en 24 horas, con un promedio de consumo de un año.

Ecuación 9.

$$Q_{Maxd} = Q_{md} \times K1$$

Nota. Tomado de la publicación en el 2003 por el RAS, Ministerio de vivienda, p. [33].

<https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/ras-002.pdf>

Tabla 5.

Coeficiente de consumo máximo diario K1

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo K1
Bajo	1,3
Medio	1,3
Medio-Alto	1,2
Alto	1,2

Nota. La tabla representa el Coeficiente de consumo máximo diario K1 del proyecto.

Tomado de la Normativa del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS (p. B27), resolución 330 del 2017.

Para tener en cuenta se utilizó como referencia resolución del RAS 0330 del 2017 ya que el proyecto se ha venido trabajando desde agosto del 2021, se recomienda en el momento de la ejecución del diseño tener en cuenta la resolución del RAS 0799 del 2021.

8.5 Estado Actual Acueducto

El diagnóstico de la infraestructura existente se ordena por cada componente en forma lineal(sentido del flujo),con la finalidad de permitir el estudio total del sistema, el acueducto fue construido en el año 1982, dicho transporte se conducía por canal abierto, y desde el año 90 se instaló el sistema de conducción en manguera de cuatro pulgadas, se encuentra en deterioro, la captación fue construida sin estudios, la red de distribución se encuentra en PVC esta red fue instalada en el año 2011,el sistema no cuenta con tratamiento de agua potable es por esto que es importante generar una Ptap para abastecer a los usuarios,(Gutiérrez Rodrigo, estudios y diseños de la optimización del acueducto veredal Pantano del Cerro, vereda Susacá,2015).

Figura 2.

Esquema del acueducto veredal



Nota. En la figura se observa el Esquema general del acueducto veredal. Tomado de Optimización Acueducto veredal Pantano del Cerro Diagnostico del sistema (p.4), por R. Gutiérrez, 2015.

8.5.1 Captación

En la zona denominada “PANTANO DEL CERRO”, se encuentra construida la captación, realizada por el acueducto veredal, para determinar si es adecuada se requiere un estudio hidrológico para identificar el caudal y la confiabilidad de dicha fuente para solventar la demanda.

El RAS establece que el caudal debe estar en el 95% de tiempo de excedencia de la curva de duraciones de caudales diarios, el “Q95” del proyecto es de $0,0211m^3/s$ siendo superior a dos veces el caudal medio diario $0,00125m^3/s$ demandado por la proyección de la población, esto quiere decir que el sistema de captación cumple con condiciones de diseño. La fuente de abastecimiento cuenta con el caudal suficiente y por este motivo no se toma en consideración la búsqueda de fuentes alternas como suministro.

Por lo cual este se encuentra en deterioro y es necesario plantear otro sistema de captación, ya que cuentan con captación de tipo embalse con un orificio de descarga sumergible de 4 pulgadas

Figura 3.

Captación Embalse del acueducto veredal



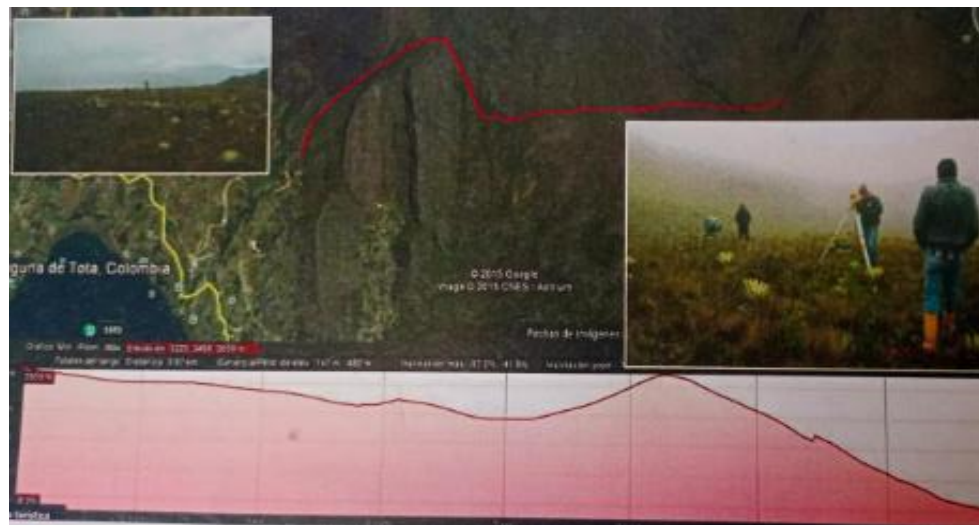
Nota. En la figura se observa el embalse del Acueducto veredal. Tomado de Optimización Acueducto veredal Pantano del Cerro Diagnostico del sistema (p.6), por R. Gutiérrez, 2015.

8.5.2 Red de Aducción

La tubería actual está construida desde el embalse de captación hasta el tanque de almacenamiento, el cual se encuentra actualmente en manguera de diámetro cuatro (4") pulgadas, esta línea tiene una longitud total de 4.190m (Acueducto veredal Pantano del Cerro, 2015, p. [35]).

Figura 4.

Línea de Aducción del acueducto veredal



■ Línea de aducción actual

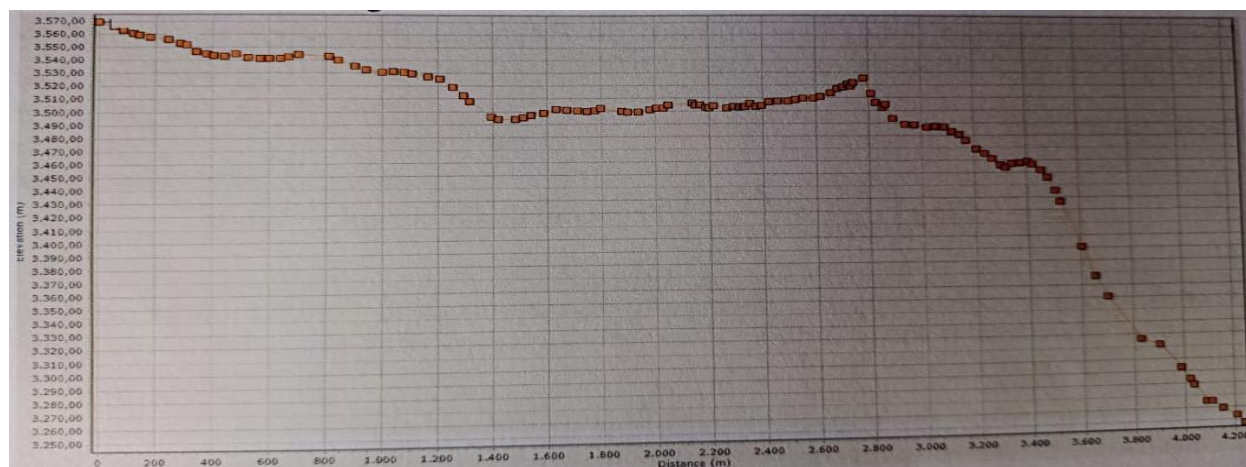
Nota. En la figura se observa la línea de aducción de la tubería Acueducto veredal.

Tomado de Optimización Acueducto veredal Pantano del Cerro Diagnostico del sistema (p.8), por R. Gutiérrez, 2015.

En la siguiente figura se observa el perfil de la línea de aducción realizada en el año 2015

Figura 5.

Perfil de la línea de aducción Acueducto Veredal



Nota. En la figura se observa el perfil de la línea de aducción del Acueducto veredal.

Tomado de Optimización Acueducto veredal Pantano del Cerro Diagnostico del sistema (p.10), por R. Gutiérrez, 2015.

Con esto según informa el estudio la tubería presenta fugas y perdidas a lo largo de la línea, siendo consecuencia del deterioro de dicha red la cual requiere remplazo total.

8.5.3 Tanque de Almacenamiento

El acueducto veredal cuenta con un tanque de almacenamiento en concreto reforzado con dimensiones $9,0 \times 8,0 \times 3,0$ con un volumen de $194,4m^3$. (Acueducto veredal Pantano del Cerro, 2015, p. [39]).

Figura 6.

Tanque de almacenamiento Acueducto veredal



Nota. En la figura se observa el tanque de almacenamiento del Acueducto veredal.

Tomado de Optimización Acueducto veredal Pantano del Cerro Diagnostico del sistema (p.12), por R. Gutiérrez, 2015.

Este tanque provee el caudal máximo horario, para el año 2015 el cual corresponde a 1,1 l/s, este se encuentra después de la línea de aducción, sin tratamiento previo (Acueducto veredal Pantano del Cerro, 2015, p. [40]).

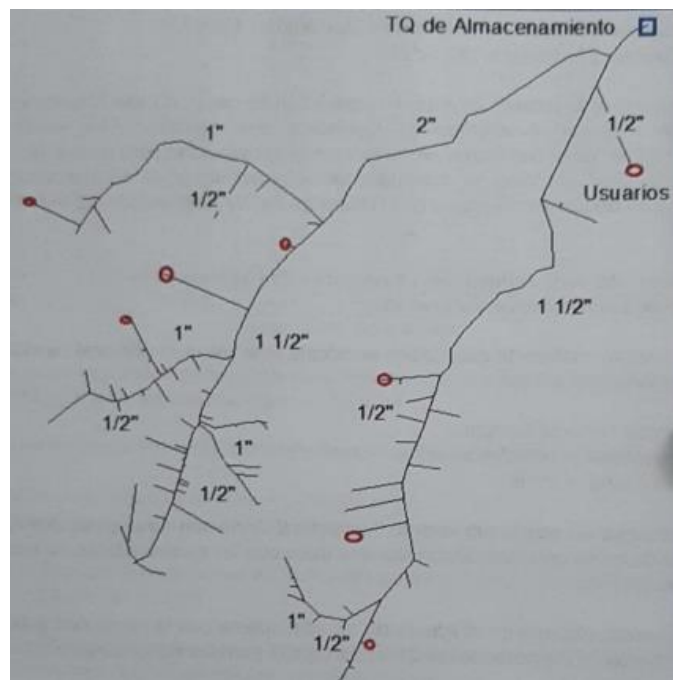
Los usuarios del acueducto cuentan con una capacidad de abastecimiento durante las 24 horas del día con las condiciones actuales del sistema.

8.5.4 Red de Distribución

Cuenta con una red aproximadamente de 4,3 km en tuberías de distribución con diámetros de 2", $1\frac{1}{2}$ ", (1/2)", la totalidad de esta tubería se encuentra en PVC (PVC RDE 21), la cual se ha renovado en el transcurso de los años (Acueducto veredal Pantano del Cerro, 2015, p. [42]).

Figura 7.

Esquema red de distribucion Acueducto



Nota. En la figura se observa el esquema de la red de distribución del Acueducto veredal. Tomado de Optimización Acueducto veredal Pantano del Cerro Diagnostico del sistema (p.16), por R. Gutiérrez, 2015.

Se puede observar en la figura anterior la distribución de la tubería, en la red principal se encuentran abiertas de 2”, consecutivas en ramales de $1\frac{1}{2}$ ”, 1” finalmente se encuentra tubería que llega a los usuarios de 1/2” (Acueducto veredal Pantano del Cerro, 2015, p. [43]).

9 Marco Geográfico

“El municipio de Aquitania Boyacá se encuentra localizado en el oriente del Departamento de Boyacá a 101 km de Tunja, Aquitania posee una topografía quebrada la cual oscila de 3.030 a 3.200 msnm que corresponden a 40.697,28 ha según los datos del IGAC.(CORPOBOYACA, Resolución 2727 de 2011, Determinantes Ambientales, Pág. 7), limita con nueve municipios de Boyacá y dos de Casanare, por el norte con Sogamoso, Cuitiva y Mongua, por el sur con los municipios de Zetaquirá, San Eduardo y Páez, por el oriente con los municipios de Labranzagrande, Pajarito, Recetor y Chameza y por el Occidente con Cuitiva y Tota, hace parte de la denominada Provincia de Sugamuxi. Corresponde a una de las tres poblaciones que bordean el Lago de Tota, corresponde al 72% de superficie, cuenta con una extensión urbana de 1.0735 km² el cual corresponde al 0,13% de la extensión rural de 855,7276 km² que corresponde a 99,87%, la extensión total es de 856,8011 km² correspondiente al 100% de extensión territorial del municipio, posee un clima frío y una temperatura promedio de 12° centígrados”(Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Aquitania, 2020) .

Figura 8.

Mapa municipio de Aquitania Boyacá

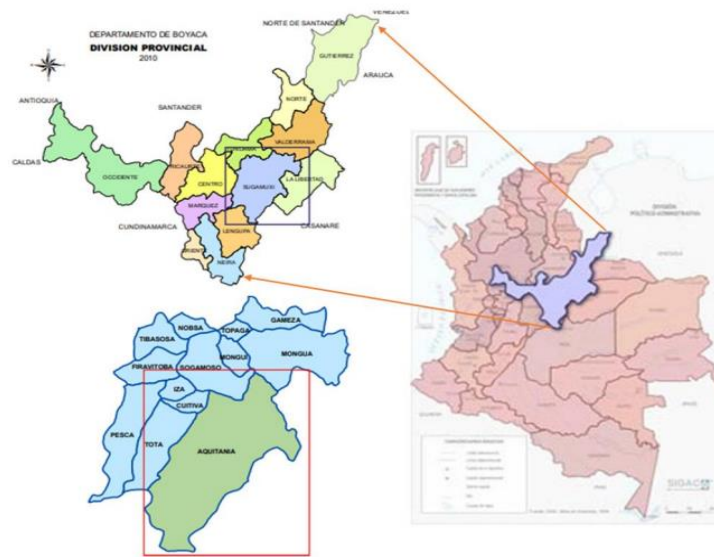


Figura 8. Mapa del Municipio de Aquitania, fuente cartografía IGAC81988)

Nota. En la figura se observa el mapa del Municipio de Aquitania Boyacá. Tomado de Cartografía (IGAC.8),1988.

El sitio de captación cuenca de agua natural que provee al acueducto, se encuentra en las siguientes coordenadas N:5°35'20,75" y O:72°51'38.50".

10 Metodología

Se realiza una visita de campo a la zona Pantano del cerro, se toma una muestra in situ de calidad de agua, la toma de se realizó en una época de año en la cual no afecta las condiciones del agua abruptamente, “Físicoquímicos y Microbiológicos” por el laboratorio “Servi Químicos.Eu” empresa que cumple con la normativa exigida para este tipo de servicios, los parámetros de interés son coliformes totales, escherichia colí, turbiedad, sulfatos, hierro total, calcio, color aparente, conductividad, dureza total, fosfatos, pH. Con base a los resultados del laboratorio se puede tomar la decisión del sistema ideal para la planta de potabilización, adaptando el sistema para la comunidad de la zona veredal de Susacá, (Acueducto veredal Susacá,2022).

Se remite a los censos realizados por el DANE para la toma de los datos de población, se obtiene los datos de proyección de habitantes a 25 años esto permite un diseño apropiado con la demanda requerida por la vereda a futuros pobladores.

Con base a los datos suministrados la calidad, cantidades y bibliografías, se define los diseños hidráulicos tomando como base de diseño la resolución 0330 del RAS 2017.

11 Análisis de Resultados

En la siguiente información se observa los resultados de la investigación

11.1 Estimación de la Población

En los siguientes datos obtenidos por el DANE, se observa la cantidad de población para la cual se proyectó el caudal de diseño del sistema de potabilización, En estos solo se encuentran según reporte por la entidad y el municipio el censo de la población hasta el año 2015.

Tabla 6.

Datos poblacionales censo DANE

<i>Datos de la población censo DANE</i>	
<i>Año</i>	<i>Población</i>
<i>2010</i>	<i>325</i>
<i>2015</i>	<i>375</i>

Nota. En la figura se observa los datos poblacionales del censo realizado por el DANE en la vereda hasta el año 2015. Tomado de Optimización Acueducto veredal Pantano del Cerro (p.9), por R. Gutiérrez, 2015

Por lo anterior se realiza la estimación de la población con los diferentes métodos de proyección en la cual se observan las diferentes tasas de crecimiento.

Tabla 7.

Métodos de proyección población de Diseño

METODO DE TASA DE CRECIMIENTO		
Método aritmético	10	habitante/año
Método Geométrico	0,029033661	habitante/año
Método Exponencial	0,028620169	habitante/año

Nota. En la tabla 17 se observa los métodos de proyección calculados para el Acueducto veredal.

La proyección que genera un parámetro ideal para la tasa de crecimiento anual según los métodos estipulados en el RAS, el método que presenta un ajuste exacto es el geométrico el cual indica un aumento de la población 10 habitantes/año.

Tabla 8.

Proyección población de diseño por los diferentes métodos

Año	Aritmético	Geométrico	Exponencial
2016	385	386	386
2017	395	397	397
2018	405	409	409
2019	415	420	420
2020	425	433	433
2021	435	445	445
2022	445	458	458
2023	455	471	471
2024	465	485	485
2025	475	499	499
2026	485	514	514
2027	495	529	529
2028	505	544	544
2029	515	560	560
2030	525	576	576
2031	535	593	593
2032	545	610	610

2033	555	628	628
2034	565	646	646
2035	575	665	665
2036	585	684	684
2037	595	704	704

Nota. En la tabla se observa la proyección de la población de diseño del Acueducto veredal.

El resultado de la proyección para cada año se obtiene uno por cada método.

Tabla 9.

Proyección media de población de diseño

Media	668
-------	-----

Nota. En la tabla se observa la media poblacional de diseño para el Acueducto veredal.

Figura 9.

Esquema de proyección de población

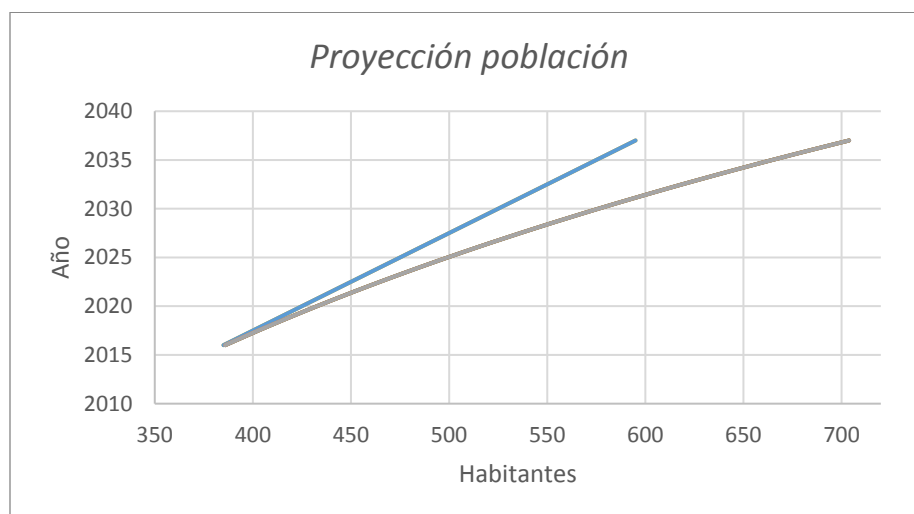


Figura 9. Esquema de proyección de población.

Nota. En la gráfica se observa el crecimiento de la población con respecto a los datos obtenidos en el DANE.

Tabla 10.

Nivel de complejidad del sistema

<i>Nivel de complejidad</i>	<i>Periodo de diseño</i>
Bajo	15
Medio	20

Nota. En la tabla se observa el nivel de complejidad del sistema se define mediante la tabla anterior del RAS 0330 como un nivel Bajo, sin embargo, el umbral de la población denotaría un nivel de complejidad Medio pero dadas las características socio económicas de la zona de estudio se considera con un nivel bajo de complejidad.

Tabla 11.

Dotación bruta población diseño

<i>Dotación neta</i>	115	(L/hab.día)
<i>Dotación bruta</i>	153	(L/hab.día)

Nota. En la tabla 11 se toma en cuenta las características socio económicas y geográficas que definen la temperatura media.

$$\text{Dotacion Bruta} = \frac{115}{0,75} = 153 (\text{L/hab.día})$$

En el caso de la dotación se tuvo en cuenta la tabla del RAS el nivel de dotación neta y dotación bruta, ya que requiere satisfacer las necesidades de los usuarios.

11.2 Caudales

Tabla 12.

Caudales

<i>Qmd</i>	1,25	l/s
<i>QMD</i>	1,62	l/s
<i>QMH</i>	2,27	l/s

$$Q_{md} = \frac{(704 \times 153)}{86400} = 1,25 \text{ l/s}$$

$$Q_{MD} = 1,25 \times 1,3 = 1,62 \text{ l/s}$$

$$Q_{MD} = 1,62 \times 1,4 = 2,27 \text{ l/s}$$

$$0,0211 \times 1000$$

Tabla 13.

Cumplimiento del caudal medio diario

21,1	CUMPLE
------	--------

Nota. Con base en los resultados obtenidos en la tabla se observa que el caudal medio diario no supera en 2 veces el caudal que proporciona la fuente del abastecimiento cumpliendo con lo descrito en RAS, por lo tanto, no requiere de un tanque de almacenamiento.

11.3 Resultados Muestra de Calidad de Agua

La siguiente información suministra por la empresa Servi Quimicos.Eu, Análisis realizados por los autores a la fuente “Pantano del Cerro”, los cuales arrojaron los siguientes resultados el mes de noviembre de 2021.

Tabla 14.*Resultados fisicoquímicos de la muestra de agua*

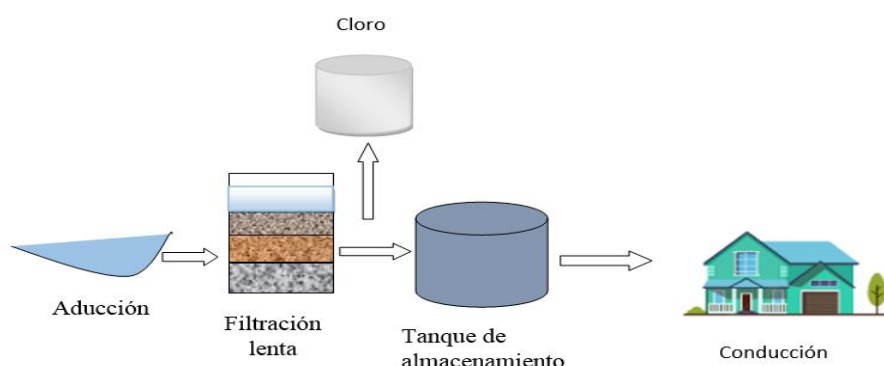
FECHA DE ANÁLISIS	PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	VALORES
23/11/2021	HIERRO TOTAL	mg Fe / L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 3500-Fe B	0,099	0,004	0,3
23/11/2021	MAGNESIO	mg Mg / L	CÁLCULO	SM 3500-Mg B	0,15	N/A	36
23/11/2021	NITRITOS	mg NO3 / L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 4500-NO3 B	1,26	0,1	10
23/11/2021	NITRITOS	mg NO2 / L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 4500-NO2	<0.020	N/A	0,1
23/11/2021	SULFATOS	mg SO42 / L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8051	3	N/A	250
23/11/2021	TURBIEDAD	UNT	NEFELOMÉTRICO	SM 2130-B	0,05	N/A	2

Nota. En la tabla se observan los resultados, se recomienda realizar un filtro lento de arena ya que esta fuente cumple con los rangos establecidos de turbiedad es por esto que no

requiere un sistema complejo, no necesita de procesos unitarios como coagulación y floculación, el análisis de los coliformes totales nos indica que es necesario implementar un tanque contactor de cloro.

Figura 10.

Adaptador de potabilización de Agua



Nota. En la figura se observa Adaptador de potabilización del agua.

Según (Romero J.,2000) recomienda utilizar este tipo de filtros para turbiedades menores a 10 UNT “unidad nefelometría de turbidez” y contaminaciones menores a 500 Escherichia colí por 100 ml, lo cual es muy favorable en el proyecto ya que este presenta una turbiedad aproximada de 2 UNT en condiciones climáticas normales.

11.4 Diseño Filtro Lento Convencional

Según (Romero J.,1999) y (Arboleda J.,2000), se recomienda que se utilicen 2 Unidades Para dar continuidad al acueducto cuando se realice el mantenimiento, sin embargo, en los filtros lentos convencionales se puede realizar manualmente y no requiere mano de obra especializada, el servicio puede tener cortes ya que la población es pequeña y cortes no extensos.

Tabla 15.*Parámetros de Diseño Filtro Convencional Vereda Susacá*

<i>Filtro lento convencional</i>		
<i>Ítem</i>	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>
<i>Columna de agua</i>	1	M
<i>Caudal</i>	0,00125	m ³ /s
<i>Velocidad</i>	0,00017	m ³ /(m ² *día)
<i>Unidades</i>	2	Ud
<i>AT</i>	7,5	m ²
<i>Base</i>	3	M
<i>Altura</i>	3	M
<i>Lecho filtrante</i>	1,2	M
<i>Tamaño</i>	1,59	Mm
<i>Cu</i>	2	
<i>Tamaño efectivo</i>	0,2	Mm
<i>Grava</i>	0,45	M

Ecuación 10.

$$H = \text{Columna de agua} + \text{lecho filtrante} + \text{Grava} + 0,3 + 0,26$$

$$H = 1\text{ m} + 1,2\text{ m} + 0,45\text{ m} + 0,3 + 0,26$$

Tabla 16.

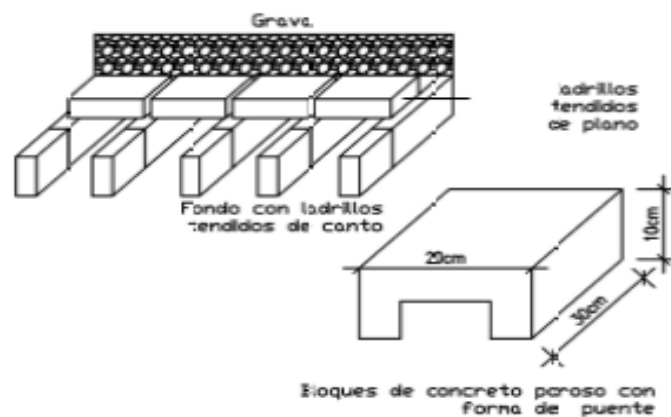
H filtro convencional

<i>H de filtro</i>	3,21
--------------------	------

Nota. En este caso se toma como altura mínima del filtro 3,21 m sin embargo por medidas constructivas exactas y una presión adicional ya sea para el aumento de velocidad o realizar el manteniendo, se toma una altura de 4 metros.

Figura 11.

Sistema de drenaje bloques de concreto en forma de puente



11.4.1 Pérdida de Carga

Con base a la ecuación de Darcy, se determina la pérdida de carga teniendo en cuenta los parámetros, a continuación, mencionados.

$$h = \frac{l}{k} v$$

Ecuación (11)

$h =$ Pérdida de carga

$l =$ Espesor

$k =$ Coeficiente de permeabilidad

$v =$ Velocidad del flujo

11.4.2 Velocidad Frecuente de Filtración

En el cálculo de la velocidad se tiene en cuenta la recomendación del RAS la tasa de filtración estaría entre 7 y 14 $m^3/(m^2 \cdot día)$, se obtienen las siguientes velocidades frecuentes de filtración.

Ecuación 12.

$$v = k \times l$$

Teniendo en cuenta el tamaño de partícula recomendado y propuesto se selecciona un coeficiente de 0,0001 m/

Ecuación 13.

$$v = \frac{0.0001m}{s} \times \frac{1,7}{1,2}$$

$$v = 12,2 \text{ } m^3/(m^2 \cdot día)$$

Tabla 17.

Velocidad frecuente de filtración vereda Susacá

Velocidad frecuente de filtración	
$m^3/(m^2 \cdot día)$	$m^3/(m^2 \cdot s)$
12,2	0,00014

Alturas de materiales utilizados para el sistema de filtración, arena y grava, en el cálculo se toma como valor fijo la velocidad del lecho filtrante, en el caso de la grava se toma una Grava de 0,45 m ya que para este se recomienda una capa de grava gruesa para lo cual se necesita una lámina de agua de 0,5 m para vencer esta resistencia de los materiales y finalmente un valor total de h, se obtiene utilizando la suma de 1,7 m y 0,20 m obtenido de la siguiente manera.

Ecuación 14.

$$h_{Arenas} = \frac{\text{Lecho filtrante}}{0,0001} \times 0,00014 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$$

$$h_{Arenas} = \frac{1,2 \text{ M}}{0,0001} \times 0,00014 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$$

$$h_{Arenas} = 1,7 \text{ m}$$

Ecuación 15.

$$h_{Grava} = \frac{\text{Grava}}{0,01} \times 0,0045 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$$

$$h_{Grava} = \frac{0,45 \text{ M}}{0,01} \times 0,0045 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$$

$$h_{Grava} = 0,20 \text{ m}$$

Ecuación 16.

$$h_{Total} = h_{Arenas} + h_{Grava}$$

$$h_{Total} = 1,9 \text{ m}$$

Tabla 18.

H de arena, grava y el total de altura

h_{Arena}	1,7 m
h_{Grava}	0,20 m
h_{Total}	1,9 m

Nota. Se cuenta con una cabeza mínima de 2,27 m, queda los cuales vencen 1,9 m de gasto del lecho filtrante.

11.5 Desinfección

Tabla 19.

Datos de desinfección

Tabla 14. Parámetros de Desinfección por cloración (1 - 2 UNT)																
Valores de $C_t = K$ (mg-min/l) para inactivación de Coliformes totales por Cloro libre para log 3																
Dosis de Cloro Aplicada mg/l	10 °C				15 °C				20 °C				25 °C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
<=0,40	37	44	52	63	25	30	35	42	18	22	26	31	12	15	18	21
0,6	38	45	54	64	25	30	36	43	19	23	27	32	13	15	18	22
0,8	39	46	55	66	26	31	37	44	20	23	28	33	13	16	19	22
1,0	40	47	56	67	27	32	38	45	20	24	28	34	13	16	19	23
1,2	40	48	57	69	27	32	38	46	20	24	29	35	14	16	19	23
1,4	41	49	58	70	28	33	39	47	21	25	29	35	14	17	20	24
1,6	42	50	60	72	28	33	40	48	21	25	30	36	14	17	20	24
1,8	43	51	61	74	29	34	41	49	22	26	31	37	15	17	21	25
2,0	44	52	62	75	29	35	42	50	22	26	31	38	15	18	21	25
2,2	45	53	64	77	30	35	43	51	22	27	32	39	15	18	21	26
2,4	45	54	65	79	30	36	43	53	23	27	33	39	15	18	22	26
2,6	46	55	66	80	31	37	44	54	23	28	33	40	16	19	22	27
2,8	47	56	67	82	31	37	45	55	24	28	34	41	16	19	23	27
3,0	48	57	69	83	32	38	46	56	24	29	34	42	16	19	23	28

Nota. En la tabla 19 se observa los valores k (mg-min/l) los cuales están en función de la dosis aplicada en mg/l la temperatura y el pH, el análisis de las variables permite determinar el tiempo estimado para eliminar las bacterias necesarias para el consumo.

Ahora bien, es importante destacar que la tabla se utiliza para turbiedades no mayores a 2 UNT, existe una tabla que precede los valores de k para turbiedades menores, en este caso en

particular utilizamos de manera conservadora la tabla 24 ya que según los resultados de laboratorio el Pantano del Cerro cuenta con una turbiedad no mayor a 2 UNT sin embargo esto ocurre en condiciones normales por lo que desconocemos las turbiedades que pueda llegar a presentar en condiciones extremas de lluvia, obtenida de la siguiente manera.

MCL=Masa de cloro

Ecuación 17.

$$MCL = 0,00125 \times 1000$$

$$l/s = 1,25$$

$$MCL = \frac{1,25 \times 2}{\frac{86400}{1000000}}$$

$$MCL = 0,22 \text{ kg/día}$$

Tabla 20.

Datos de desinfección

Desinfección					
	<i>l/s</i>		<i>Dosis mg/L</i>		<i>kg/día</i>
<i>MCL</i>	<i>1,25</i>	<i>X</i>	<i>2</i>	<i>0,22</i>	

En la tabla 20 calculamos la dosis necesaria para que el tanque de contacto desinfecte el agua, la norma establece unos valores mínimos y máximos que se recomienda cumplir sin embargo la dosis depende de las características propias de cada proyecto, puesto que esto depende de la capacidad residual del cloro que se ve afectada por los distintos microorganismos y otros que

disminuyen su funcionalidad por lo que es necesario realizar pruebas hasta determinar la dosificación óptima del acueducto.

Teniendo en cuenta una altura 3000 metros sobre el nivel del mar se selecciona una temperatura promedio de 11 grados Celsius para lo cual se realiza una interpolación, ya que los valores registrados en la tabla están en múltiplos de cinco.

Ecuación 18.

$$\frac{42 - 62}{15 - 10} \times 1 + 62 = 58$$

Tabla 21.

Datos de interpolación

<i>T</i>	15	10		=	58
<i>K</i>	42	62			

Nota. Posterior a encontrar el coeficiente y tener la dosis ya podemos calcular el tiempo de retención del tanque de contacto de la siguiente manera.

Ecuación 19.

$$T = \frac{\text{Interpolación}}{\text{Dosis}}$$

$$T = \frac{58}{2} = 29 \text{ min}$$

Tabla 22.*C.T de desinfección*

$C.T$	=	K	
T	=	K/C	
T	=	29	<i>min</i>

Nota. Como primera medida se diseña un floculador mecánico que tiene una capacidad de más de 15 l/s mayor a 13 veces la solicitud, se implementan debido a que estos floculadores con caudales pequeños generan canales reducidos dificultando su mantenimiento y circulación.

11.6 Tanque de contacto Tipo Alabama

Es necesario mencionar los criterios que nos permiten pre- diseñar este tanque de contacto tipo Alabama el cual reduce el área y volumen afectando directamente el precio del proyecto, sin embargo, no solo afecta el precio si no que este diseño facilitara el mantenimiento del tanque “esta unidad solo nos permite garantizar el tiempo de retención necesaria para que el producto encargado de la desinfección actúe eficientemente en la mezcla reduciendo el número de patógenos del agua”.

Nota. Según los resultados de los laboratorios la fuente no requiere de floculación, sin embargo, es utilizado para realizar la desinfección de la fuente.

Tabla 23.*Calculo de pérdidas del tanque de contacto*

<i>Floculador Alabama</i>		
<i>Q</i>	<i>0,0012</i>	<i>m³/s</i>
<i>2Q</i>	<i>0,0025</i>	<i>m³/s</i>
<i>T</i>	<i>29,0</i>	<i>min</i>
<i>T</i>	<i>1740,0</i>	<i>Seg</i>
<i>Temperatura</i>	<i>11,0</i>	<i>c</i>
<i>L/B</i>	<i>"1,2"</i>	<i>adimensional</i>
<i>L</i>	<i>0,6</i>	<i>m</i>
<i>B</i>	<i>0,5</i>	<i>m</i>
<i>H</i>	<i>1,0</i>	<i>m</i>
<i>volumen cámara_</i>	<i>0,3</i>	<i>m³</i>
<i>Volumen tanque</i>	<i>2,2</i>	<i>m³/s</i>
<i># cámaras</i>	<i>7,2</i>	<i>UDS</i>
<i>Constructivamente</i>	<i>8,0</i>	<i>UDS</i>

Nota. Para ello es indispensable partir del caudal que se desea tratar en la planta de tratamiento el cual es 0,00125 m³/s equivalente a 1,25 l/s otros datos de entrada que afectan el diseño es el tiempo de retención función de las características físicas y químicas del agua mencionado eso los autores recomiendan una relación 1,2 entre la longitud y la base de las cámaras el cual nos permite proponer el volumen de cada cámara las unidades y la estructura total.

Ecuación 19.

$$\frac{L}{B} = 1,2$$

Ecuación 20.

$$Volumen camara = 0,5m \times 0,6m \times 1m$$

$$= 0,3 m^3/S$$

Para calcular el número de cámaras se divide el volumen total del tanque sobre el volumen total de cada unidad de área.

Ecuación 21.

$$\frac{\text{Volumen total}}{\text{volumen por camara}} = N^{\circ} \text{ de camaras}$$

$$\frac{2,2}{0,3} = 7,2 \text{ unidades}$$

Lo que indica que se requieren 8 unidades y se adopta un diseño convencional que permita comunicar las diferentes cámaras de manera óptima.

La hidráulica se resume en el gradiente hidráulico, perdidas en la unidad, viscosidad y tiempo de retención como se observa en lo descrito por (Arboleda,2000) en la cual se definen en pérdida en pasa muros, codo y orificio lo que nos permite iterar los resultados controlando los requisitos mínimos mediante Excel teniendo como resultado la siguiente tabla resumen.

Tabla 24.

Calculo de dimensiones mínimas para el diseño

Diametro (in)	G(S ⁻¹)	Nc	T(s)	HT(m)	HF(m)	Hc(m)	Ho(m)	Ao	Do(m)	Do(in)	D orificio
2	70	2	435	0.13855	0.03027883	0.00775138	0.10051729	0.00110382	0.0374891	1.5	"1 1/2"
4	40	2	435	0.04524	0.00189243	0.00048446	0.04286311	0.00169036	0.0463921	1.8	"2 "
6	20	2	435	0.01131	0.00037381	9.5696E-05	0.01084049	0.00336121	0.0654189	2.6	"3"
6	10	2	435	0.00283	0.00037381	9.5696E-05	0.00235799	0.00720691	0.0957921	3.8	"4"

Se pierden aproximadamente 0,2 metros en el sistema.

Nota. La primera columna indica el diámetro de la tubería, la segunda el gradiente hidráulico posterior a ello el número de cámaras y el tiempo de retención que ocupa cada par de cámaras.

Luego encontramos en la columna HT(m) las pérdidas totales en esa sección, las pérdidas Hf que indicarían la pérdida generada por el pasa muro, las pérdidas en el codo HC y por ultimo las pérdidas en los orificios y diámetro de orificios necesarios para cumplir las exigencias del proyecto.

Tabla 25.

Diámetros área y velocidad en función del caudal de diseño

D(in)	D(m)	A(m ²)	Vel(m/s)
2	0,0508	0,00202683	0,6162935
4	0,1016	0,00810732	0,15407337
6	0,1524	0,01824147	0,06847706
8	0,2032	0,03242928	0,03851834
10	0,2540	0,05067075	0,02465174
12	0,3048	0,07296588	0,01711926
14	0,3556	0,09931467	0,01257742

Nota. La siguiente tabla nos permite determinar el área y las velocidades teniendo en cuenta el caudal de diseño.

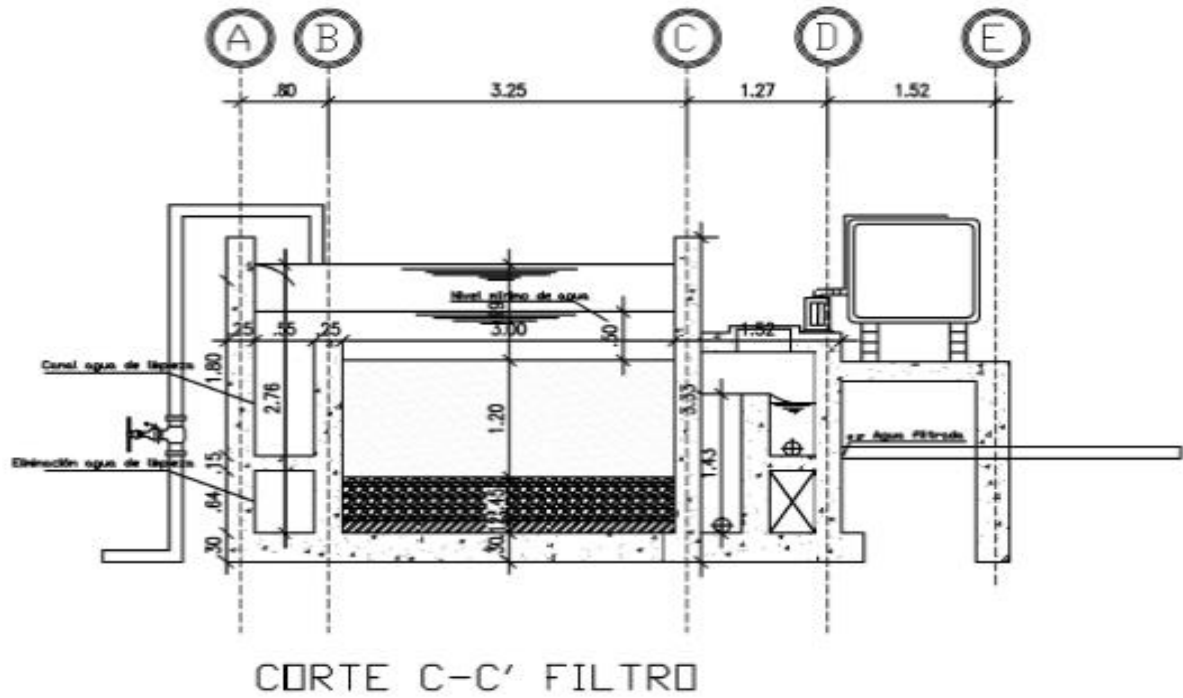
11.7 Diseño del Sistema

Con base a los cálculos realizados el diseño ideal para nuestro filtro contiene las siguientes características y dimensiones como se puede observar en cada perfil.

Diseño en planta filtro



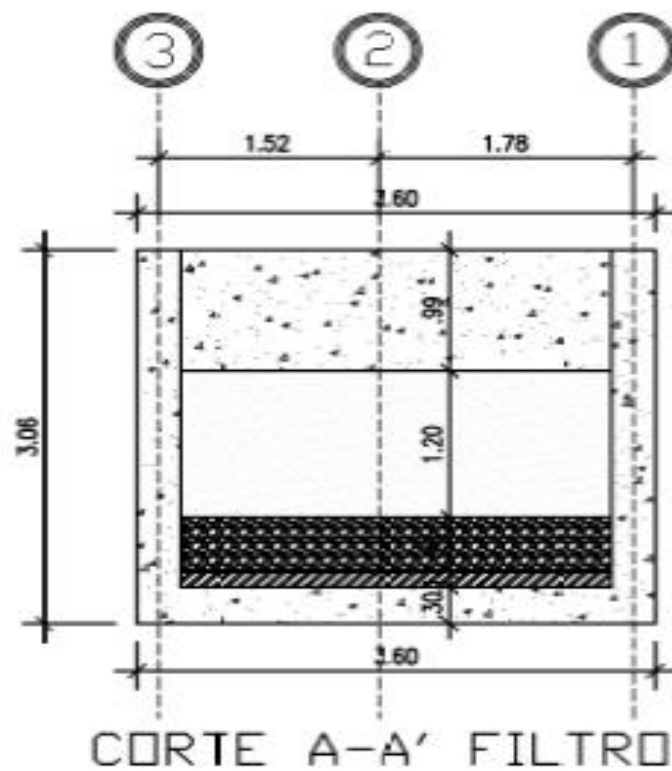
Diseño en corte longitudinal



Nota. Diseño de filtro corte longitudinal con sus respectivas dimensiones.

Figura 14.

Diseño filtro transversal

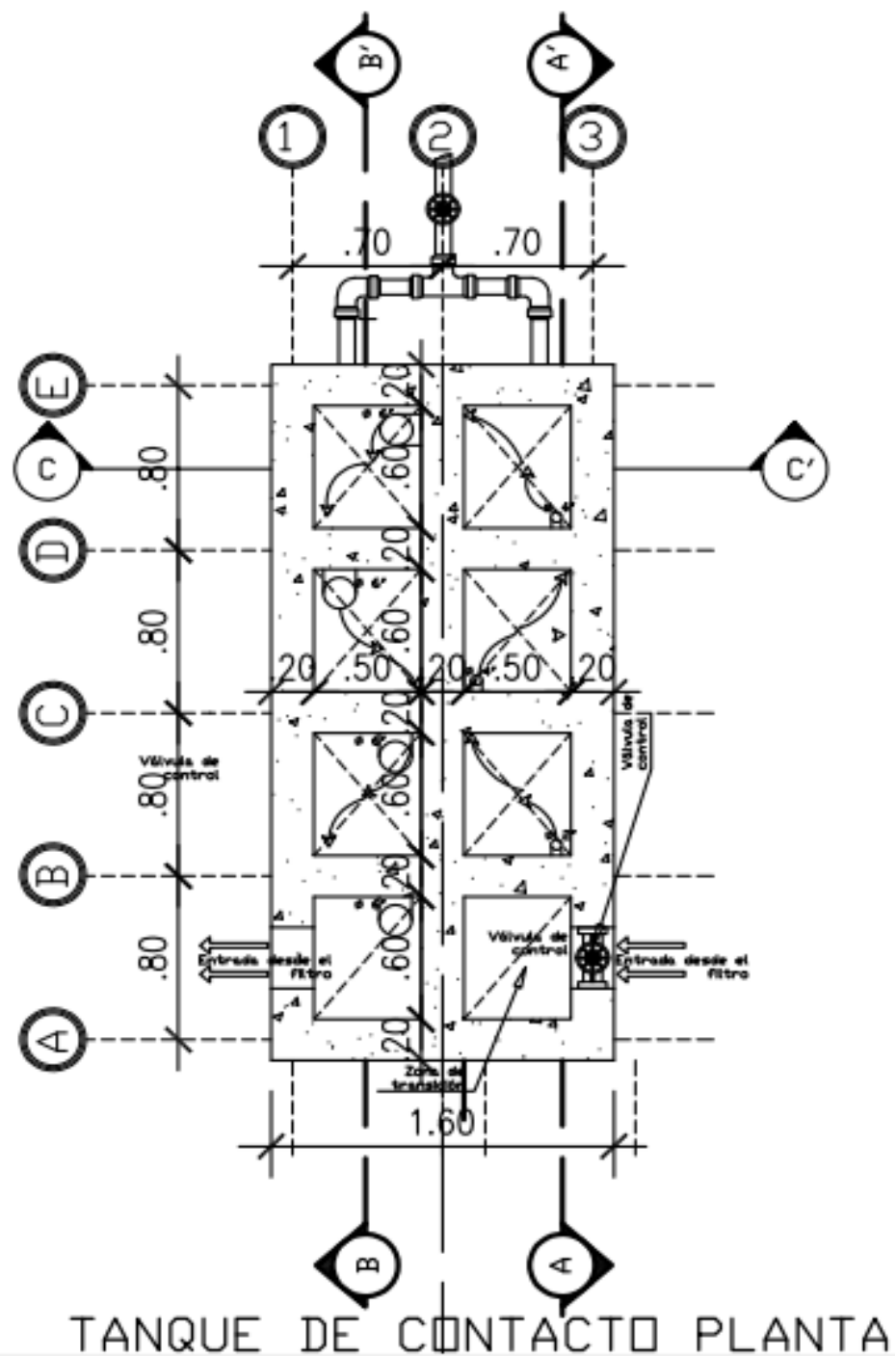


Nota. Diseño de filtro corte en transversal con sus respectivas dimensiones.

11.8 Diseño floculador Alabama

Figura 15.

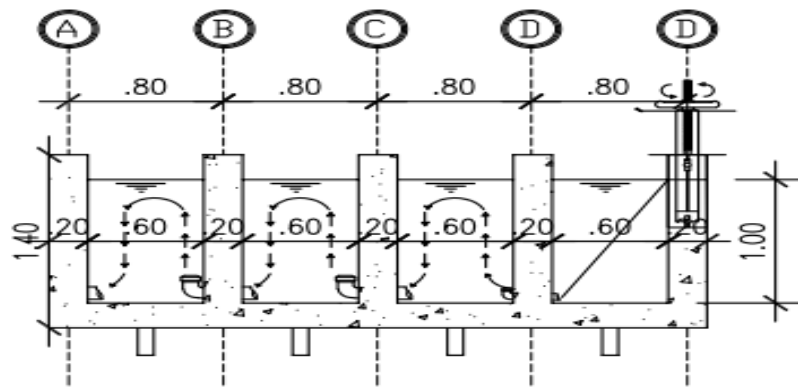
Diseño floculador Alabama en planta



Nota. Diseño de floculador corte en planta con sus respectivas dimensiones.

Figura 16.

Diseño floculador en corte longitudinal

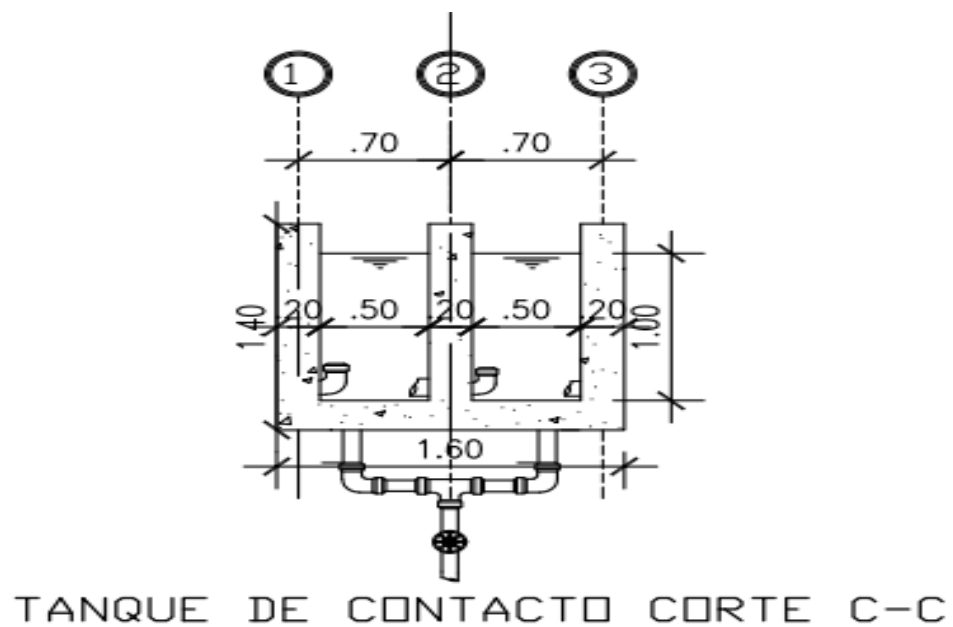


TANQUE DE CONTACTO CORTE A-A'

Nota. Diseño de floculador corte longitudinal con sus respectivas dimensiones.

Figura 17.

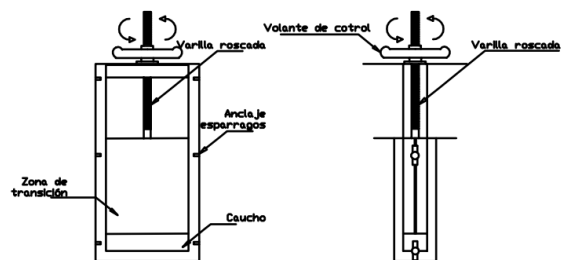
Diseño Floculador Alabama corte transversal



Nota. Diseño de floculador corte transversal con sus respectivas dimensiones.

Figura 18.

Diseño compuerta Alabama en corte longitudinal.

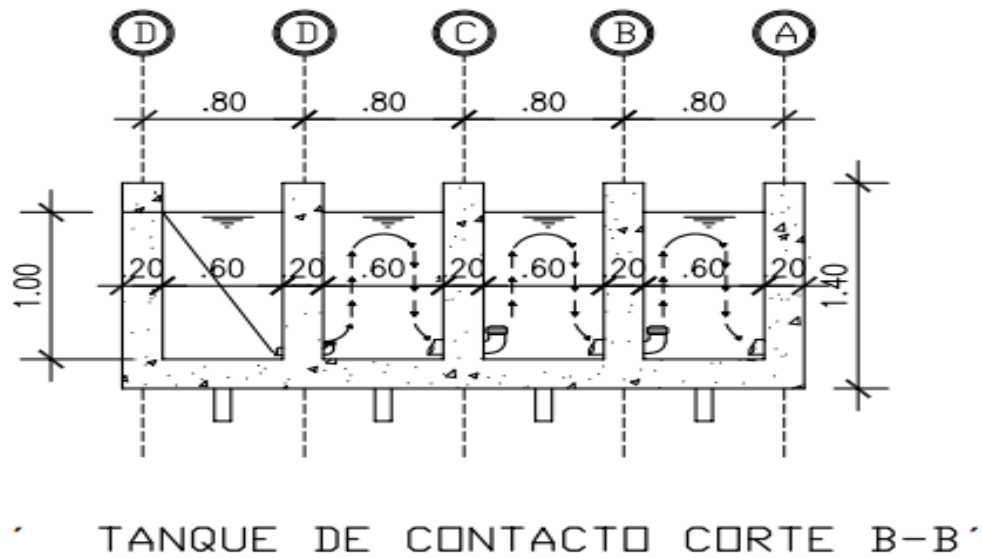


DETALLE COMPUERTA

Nota. Diseño de compuerta Alabama corte longitudinal con sus respectivas dimensiones.

Figura 19.

Diseño floculador Alabama en corte longitudinal.

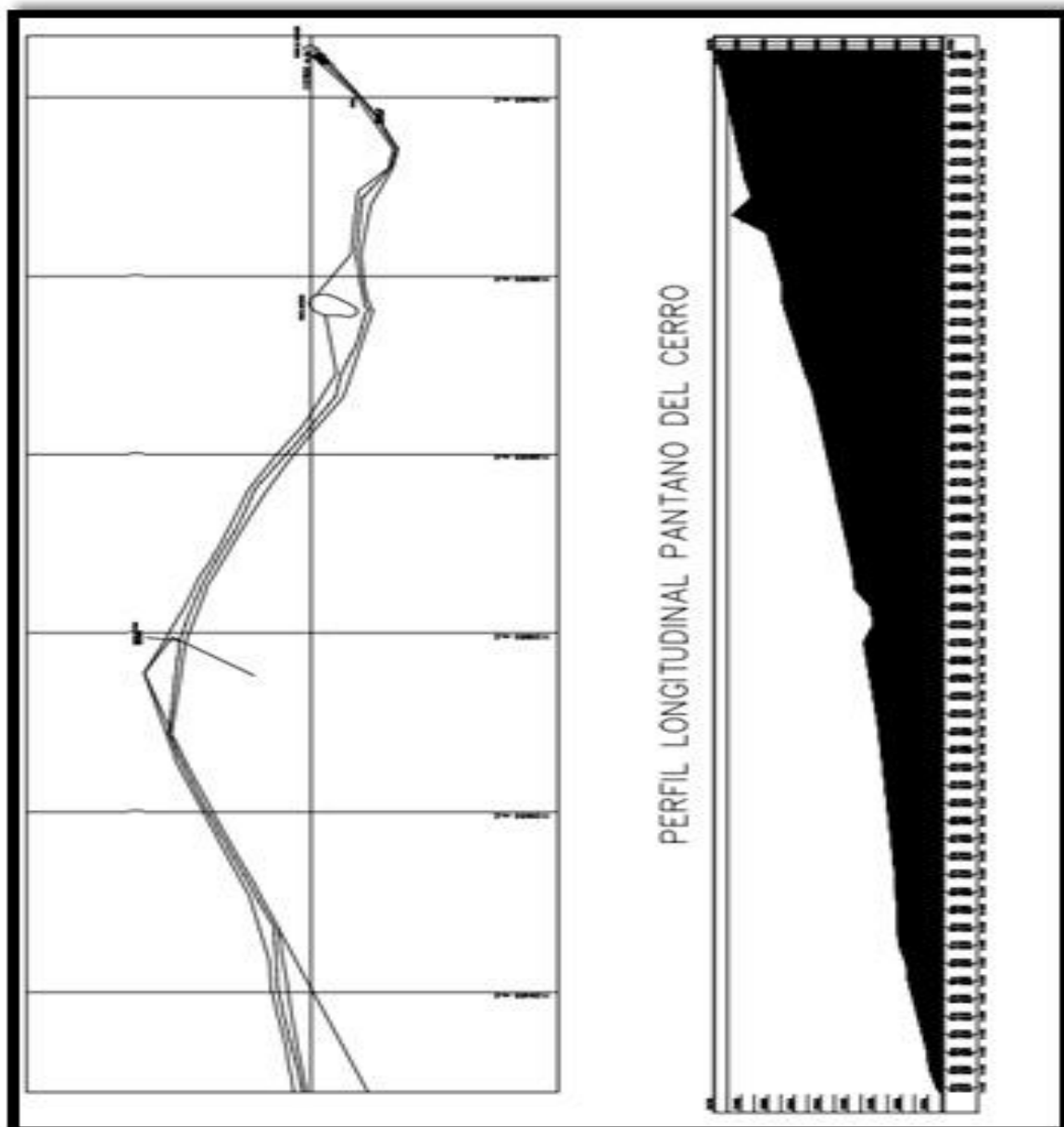


Nota. Diseño de floculador Alabama corte longitudinal con sus respectivas dimensiones

11.9 Planta y Perfil Pantano del Cerro

Figura 22.

Diseño de perfil en planta y en corte.



Nota. Diseño perfil longitudinal de la zona de estudio con las dimensiones, ubicación de la tubería, tanques de contacto y elevación.

12 Anexo

12.1 Resultados Laboratorio



IDEAM
Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales
Laboratorio acreditado ante el IDEAM para los
parámetros según la resolución N° 0136 del 11
de febrero del 2020



ServiQuimicos E.U.
Análisis de aguas residuales, potables, crudas y de
uso recreacional
Venta de reactivos químicos en general
Equipos y vidrieria para laboratorio en general
NIT. 826.002.964-0

Sogamoso; 26 de Noviembre de 2021

REPORTE DE RESULTADOS

Reporte No.: 0965-2021

Proceso: Gestión de Laboratorio
Fecha de versión: 2021-07-01
Versión: 03
Codigo: GL-FT-13
Página 2 de 2

8.1 FISICOQUÍMICOS							
Fecha de Análisis	PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	VALORES Ref: Resolución 2115/07
2021-11-23	HIERRO TOTAL	mg Fe/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 3500-Fe B	0.099	± 0.004	0.3
2021-11-23	MAGNESIO	mg Mg/L	CÁLCULO	SM 3500 - Mg B	0.150	N/A	36
2021-11-23	NITRATOS	mg NO3-/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 4500-NO3 B	1.26	± 0.10	10
2021-11-23	NITRITOS	mg NO2-/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	SM 4500-NO2-	<0.020	N/A	0.1
2021-11-23	SULFATOS	mg SO42-/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO	HACH 8051	3.00	N/A	250
2021-11-23	TURBIEDAD	UNT	NEFELOMÉTRICO	SM 2130 - B	0.050	N/A	2

8.2 MICROBIOLÓGICOS							
Fecha de Análisis	PARÁMETRO	UNIDADES	TÉCNICA	MÉTODO ANALÍTICO	RESULTADO	INCERTIDUMBRE	VALORES Ref: Resolución 2115/07
2021-11-23 A 2021-11-24	COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - B	200	N/A	0 UFC/100 mL
2021-11-23 A 2021-11-24	ESCHERICHIA COLI	UFC/100 mL	FILTRACIÓN POR MEMBRANA	SM 9222 - D	0	N/A	0 UFC/100 mL

N/E.: No Especificado N/A.: No Aplica *Parámetro subcontratado ** Parámetro medido "In situ" φ: Resultado pendiente

9. INFORMACION ADICIONAL: N/A

10. OBSERVACIONES REALIZADAS POR SERVIQUIMICOS E.U:

Los resultados analíticos del presente reporte corresponden exclusivamente a la muestra recibida en el laboratorio ServiQuimicos E.U.

Revisado y aprobado por:



DIEGO YAMIR NIÑO PRIETO
T.P. 26900
INGENIERO QUÍMICO

FIN DEL REPORTE

Prohibida la reproducción total o parcial del presente reporte de resultados, sin autorización previa de la Dirección del laboratorio.
Solamente son validas las copias del reporte con sello seco del laboratorio.

12.2 Diseño Floculador Hidráulico

Tabla 26.

Parámetros de diseño pre dimensionamiento Floculador hidráulico

Este pre dimensionamiento se modelo con una solicitud mayorada en base a el funcionamiento practico ya que, en el momento de realizar el diseño, con la solicitud requerida generaba un resultado inviable para su funcionamiento y mantenimiento sus dimensiones eran muy pequeñas.

Diseño tanque de contacto.									
Dadas las recomendaciones de los autores se tiene como referencia un intervalo entre 0,5 y 0,15									
L	=	174,0	<table><tr><td colspan="2">Parametros</td></tr><tr><td>v</td><td>0,1.</td></tr><tr><td>t=</td><td>29</td></tr></table>	Parametros		v	0,1.	t=	29
Parametros									
v	0,1.								
t=	29								
V	=	10,87							
A entre baffles	=	0,06							
A entre baffles	=	0,12 M^2							
d baffles	=	0,3							
H	=	0,5							
A tanque	=	21,734							
L tanque	=	7,24	B						
Espacio libre tabi	=	0,45							
Longitud efectiva	=	2,55	Caudal= 15 Lt/s						
#canales		68	174,0						

Nota. La tabla anterior se obtuvo implementando las siguientes ecuaciones y tomando datos de la (tabla 15) como se puede apreciar a continuación.

Ecuación 22.

$$L = v \times t \times 60$$

$$L = 0,1 \times 29 \times 60$$

$$L = 174,0 \text{ m}$$

Ecuación 23.

$$V = (\text{Caudal} \times 5) \times (t \times 60)$$

$$V = (0,00125 \times 5) \times (29 \times 60)$$

$$V = 10,87 \text{ m}$$

A entre baffles

Ecuación 24.

$$\frac{V}{L}$$

$$\frac{10,87}{174,0} = 0,06 \text{ m}$$

A tanque

Ecuación 25.

$$\frac{V}{H}$$

$$\frac{10,87}{0,5} = 21,734 \text{ m}$$

L tanque

Ecuación 26.

$$\frac{A \text{ tanque}}{B}$$

$$\frac{21,734}{3} = 7,24 \text{ m}$$

Espacio libre tabique y pare

Ecuación 27.

$$d \text{ baffles} \times 1,5$$

$$0,3 \times 1,5 = 0,45 \text{ m}$$

Longitud efectiva

Ecuación 28.

$$3 - \text{espacio libre tanque y pared}$$

$$3 - 0,45 = 2,55 \text{ m}$$

Caudal

Ecuación 29.

$$(d \text{ baffles} \times H \times v) \times 1000$$

$$(0,3 \times 0,5 \times 0,1) \times 1000$$

$$= 15 \frac{1}{s} \text{ capacidad del tanque}$$

Canales

Ecuación 30.

$$\left(\frac{1}{\text{Longitud efectiva}} \right)$$

$$\left(\frac{174,0}{2,55} \right) = 68 \text{ m}$$

Ecuación 31.

canales $\times$ longitud efectiva

$$68 \times 2,55 = 174,0 \text{ m}$$

12.3 Pérdidas en el floculador Hidráulico

Tabla 27.

Calculo de pérdidas del tanque de contacto

# de canales	=	75
n	=	0,013
V	=	0,1
L	=	191,25
A	=	0,06
p	=	1,3
$R^{4/3}$	=	0,017465274
$(nv)^2$	=	0,00000169
HF	=	0,02 M.C.A
H	=	0,11 M.C.A
Pérdidas totales	=	0,13 M.C.A

Nota. Los siguientes datos para el cálculo de tabla 29 se obtuvieron teniendo en cuenta los datos obtenidos de la tabla 28 como se muestra a continuación.

Ecuación 32.

$$V = v \text{ de parametros}$$

$$V = 0,1$$

Ecuación 33.

$$L = \text{Longitud efectiva} \times \# \text{ de canales}$$

$$L = 2,55 \times 75$$

$$L = 191,25$$

Ecuación 34.

$$A = A \text{ entre baffles}$$

$$A = 0,06$$

Ecuación 35.

$$\rho = (2 \times H) + d \text{ baffles}$$

$$\rho = (2 \times 0,5) + 0,3$$

$$\rho = 1,3$$

Ecuación 36.

$$R^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{A}{\rho}\right)^{\frac{4}{3}}$$

$$R^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,06}{1,3}\right)^{\frac{4}{3}} = 0,017$$

Ecuación 37.

$$nv^2 = (n \times V)^2$$

$$nv^2 = (0,013 \times 0,1)^2$$

$$nv^2 = 0,00000169$$

Ecuación 38.

$$HF = \frac{(nv^2 \times L)}{R^{\frac{4}{3}}}$$

$$HF = \frac{(0.00000169 \times 191,25)}{0,017}$$

$$HF = 0,02 \text{ M.C.A}$$

Ecuación 39.

$$H = 3 \times (\# \text{ de canales} - 1) \times V^2 \times \left(\frac{1}{19,6} \right)$$

$$H = 3 \times (75 - 1) \times 0,1^2 \times \left(\frac{1}{19,6} \right)$$

$$H = 0,13 \text{ M.C.A}$$

Ecuación 40.

Pérdidas totales

$$(HF + H)$$

$$(0,02 + 0,11)$$

$$\text{Perdidas totales} = 0,13 \text{ M.C.A}$$

Aun así, se genera un producto al municipio para que tenga un diseño que pueda tratar caudales más grandes y pueda tomar decisiones según las necesidades que lo requieran.

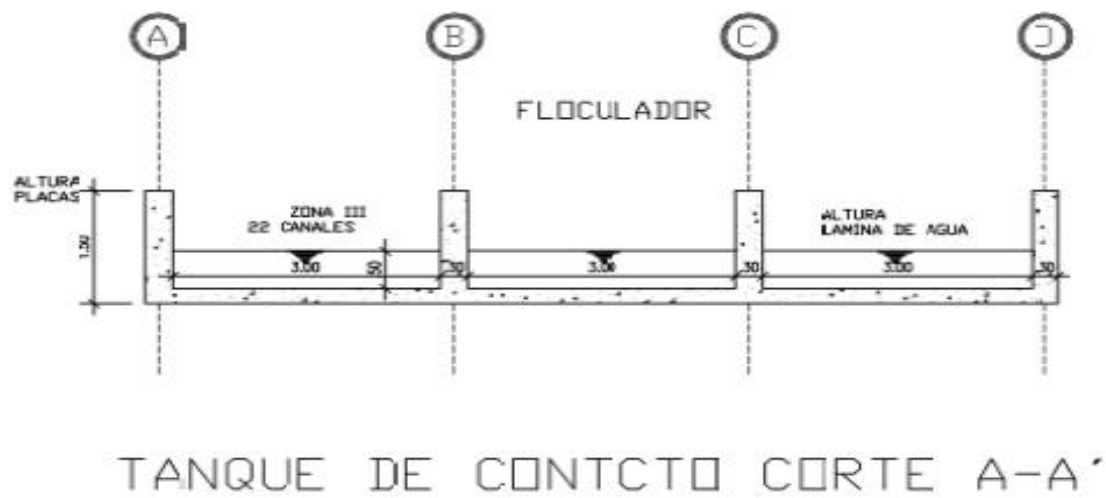
Para realizar la cloración se debe emplear un tanque de contacto, esto mediante la (*tabla 24*).de parámetros de desinfección.

12.4 Diseño Tanque y Floculador

Figura 23.

Diseño en planta floculador

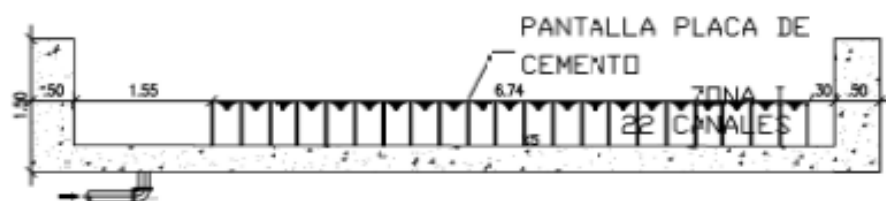
Diseño del floculador en corte transversal



Nota. Diseño del floculador en corte transversal con sus respectivas dimensiones.

Figura 25.

Diseño en corte longitudinal



Nota. Diseño del floculador en corte longitudinal con sus respectivas dimensiones.

12.5 Presupuesto

 "Construcción filtro y tanque de contacto del acueducto pantano del cerro aquitania."						
PRESUPUESTO ACTIVIDADES Y CANTIDADES DE OBRA.						
ITEM	ESPE C.	DESCRIPCION	UNID AD	CANTID AD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
1.01		PRELIMINARES				
1.01.0 5		CONFIGURACION . NIVELACION TERRENO	M2	5.440	\$ 1,115.35	\$ 6,067.50
1.01.4 6		DESCAPOTE MANUAL (HASTA 20 CM) DISTANCIA DE 1 A 5 KM	M2	5.440	\$ 8,052.73	\$ 43,806.85
1.01.6 6		INSTALACION PROVISIONAL ACUEDUCTO	Mes	3.000	\$ 92,000.00	\$ 276,000.00
1.01.6 8		LOCALIZACION Y REPLANTEO OBRA ARQUITECTÓNICA	M2	5.440	\$ 4,829.44	\$ 26,272.15
1.02		CIMENTACIÓN Y DESAGUES				
1.02.0 1		BASE EN CONCRETO POBRE E=0.05 mts. 14 MPa - (2000 PSI)	M2	5.984	\$ 29,930.32	\$ 179,103.03
1.02.1		EXCAVACION MANUAL EN	M2	5.984	66,142.29	\$ 395,795.46
1.02.2		LOSA MACIZA CIMENTO	M2	5.984	136,370.50	\$ 816,041.07
1.03		ESTRUCTURAS				
1.03.0 1		MPa - (3000 PSI), ALTURA MENOR A TRES	M3	0.840	\$ 1,184,917.93	\$ 995,331.06
1.03.2		21 MPa - (3000 PSI)	M3	5.096	\$ 857,778.46	\$ 4,371,239.03
1.04		MAMPOSTERÍA				
1.04.1 9		MURO EN LADRILLO ESTRUCTURAL E=0.15 MTS	M2	21.280	\$ 96,985.22	\$ 2,063,845.48
1.05		PANETES, REVOQUES Y REPELLOS				
1.05.0 8		PANETE IMPERMEABILIZADO 1:3	M2	21.280	\$ 23,671.28	\$ 503,724.84
1.05.0 8		PANETE IMPERMEABILIZADO 1:3	M2	21.280	\$ 23,671.28	\$ 503,724.84
2.01		INSTALACIONES HIDRAULICAS				
2.01.3 2		SUMINISTRO E INSTALACION TUBERÍA PVC. D = 4" RDE 21 UNIÓN MECANICA	ML	8.000	\$ 40,104.28	\$ 320,834.24
2.04.3 2		CODO PVC GRAN RADIO 90° RDE 21 D=4"	UND	2.000	\$ 140,853.39	\$ 281,706.78
2.04.7 9		SUMINISTRO E INSTALACION TEE PRESION PVC D=4"	UND	2.000	\$ 116,865.66	\$ 233,731.32
2.04.8 0		PUERTA CANAL PRESIO PROMEDIO	UND	1.000	\$ 2,500,000.00	\$ 2,500,000.00
6.01		MORTEROS				
6.01.0 4		MORTERO IMPERMEABILIZADO 1:3	M3	0.532	\$ 586,929.15	\$ 312,246.31
	ESPE C.	DESCRIPCION	UNID AD	CANTID AD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
1.01		PRELIMINARES				
1.01.0 5		CONFIGURACION . NIVELACION TERRENO	M2	23.168	\$ 1,115.35	\$ 25,840.43

1.01.4 6	DESCAPOTE MANUAL (HASTA 20 CM) DISTANCIA DE 1 A 5 KM	M2	23.168	\$ 8,052.73	\$ 186,565.65
1.01.6 6	INSTALACION PROVISIONAL ACUEDUCTO	Mes	3.000	\$ 92,000.00	\$ 276,000.00
1.01.6 8	LOCALIZACION Y REPLANTEO OBRA ARQUITECTÓNICA	M2	23.168	\$ 4,829.44	\$ 111,888.47
1.02	CIMENTACIÓN Y DESAGUES				
1.02.0 1	BASE EN CONCRETO POBRE E=0.05 mts. 14 MPa - (2000 PSI)	M2	20.052	\$ 29,930.32	\$ 600,162.78
1.02.1 7	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL COMUN (INCLUYE RETIRO)	M2	20.052	66,142.29	\$ 1,326,285.20
1.02.2 2	LOSA MACIZA CIMIENTO CONCRETO 21 MPa - 3000 PSI H=20 CM	M2	23.165	136,370.50	\$ 3,159,049.91
1.02.2 0	LOSA MACIZA CIMIENTO CONCRETO 21 MPa - 3000 PSI H=10 CM	M2	23.165	83,364.20	\$ 1,931,148.37
1.03	ESTRUCTURAS				
1.03.0 1	MPa - (3000 PSI), ALTURA MENOR A TRES	M3	2.536	\$ 1,184,917.93	\$ 3,004,655.64
1.03.2 4	VIGA AMARRE SOBRE MURO 21 MPa - (3000 PSI)	M3	2.171	\$ 857,778.46	\$ 1,861,915.37
1.04	MAMPOSTERÍA				
1.04.1 9	MURO EN LADRILLO ESTRUCTURAL E=0.15 MTS	M2	54.223	\$ 96,985.22	\$ 5,258,848.98
1.04.3 3	REMATES LADRILLO PRENSADO	M1	135.000	\$ 40,729.60	\$ 5,498,496.00
1.05	PANETES, REVOQUES Y REPELLOS				
1.05.0 8	PANETE IMPERMEABILIZADO 1:3	M2	54.223	\$ 23,671.28	\$ 1,283,532.55
1.05.0 8	PANETE IMPERMEABILIZADO 1:3	M2	54.223	\$ 23,671.28	\$ 1,283,532.55
1.06	INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS				
1.0635	SUMINISTRO E INSTALACION TANQUE ELEVADO PVC 1000 LTS INC ACCESORIOS	UND	1.000	\$ 431,820.55	\$ 431,820.55
2.01	INSTALACIONES HIDRAULICAS				
2.01.3 2	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERÍA PVC. D = 4" RDE 21 UNIÓN MECANICA	ML	30.000	\$ 40,104.28	\$ 1,203,128.40
2.04.3 2	CODO PVC GRAN RADIO 90° RDE 21 D=4"	ML	4.000	\$ 140,853.39	\$ 563,413.56
2.04.8 0	BOMBA DOSIFICADORA	UND	1.000	\$ 2,500,000.00	\$ 2,500,000.00
6.01	MORTEROS				
6.01.0 4	MORTERO IMPERMEABILIZADO 1:3	M3	1.356	\$ 586,929.15	\$ 795,629.42
	ARENA LAVADA DE RIO	M3	11.000	\$ 114,500.00	\$ 1,259,500.00
OTROS	GRAVAS PARA LECHO FILTRANTE	M5	4.000	\$ 513.85	\$ 2,055.41
				\$ 32,563,469.22	\$ 13,829,469.98

Administracion
Imprevistos
Utilidad

25%	\$ 11,598,234.80
5%	\$ 2,319,646.96
5%	\$ 2,319,646.96
	\$ 62,632,523.32

Realizo: Daniel Gonzalez
Eliana Mesa

Aprobó:

13 Conclusiones

En base a los análisis realizados al Pantano del cerro se puede concluir

- El análisis realizado a la fuente hídrica indica el estado actual del agua, destacando el valor de la turbiedad 2 UNT, una concentración de *Escherichia coli* 200 UFC/100 ml, lo que permite diseñar un sistema simple, consiste en filtración lenta de arena y un tanque de desinfección, cumplen con los requerimientos básicos de la población actual y futuras.
- El pre diseño para la planta de tratamiento de agua potable cuenta con un filtro simple, óptimo para turbiedades menores a 10 UNT, con una cámara de limpieza para lavar el lecho filtrante lo que hace que el sistema sea eco-sostenible permitiendo así satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las futuras poblaciones al reutilizar el material.
- Para contribuir al uso eficiente del agua se diseñan unidades que permiten el uso eficiente el gradiente hidráulico aprovechando las características del terreno evitando el uso de bombas de impulsión u otros artefactos que utilizan energía eléctrica o fósil ya que esta cuenta con una función hidráulica.
- Basados en las cantidades de obra y presupuesto el tanque de contacto de pantallas lo hace una unidad inviable para los usuarios del acueducto, esta unidad esta sobre diseñada para garantizar flujo, tiempo de retención y espacio óptimo para el mantenimiento, se opta por un floculador tipo Alabama para tratar 1,25 l/s con un tiempo de retención de 29 min.

14 Recomendaciones

- Realizar limpieza del filtro y tanque de almacenamiento como lo rige la norma de saneamiento básico si es posible 2 veces al año.
- Hacer la limpieza en el filtro de arena esto con el fin de evitar fallas tempranas en el sistema.
- Generar las respectivas actualizaciones o modificaciones generadas por el decreto de la entidad RAS entre otras en su proceso de ejecución.
- Para determinar el óptimo funcionamiento del filtro se recomienda instalar una estructura manométrica que permita medir la columna de agua del sistema, ya que el filtro al paso del tiempo aglomera partículas que aumentan la pérdida de carga de la unidad.

15 Bibliografía

- ALCALDÍA MUNICIPAL DE AQUITANIA BOYACÁ. (2019). ALCALDÍA DE AQUITANIA-BOYACÁ, ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE AQUITANIA BOYACÁ, 18 DE ABRIL DE 2018.
[HTTPS://AQUITANIABOYACA.MICOLOMBIADIGITAL.GOV.CO/SITES/AQUITANIABOYACA/CONTENT/FILES/000041/2031_ACUERDO-005-PLAN-DE-DESARROLLO-20162019.PDF](https://aquitaniaboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/aquitaniaboyaca/content/files/000041/2031_acuerdo-005-plan-de-desarrollo-20162019.pdf)
- CORPOBOYACA. (2018). CORPORACIÓN AUTÓNOMA Y REGIONAL DE BOYACÁ. SECRETARÍA DE PLANEACIÓN DE BOYACÁ, 2016-2018.
[HTTP://WWW.DAPBOYACA.GOV.CO/DESCARGAS/BOYACA_BIO/DOSIER_BOYACA_BIO_2018.PDF](http://www.dapboyaca.gov.co/Descargas/Boyaca_BIO/DOSIER_Boyaca_BIO_2018.pdf)
- INGEOMINAS. (2000). MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERÍA Y QUÍMICA “INGEOMINAS” MAPA GEOLOGICO DEL DEPARTAMENTO DE BOYACA MEMORIA EXPLICATIVA, ENERO DEL 2000
[HTTP://RECORDCENTER.SGC.GOV.CO/B4/13010040020044/DOCUMENTO/PDF/0101200441101000.PDF](http://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010040020044/DOCUMENTO/PDF/0101200441101000.pdf)
- IGAC. (1935). INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, PLANCHA CARTOGRÁFICA.

- ROMERO ROJAS, J. (1999). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. TEORÍA Y PRINCIPIOS DE DISEÑO. BOGOTÁ: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. (2017). RESOLUCIÓN NO. 0330 DE 08 DE JUNIO. BOGOTÁ. [HTTPS://GEOPORTAL.IGAC.GOV.CO](https://geoportal.igac.gov.co)
- PÉREZ CARRION, J.M Y VARGAS L. EL AGUA. CALIDAD Y TRATAMIENTO PARA CONSUMO HUMANO. MANUAL I, SERIE FILTRACIÓN RAPIDA.PROGRAMA REGIONAL HPE/CEPIS/OPS DE MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA.