



Diagnostico (PTAT) Cáqueza Cundinamarca

Diagnóstico del sistema de la planta de tratamiento de agua potable
del municipio de Cáqueza Cundinamarca

2021

**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
POTABLE DEL MUNICIPIO DE CÁQUEZA CUNDINAMARCA (PTAP)**

Autores:

**FRANKLIN CASTELLANOS MELO
SERGIO DUVAN CHISAGUANO ROJAS**

UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
GIRARDOT CUNDINAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

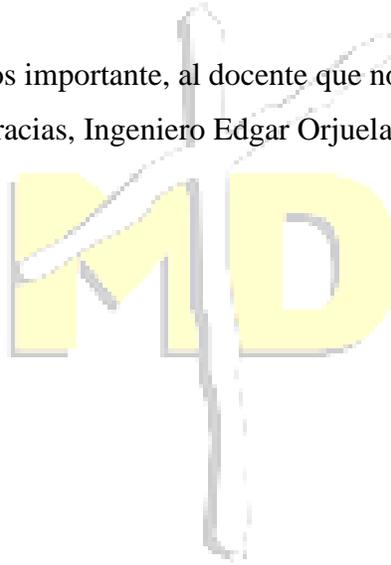
2021

DEDICATORIAS

Este trabajo de grado está dedicado a nuestros padres y docentes, por haber contribuido con nuestra formación, implantando en nosotros, valores y conocimientos que nos servirán a través de los años en nuestra vida personal y profesional.

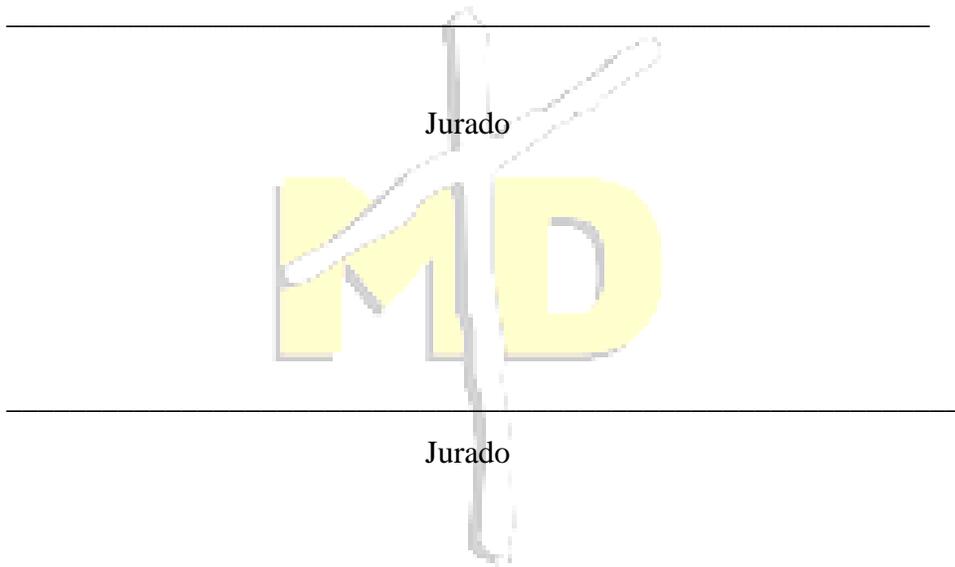
Agradecer a todas las personas externas a la universidad que han colaborado con la ejecución de este proyecto: Laura Tafur, Feliz Mauricio Molina, Diana López, ya que nada de esto sería posible sin su ayuda.

Por último, pero no menos importante, al docente que nos guio y nos corrigió cada paso y proceso de ejecución, infinitas gracias, Ingeniero Edgar Orjuela Montoya.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

Nota de aceptación



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

Jurado

3.0 Contenido

3.0	Contenido.....	5
4.0	Resumen.....	9
5.0	Abstract.....	10
1.0	Planteamiento del problema	11
6.0	2.0 Justificación	12
7.0	Objetivos.	13
	3.1 Objetivo general.	13
	3.2 Objetivos específicos.....	13
8.0	4.0 Marco Referencial.....	14
	4.1 Marco Contextual	14
	4.1.1 Clima	14
	4.1.2 Población	15
	4.2 Marco Teórico	16
	4.2.1 Proyección de población.....	16
	4.2.2 Dotación bruta	16
	4.2.3 Caudal medio diario.....	17
	4.2.4 Caudal máximo diario	17
	4.2.5 Caudal máximo horario	18
	4.2.6 Periodo de diseño.....	18
	4.3 Marco Conceptual	19
	4.3.1 Conceptos	19
	4.4 Procesos de potabilización del agua.....	20
	4.4.1 Captación	21
	4.4.2 Coagulación	21
	4.4.3 Decantación	22
	4.4.4 Filtración.....	22
	4.4.5 Cloración o desinfección	22
	4.4.6 Canalización	22
	4.4.7 Almacenamiento y distribución.....	22
9.0.....	22
	4.5 Antecedentes	23

4.5.1	Proyectos similares	23
4.6	Marco Legal	32
10.0	5. Metodología	35
5.1	Paso a paso	35
5.1.1	Permisos.....	35
5.1.2	Visitas técnicas.	35
5.1.3	Informe de falencias	36
5.1.4	Optimización del sistema.....	36
5.1.5	Documento de falencias.....	36
5.1.6	Entrega final y sustentación.....	37
11.0	6.0 Resultados.....	38
6.1	Diagnostico del sistema.....	38
6.1.1	Fuente de abastecimiento.....	38
6.1.2	Caudal del Rio Cáqueza	39
6.1.3	Captación	40
6.1.4	Aducción.....	42
6.1.5	Desarenador	42
6.1.6	Conducción de Agua Cruda.....	44
6.1.7	Planta de tratamiento	44
6.2	Almacenamiento de agua potable.	47
6.3	Conducción de agua tratada	48
6.4	Red de distribución.....	48
12.0	7.0 Analisis y Discusión de Resultados.....	49
13.0	7.2 Parámetros de diseño QMD.....	52
14.0	8.0 conclusiones y recomendaciones.....	54
15.0	Bibliografía.....	56

Lista de Figuras

Figura 4.1 Procesos de potabilización del agua; Fuente (Rojas, 2021)	21
Figura 6.1 Rio Cáqueza	38
Figura 6.1.2 Caudal Medio anual Rio Negro.....	39
Figura 6.1.3 Captación Rio Cáqueza.....	40
Figura 6.1.4 Rejilla de Captación, Rio Cáqueza	41
Figura 6.1.5 Recubrimiento captación Cáqueza	41
Figura 6.1.6 Desarenador Cáqueza	43
Figura 6.1.7 Mangueras de conducción en Desarenador	43
Figura 6.1.8 Canaleta Pharsall	45
Figura 6.1.9 Dosificador	45
Figura 6.1.10 Cámara de Mezclas Acueducto de Cáqueza	46
Figura 6.1.11 Zona de desinfección	47
Figura 6.2 Almacenamiento de agua.....	48

Lista de tablas

Tabla4 -1 Población Proyectada Municipio de Cáqueza	15
Tabla 4.2 normativa legal.....	32
Tabla 7.2 Tasa de crecimiento Poblacional	49
Tabla 7.1 Últimos Censos	49
Tabla 7.3 Calculo de Proyección de Población método exponencial.....	50
Tabla 7.4 Cálculo de QMD.....	51
<i>Tabla 7.5 Tabla de la ecuación del gasto</i>	<i>52</i>
Tabla 7.6 Calculo de Caudal Canaleta, Fuente: Propia (2021)	52



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

4.0 Resumen

Para la formulación de los procesos a seguir se desarrollaron distintas etapas en las que se debían recolectar datos e investigar la trascendencia e historia de la PTAP. Se busca con este documento realizar un diagnóstico con el fin de identificar el causante del razonamiento y las condiciones que estaban afectando el Q caudal o agua cruda que llegaba a la cámara de llegada y así poder realizar el diagnóstico de esta.

Para identificar la problemática de la planta realizamos una investigación de los aspectos que deben ser analizados y las características a evaluar, se tomaron datos de los censos del DANE con el fin de calcular la población y QMD requerido para la población actual en el municipio, después se realizaron dos salidas a campo. Una con el fin de identificar los sistemas y condiciones de la PTAP, además de las diferentes mediciones de Q caudales y levantamientos con registro fotográfico de las estructuras.

La siguiente visita se realizó con el fin de identificar el estado y condiciones hidráulicas de la captación y aducción hasta la planta de tratamiento para establecer un enfoque general de la PTAP. En esta visita se tomaron datos de las estructuras y evidencias fotográficas. Los datos recolectados fueron analizados para los respectivos cálculos e identificar y diagnosticar el sistema empleado en la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Cáqueza Cundinamarca.

Los cálculos realizados se diseñaron con el fin de desarrollar un informe de resultados, conclusiones y recomendaciones según las investigaciones que se llevaron a cabo, además los datos hidrográficos y cálculos de caudales que se reflejan son desarrollados según las normativas y ecuaciones hidráulicas que nos permiten dar datos en su estado actual.

5.0 Abstract

For the formulation of the processes to be followed, different stages were developed in which data had to be collected and the significance and history of the PTAP had to be investigated. This document seeks to carry out a diagnosis in order to identify the cause of the reasoning and the conditions that were affecting the flow or raw water that reached the arrival chamber and thus be able to carry out the diagnosis of it.

To identify the problems of the plant, we carried out an investigation of the aspects that must be analyzed and the characteristics to be evaluated, data were taken from the DANE censuses in order to calculate the population and QMD required for the current population in the municipality, then two field trips were made. One in order to identify the systems and conditions of the PTAP, in addition to the different measurements of Q flow rates and surveys with photographic registration of the structures.

The following visit was carried out in order to identify the status and hydraulic conditions of the intake and adduction to the treatment plant to establish a general approach to the PTAP. During this visit, data on the structures and photographic evidence were taken. The collected data were analyzed for the respective calculations and to identify and diagnose the system used in the drinking water treatment plant of the municipality of Cáqueza Cundinamarca.

The calculations carried out were designed in order to develop a report of results, conclusions and recommendations according to the investigations that were carried out, in addition the hydrographic data and flow calculations that are reflected are developed according to the regulations and hydraulic equations that allow us to give data in its current state.

1.0 Planteamiento del problema

El problema que se ha evidenciado en cuanto al funcionamiento del acueducto del municipio de Cáqueza Cundinamarca, es la constante intermitencia del servicio, razón por la cual la empresa prestadora se ve en la necesidad de realizar racionamientos de agua periódicamente y por tiempos prolongados, esta situación genera un malestar para la población, ya que no pueden realizar sus actividades cotidianas con normalidad.

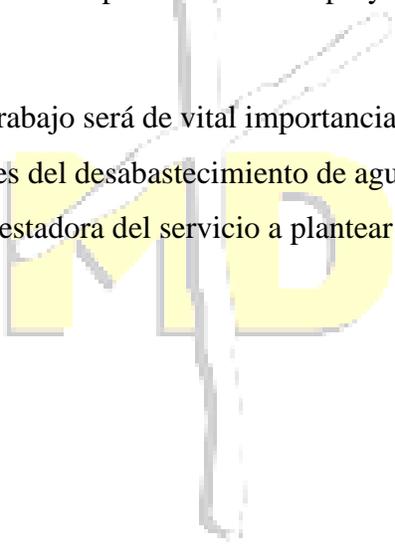
Actualmente se desconoce las razones por las cuales ocurre esta situación, ya que a la fecha no hay evidencia de estudios o evaluaciones que den cuenta sobre el estado de la planta de tratamiento en el municipio. Sin embargo, se presupone que esta problemática puede deberse a la falta de normativas urbanísticas en el momento de su construcción, puesto a que, este evento ocurrió ya hace más de 40 años y por ese entonces no existían normas que regularan ese tipo de construcciones en el país.

6.0 2.0 Justificación

La realización de esta monografía parte del problema que se evidencia en el municipio en cuanto a los racionamientos del servicio de agua potable, situación que genera inconformismo en la comunidad, por lo que se hace necesario realizar el diagnóstico del actual acueducto con la finalidad de poder optimizar y generar mejoras en el servicio.

Este diagnóstico se va a ejecutar partiendo de la implementación de los conocimientos adquiridos en el proceso de formación académica y estará soportada por las normativas legales vigentes, siendo esta una oportunidad de poder realizar un proyecto de ingeniería civil para el beneficio de la comunidad.

De igual manera, el presente trabajo será de vital importancia para la comunidad, ya que este permitirá conocer las causas reales del desabastecimiento de agua en el municipio de Cáqueza, y a su vez, ayudará a la empresa prestadora del servicio a plantear soluciones, con el fin de dar respuesta a esta problemática.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

7.0 Objetivos.

3.1 Objetivo general.

Generar un diagnostico acerca del estado de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Municipio de Cáqueza Cundinamarca, por medio de distintas técnicas de ingeniería civil respaldadas por la normativa colombiana, con el propósito de identificar las fallas en el funcionamiento y así mismo poder generar posibles soluciones que contribuyan a su correcto funcionamiento.

3.2 Objetivos específicos.

- Conocer el estado de la Planta de Tratamiento de agua Potable por medio de visitas, con el fin de tener conocimiento acerca de los sistemas y procesos que se emplean en la prestación del servicio.
- Realizar memorias de cálculo con los datos obtenidos de la (PTAP), con el fin de verificar el comportamiento hidráulico de cada uno de sus componentes.
- Nombrar las falencias y carencias, con el fin de establecer algunas recomendaciones que permitan el mejoramiento y estado de la Planta de Tratamiento de agua Potable en el municipio.

UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

8.0 4.0 Marco Referencial

4.1 Marco Contextual

Características del municipio

El municipio de Cáqueza está ubicado hacia el oriente del departamento de Cundinamarca, hacia la cordillera central, del país, localizado en la parte inferior de una gran ladera en vecindades del río que lleva su nombre.

Es la capital de la zona central de la Provincia de Oriente conformada por los siguientes municipios: Chipaque, Choachí, Fómeque, Fosca, Guayabetal, Gutiérrez, Quetame, Ubaque y Une limitando con estos seis municipios, favoreciendo el intercambio económico, cultural y social con toda la Provincia. (Empresa Servicios Públicos Domiciliarios de Cáqueza S.A. E.S.P., 2013, pág. 25)

La Empresa De Servicios Públicos Domiciliarios De Cáqueza S A E S P es la responsable de la (PTAP) en el municipio de Cáqueza Cundinamarca, está ubicada en la Cra. 5 #5-4 y ofrece servicios como: captación tratamiento y distribución de agua.

4.1.1 Clima

4.1.1.1 Descripción climática.

El municipio cuenta con una precipitación anual de 853 mm y una temperatura anual de 17,1, por ende, el clima de este es semiárido. Además de esto la gran mayoría del territorio se encuentra entre los 1000 y 2000 msnm que bajo las condiciones de temperatura lo ponen en el límite de los climas templado y frío. En términos generales el clima de Cáqueza podría clasificarse como templado semiárido, sin embargo, en las zonas de las microcuencas de los ríos Blanco, Cáqueza y Palmar también se presenta clima Templado Húmedo. Todo esto con base en el plan de contingencia por parte del acueducto municipal.

4.1.2 Población

La población del municipio de Cáqueza está compuesta por las zonas rurales y urbanas desde el año 1985 con proyección hasta el año 2020 Según el DANE como se aprecia en la tabla 1-1:

AÑO	Población total	Total Urbana	Total Rural
1985	17.655	5.870	11.795
1986	17.481	5.784	11.697
1987	17.288	5.703	11.585
1988	17.086	5.625	11.461
1989	16.887	5.555	11.332
1990	16.697	5.498	11.199
1991	16.508	5.454	11.054
1992	16.343	5.431	10.912
1993	16.211	5.436	10.775
1994	16.116	5.471	10.645
1995	16.06	5.533	10.527
1996	16.06	5.622	10.438
1997	16.082	5.723	10.359
1998	16.117	5827	10.29
1999	16.161	5.926	10.235
2000	16.207	6.015	10.192
2001	16.255	6.091	10.164
2002	16.304	6.168	10.136
2003	16.351	6.247	10.104
2004	16.397	6.326	10.071
2005	16.442	6.41	10.032
2006	16.486	6.496	9.990
2007	16.533	6.582	9.951
2008	16.584	6.669	9.915
2009	16.639	5.757	9.882
2010	16.698	6.845	9.853
2011	16.761	6.934	9.827
2012	16.827	7.024	9.803
2013	16.897	7.114	9.783
2014	16.971	7.205	9.766
2015	17.048	7.297	9.751
2016	17.129	7389	9.740
2017	17.214	7.482	9.732
2018	17.303	7.576	9.727
2019	17.395	7.571	9.725
2020	17.492	7.766	9.726

Tabla4 -1 Población Proyectada Municipio de Cáqueza 2014 DANE

4.2 Marco Teórico

El presente trabajo tiene como base fundamental, todo lo contemplado y dispuesto legalmente en las normas colombianas, siendo estas las referentes con todo lo relacionado a plantas de tratamiento de agua potable a la fecha (2021).

A continuación, un breve inciso de los títulos A y B de la norma RAS 2000 a cerca de los elementos básicos durante el proceso de la adecuación del sistema de acueducto.

4.2.1 Proyección de población

En caso de que el diseño de un sistema de acueducto particular incluya un municipio o zona de éste, en la cual no sea posible realizar una proyección de demanda o de suscriptores, las dependencias encargadas de la planeación y comercialización de los proyectos de agua potable de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en caso que éstas no existan, el consultor debe realizar la proyección y los ajustes de la población de acuerdo con lo señalado en literales B.2.4.3.1 a B.2.4.3.53 (MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO., 2020, pág. 25).

4.2.1.1 Censos de población.

Deben recolectarse los datos demográficos de la población, en especial los censos de población del DANE y los censos disponibles de suscriptores de acueducto y otros servicios públicos de la localidad o localidades similares. Con base en los datos anteriores se establecerán los criterios y parámetros que determinen el crecimiento de la población (MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO., 2020, pág. 25).

4.2.2 Dotación bruta

De acuerdo con la Resolución 2320 de 2009 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la dotación bruta para el diseño de cada uno de los elementos que conforman un sistema de acueducto, indistintamente del nivel de complejidad (MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO., 2020, pág. 37) .

Ecuación 1. Dotación bruta

$$d \text{ bruta} = \frac{d \text{ neta}}{1 - \%p}$$

$\%p \rightarrow$ *perdidas maximas admisibles.*

Nota: Estas pérdidas no deben ser superiores al 25%.

Fuente: Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Titulo B

4.2.3 Caudal medio diario

El caudal medio diario, Qmd, es el caudal calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación. (MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO., 2020)

Ecuación 2. Caudal medio diario

$$Qmd = \frac{\rho * d \text{ bruta}}{86400}$$

Fuente: Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Titulo B

4.2.4 Caudal máximo diario

“El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1, como se indica en la siguiente ecuación” (MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO., 2020, pág. 38)

Ecuación 3. Caudal Máximo diario.

$$QMD = Qmd * k1$$

Fuente: Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Titulo B.

4.2.5 Caudal máximo horario

“El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k_2 , según la siguiente ecuación” (MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO., 2020, pág. 38)

Ecuación 4. Caudal máximo horario

$$QMH = QMD * k_2$$

Fuente: Ministerio De Vivienda, Ciudad Y Territorio. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras. Título B.

4.2.6 Periodo de diseño.

“El período de diseño debe fijar tanto las condiciones básicas del proyecto, como la capacidad de la obra para atender la demanda futura. El período de diseño también depende de la curva de demanda y de la programación de las inversiones, así como de la factibilidad de ampliación, de la tasa de crecimiento de la población y de la tasa de crecimiento del comercio y la industria” (MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO., 2020, pág. 67)

De acuerdo con la resolución 0330 de 2017 el periodo de diseño para las plantas de tratamiento de agua potable se establece a 25 año, para cualquier proyecto de este tipo

UNIVERSIDAD MINUTO DE DIOS
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

4.3 Marco Conceptual

A continuación, se indicará algunas definiciones de conceptos claves para entender de manera clara y concisa el contenido de este documento.

4.3.1 Conceptos

Acueducto: “conducto de agua formado por canales y caños subterráneos, o por arcos levantados”. (RAE, 2020)

Agua cruda: “Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento”. (EPM, 2009, pág. 28)

Agua potable: “El agua potable es el agua apta para consumo humano, es decir, el agua que puede beberse directamente o usarse para lavar y/o preparar alimentos sin riesgo alguno para la salud” (Raffino, 2020).

Almacenamiento: “Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios de consumo y la demanda contra incendios” (EPM, 2009, pág. 29)

Capacidad hidráulica: “Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación”. (GOV.CO, 2019).

Casco Urbano: “Se refiere a la zona urbana o metropolitana de un municipio o ciudad. Carcasa. Cámara o caja protectora de la estructura interna de una bomba”. (EPM, 2009, pág. 30).

Caudal: “Cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo” (Ministerio de vivienda, Ciudad y territorio., 2017, pág. 161)

Caudal de diseño: Caudal estimado al final del periodo de diseño con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema de terminado”. (Ministerio de Vivienda Ciudad y territorio, 2017, pág. 161).

Caudal Máximo Diario (QMD): “Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un periodo de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado” (Ministerio de Vivienda Ciudad y territorio, 2017, pág. 161).

Caudal máximo horario (QMH): “Consumo máximo durante una hora, observado durante un periodo de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado” (Ministerio de Vivienda Ciudad y territorio, 2017, pág. 161).

Caudal medio diario: “Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un periodo de un año”. (Ministerio de Vivienda Ciudad y territorio, 2017, pág. 161).

Consumo: “Cantidad de agua utilizada por un usuario en un periodo determinado”. (Ministerio de vivienda, Ciudad y territorio., 2017, pág. 162).

Desarenador: “Componente destinado a la remoción de las arenas y solidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación”. (Ministerio de vivienda, Ciudad y territorio., 2017, pág. 163)

Optimización: “La optimización es el conjunto de acciones encaminadas a mejorar la capacidad, eficiencia y eficacia de la infraestructura componente del sistema de acueducto, alcantarillado y/o aseo mediante su intervención parcial o total” (Ministerio de vivienda, Ciudad y territorio., 2017, pág. 171).

Planta de tratamiento de agua potable (PTAP): “conjunto de obras, equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad de agua potable” (Ministerio de vivienda, Ciudad y territorio., 2017, pág. 173)

Población de diseño: “Población que se espera atender con el proyecto, considerando el índice de cubrimiento, crecimiento y proyección de la demanda para el período de diseño” (Ministerio de vivienda, Ciudad y territorio., 2017, pág. 173)

4.4 Procesos de potabilización del agua

Aunque no todas las plantas de tratamiento de agua potable siguen exactamente los mismos procesos o cuentan todas con la misma indumentaria, en la ilustración 1-5, se muestran los procesos más estándares que siguen las (PTAP).



Figura 4.1 Procesos de potabilización del agua; Fuente (Rojas, 2021)

4.4.1 Captación

Un área geográfica, definida por la topografía, de la cual toda el agua de escorrentía escurrirá hacia un sólo sistema fluvial o reservorio. Se usa a menudo como un sinónimo para cuenca hidrológica o cuenca fluvial. (Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal ESP, 2014).

4.4.2 Coagulación

El agua posee sustancias o partículas que se encuentran en suspensión. Para que estas partículas puedan eliminarse, deben ser sometidas a un proceso químico denominado floculación. En este proceso se aplican agentes químicos, denominados coagulantes, que producen que estas partículas se unan formando los “flocs”. Esta aglomeración de partículas, al ser más pesada que cada partícula individual, se asienta, eliminando la turbiedad y permitiendo que el agua pueda clarificarse. (Aguas del Páramo de Sonsón S.A.S. E.S.P., 2014)

4.4.3 Decantación

Se ubica el agua en una gran pileta donde permanece quieta, produciéndose la separación del líquido y de los sólidos. Estos últimos se depositan en el fondo por su propio peso. (Aguas del Páramo de Sonsón S.A.S. E.S.P., 2014)

4.4.4 Filtración

Es el proceso mediante el cual se hace pasar el agua a través de filtros, en donde se eliminan los pocos grumos o flóculos que hayan quedado. El resultado final de la filtración será un agua más clara, eliminando hasta un 95% de todos los microorganismos presentes. (Compañía Salteña de Agua y Saneamiento S.A. -AGUAS DEL NORTE, 2018)

4.4.5 Cloración o desinfección

Es el proceso en el que se destruyen los agentes microbianos que pudiesen estar presentes en el agua. Para ello se utiliza hipoclorito de sodio. Éste es el último paso en la potabilización del agua. (Aguas del Páramo de Sonsón S.A.S. E.S.P., 2014)

4.4.6 Canalización

Una vez que el agua ha sido captada de la bocatoma, debe ser conducida hacia la Planta de Tratamiento. Para ello, en Sonsón, se utiliza el sistema de aducción que consiste en transportar por gravedad ya que la bocatoma está a un nivel más elevado que la Planta de Tratamiento. (Aguas del Páramo de Sonsón S.A.S. E.S.P., 2014)

4.4.7 Almacenamiento y distribución

El agua tratada en la (PTAP) se almacena en los tanques de la Empresa prestadora del servicio, desde donde es distribuida por red a los domicilios de cada cliente.

4.5 Antecedentes

Sistema de acueducto

Se entiende como, un conjunto de elementos y estructuras cuya función es la captación de agua, el tratamiento, el transporte, almacenamiento y entrega al usuario final, de agua potable con unos requerimientos mínimos de calidad, cantidad y presión. (Ministerio de Vivienda Ciudad y territorio, 2017)

El acueducto de caqueza cundinamarca no ha sido objeto de estudios, debido a esto es difícil saber el estado real de la (PTAP) y no existen antecedentes de estudios anteriores en el municipio.

Sin embargo, existen trabajos y estudios similares realizados en otras plantas de tratamiento que sirven de guía para el desarrollo de este proyecto.

4.5.1 Proyectos similares

NOMBRE: DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE GUATEQUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ COLOMBIA.

AUTOR: Zaida Camila Pérez Cuadros

INSTITUCIÓN: Universidad católica de Colombia facultad de ingeniería

FECHA: octubre 2016

PROBLEMÁTICA: La operación actual puede mejorar el servicio y funcionamiento en general el cual se debe analizar y estudiar con el fin de llevar a cabo una posible solución a los problemas de diseño y capacidad hidráulica de servicio.

PROCESO DE SOLUCIÓN: Para poder tener un indicador del estado hidráulico se debió realizar los respectivos cálculos y compararlos con los existentes y de operación actual en la planta, para esto se debió realizar los siguientes cálculos:

- Cálculo de proyección de población
- Cálculo de canaleta Parshall
- Calculo floculador

- Calculo sedimentador
- Calculo filtro
- Calculo mezcla rápida

RESULTADOS:

- Con el diagnóstico y evolución del estado actual de la PTAP, se identificaron las falencias y prioridades del tratamiento de agua potable del municipio de Guateque – Boyacá.
- Se identificó que los cálculos realizados para el diseño actual de la canaleta Parshall existente no cumplen con el número de Froude, la velocidad establecida ni la relación ha/W en el RAS 2000.
- El Floculador hidráulico cumple con los criterios de diseño estipulados por el RAS 2000 sin embargo se ve un deterioro en algunos tabiques, Se evidencia deterioro en el floculador de la PTAP en su estructura de concreto por el pasar de los años y no poder hacer arreglos necesarios pues solo cuenta con una unidad, si se interviene se afecta el suministro de agua a la población.
- La PTAP trabaja con un caudal mayor al caudal de diseño hallado con la proyección hacia el año 2041 el caudal de la actualidad es de 48 l/s el caudal esta sobre diseñado y el proyectado es de 41 l/s, el sedimentador un cumple con el tiempo de retención ni con el flujo necesario. PÉREZ CUADROS (2016)

NOMBRE: DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA OPERATIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) GUACAVÍA EN EL MUNICIPIO DE CUMARAL, DEPARTAMENTO DEL META.

AUTOR: Juan Camilo Loaiza Soto.

INSTITUCIÓN: Universidad santo tomas facultad ingeniería ambiental Villavicencio.

FECHA: 2018

PROBLEMÁTICA: Un sistema de tratamiento de agua potable le debe garantizar a los usuarios la disponibilidad continua del servicio, cumpliendo con los estándares de calidad, según

lo dicta la norma en el decreto 15/75/2007 y la resolución 21/15/2007 de la legislación colombiana. Por lo tanto, estas características generan de manera directa un bienestar, aumentando la calidad de vida de los habitantes, en este caso la comunidad de Cumaral. La empresa Edesa S.A E.S. P entrego un informe, respaldado por el laboratorio Tecno ambiental LTDA, Indicando que el promedio IRCA del año 2016 en el municipio de Cumaral es de 8,7 ubicándolo en un nivel de riesgo bajo. Hecho que hace evidente la necesidad de saber que está generando estas condiciones de calidad con la que se brinda el servicio.

La planta potabilizadora de Cumaral abastece a una comunidad de 12.487 habitantes, la proyección poblacional indica que la demanda del caudal debe ser de 55,2 l/s (litros/segundos) para el año 2017, pero aparentemente, según la bitácora aportada por Edesa, actualmente trabaja con 60 l/s (litros/segundos). Hecho que pudiera ser la causa de que la planta potabilizadora no ofrezca los resultados esperados.

Ahora bien, teniendo en cuenta lo anterior, el contexto poblacional y geográfico del área de estudio, el interés principal de este proyecto de grado es saber si la planta de tratamiento de agua potable Guacavía que abastece a la población de Cumaral, departamento del Meta, está en la capacidad de suministrar agua potable a dicha comunidad, tanto en calidad, como en cantidad. (SOTO, 2018)

PROCESO DE SOLUCIÓN: Para poder tener un indicador del estado hidráulico se debió realizar los respectivos cálculos y compararlos con los existentes y de operación actual en la planta, para esto se debió realizar los siguientes cálculos:

- Cálculo de proyección de población
- Cálculo de canaleta Parshall
- Calculo floculador
- Calculo sedimentador

RESULTADOS:

- La demanda del caudal actualmente es de 55,2 l/s
- Los análisis de los parámetros fisicoquímicos aparentemente cumplen con la resolución 2115 del 2007, pero no concuerdan con los resultados hidráulicos.
- Los operarios no son idóneos para manejar la planta.

- Las condiciones hidráulicas no coinciden con las requeridas en el diseño.
- La planta no cuenta con todos los equipos de análisis necesarios. SOTO (2018)

NOMBRE: DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE GUATAQUÍ CUNDINAMARCA.

AUTORES: Anthony Ríos Ávila; Andersson David Rodríguez Tafur

INSTITUCIÓN: Universidad distrital francisco José de caldas facultad de medio ambiente y recursos naturales tecnología en gestión ambiental y servicios públicos.

Fecha: 2017

PROBLEMÁTICA: En el año 2013 en un informe; acompañada además de los estragos del fenómeno del niño sustentados por la Corporación Autónoma del Alto Magdalena CAM en sus estudios, se determinó que es incierta la calidad del agua captada para la planta de agua potable de Guataquí que además a partir del último plan de gobierno del municipio de Guataquí que comprende del año 2012 al 2015 no hay certeza del diagnóstico operativo de la planta de tratamiento de Guataquí Cundinamarca que ya lleva en operación alrededor de 30 años y desde su construcción nunca se realizó un manual de operación de la planta por lo que ha llevado al municipio operar la planta de forma empírica, a partir de estos se plantea la interrogante, ¿Cómo podrían mejorarse los procesos que se realizan en la planta de tratamiento de agua potable para que el agua que consume la población tenga la calidad adecuada?

PROCESO DE SOLUCIÓN: Para poder tener un indicador del estado hidráulico se debió realizar los respectivos cálculos y compararlos con los existentes y de operación actual en la planta, para esto se debió realizar los siguientes cálculos:

- Cálculo de proyección de población
- Cálculo de canaleta Parshall
- Calculo floculador
- Calculo almacenamiento
- Alternativas de mejoramiento

RESULTADOS:

- Que el contexto administrativo sobre la planta es deficiente no hay compromiso por lo que una solución alterna seria la generación de conciencia desde la gobernación de Cundinamarca a la administración en general del municipio.
- Que de manera proactiva se busque los medios para solucionar las falencias de operación como el mal funcionamiento del lecho filtrante, la falta de insumos químicos para muestreos y el regular estado del desarenador.
- Que el proceso de bombeo no se realiza de manera alterna entre dos bombas para cubrir la ocurrencia de posibles contingencias y la sobrecarga sobre una sola bomba que deriva 90 en su constante daño, para esto se propone como alternativa el reemplazo de la bomba que no funciona por una nueva (28 HP), además que este cambio se realice ocupando el menor tiempo posible y en horas de bajo consumo entre 9 pm- 11 pm.
- La dosificación tanto del coagulante como del desinfectante se determina de manera empírica por parte de los operarios o simplemente se relega esta labor por suposición a los equipos dosificadores. Rios Avila & Rodriguez Tafur, (2017)

NOMBRE: PLAN DE MEJORA DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) EN LOS CAMPAMENTOS TACUÍ Y CUNÍ DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO.

AUTOR: Laura María Marín Ortiz

INSTITUCIÓN: Universidad de Antioquia Facultad de ingeniería, Escuela Ambiental Medellín, Colombia.

Fecha: 2020

PROBLEMÁTICA: Se identificaron las falencias de la PTAP de los campamentos Tacuí y Cuní del proyecto Hidroeléctrico Ituango, tanto en la parte operativa como de mantenimiento, formulando así mejoras para el sistema y el servicio de suministro de agua, dichas alternativas de mejora se esperan puedan ser aplicadas.

RESULTADOS:

- Como resultado de la evaluación es posible identificar las deficiencias existentes, bien sea de operación o mantenimiento, además se obtiene información valiosa para la determinación de las condiciones de mejora de la eficiencia del sistema. En ese orden de ideas, al realizar el diagnóstico y la evaluación técnica y operativa fue posible evidenciar que la PTAP de los campamentos Tacuá y Cuní del proyecto Hidroeléctrico Ituango cuenta con sus estructuras en buen estado, sin embargo, presenta algunas deficiencias en cuanto al mantenimiento las cuales no afectan considerablemente el proceso de potabilización, pero que deben ser corregidas para mejorar el tratamiento y distribución del agua.
- Los resultados presentados evidencian un agua de buena calidad, presentando ausencia de microorganismos y de agentes químicos que puedan llegar a afectar la salud de las personas permanentes y visitantes de los campamentos Tacuá y Cuní.
- Con base en la evaluación realizada, se determinó que la eficiencia de remoción de material suspendido de la PTAP es de aproximadamente 80%, resultado que muestra que la PTAP tiene una correcta producción y operación asociada también a las bajas turbiedades en el afluente.
- Es claro que la operación adecuada de las PTAP es fundamental para garantizar la producción continua de agua potable. Por ende, el operador tiene la responsabilidad de desarrollar todas las actividades de operación y asegurar la eficiencia de la PTAP. Por esta razón, no está de más realizar periódicamente capacitaciones al personal sobre las buenas prácticas de acuerdo con los manuales de operación establecidos.

Ortiz, (2020)

NOMBRE: EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TOGÜÍ – BOYACÁ.

AUTOR: María Fernanda Higuera Cabrejo; Julián Andrés Parra Buitrago.

INSTITUCIÓN: Universidad piloto de Colombia facultad de ingeniería programa de ingeniería civil Bogotá D.C.

Fecha: 2018

PROBLEMÁTICA: La calidad del agua y los procesos realizados deben rediseñarse y tener el control por parte de la entidad administrativa.

PROCESO DE SOLUCIÓN: Para poder tener un indicador del estado hidráulico se debió realizar los respectivos cálculos y compararlos con los existentes y de operación actual en la planta, para esto se debió realizar los siguientes cálculos:

- Cálculo de proyección de población
- Cálculo de canaleta Parshall
- Calculo floculador
- Alternativas de mejoramiento

RESULTADOS:

Como se puede observar en este trabajo, de acuerdo con la evaluación y el análisis que se realizó, la PTAP podría mejorar su capacidad de tratamiento de agua para abastecer a más población por lo tanto se recomienda adecuar el filtro dinámico y el manejo de lodos, de esta manera la planta podrá proveer agua potable a la demanda del municipio y aumentar el periodo de diseño hasta el año 2044. Si la población incrementara a más de 1050 habitantes, es necesario realizar las adecuaciones pertinentes para que su rendimiento este dentro de los parámetros establecidos en la resolución 0330 del 2017.

Se pudo evidenciar en la visita de campo, en la recopilación de información y en el test de jarras realizado a la quebrada (La Nicha) provee agua en condiciones favorables para tratar, debido a que algunos parámetros fisicoquímicos están dentro del rango permitido en la resolución 2115 de 2007, permitiendo que el funcionamiento de las estructuras unitarias de la PTAP no se colmate tan frecuentemente. HIGUERA CABREJO & PARRA BUITRAGO, (2018)

NOMBRE: DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL ACUEDUCTO COMUNITARIO DE SAN FERNANDO DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS.

AUTOR: Daniel Alberto Lerma Arias

INSTITUCIÓN: Universidad Libre seccional Pereira facultad de ingeniería civil Pereira.

FECHA: 2014

PROBLEMÁTICA: El acceso al servicio público de agua potable en Colombia es un determinante de la calidad de vida de las comunidades. De acuerdo con la encuesta de Calidad de Vida (ECV) realizada por el DANE2, en el año 2008 la cobertura total de acueducto era de 86.7% en el país, porcentaje que se incrementó en el año 2010 al 87.6%.

Haciendo una diferenciación entre la cobertura en el área urbana y en el área rural durante el año 2008 se logró que el 94.8% de los hogares estuvieran conectados a un sistema de acueducto, mientras que en las zonas rurales solamente se llegó a 58.3% de los hogares, lo cual constituye un notable rezago. En el 2010, los niveles de acceso al servicio pasaron a ser del 95.9% en el área urbana y del 57.1% en la zona rural.

Estos niveles de cobertura son inferiores a las metas planteadas en el documento “Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la zona rural de Colombia”, ya que estaba contemplado que para la zona rural del país la cobertura debería ser del 68.6% en el año 2005 y para el año 2010 de 75.1%.

PROCESO DE SOLUCIÓN: Para poder tener un indicador del estado hidráulico se debió realizar los respectivos cálculos y compararlos con los existentes y de operación actual en la planta, para esto se debió realizar los siguientes cálculos:

- Cálculo de proyección de población.
- Cálculo de canaleta Parshall.
- Cálculo floculador.
- Alternativas de mejoramiento.

RESULTADOS:

- La cuenca hidrográfica no presenta riesgo geotécnico 300 metros aguas arriba medido desde la bocatoma, a partir de este punto se corrobora a través de fotografías satelitales la estabilidad de la cuenca.
- El acueducto no cuenta con los elementos necesarios para la medición de la turbidez de la fuente abastecedora.

- La cuenca es afectada por su régimen de montaña que provoca que se eleven los niveles de turbidez afectando la continuidad de la prestación del servicio.
- La fuente es vulnerable a contaminación por agro-químicos debido al no respeto de las franjas de protección de la cuenta por parte de cultivos no nativos.
- La cuenca no tiene problemas de calidad del agua por afectación de viviendas porque no se encontraron vertimientos a lo largo de la fuente.
- La estructura de la bocatoma no evidencia problemas estructurales, es funcional pero no tiene un sistema para el control de ingreso de caudal. LERMA ARIAS & NAVAZ MAECHA (2014)



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

4.6 Marco Legal

El presente trabajo tiene como base fundamental, todo lo contemplado y dispuesto legalmente en las normas colombianas, siendo estas las referentes con todo lo relacionado a plantas de tratamiento de agua potable a la fecha (2021).

Tabla 4.2 normativa legal

Norma	Descripción
Ley 142 de 1994	Régimen de los servicios públicos domiciliarios
Ley 99 de 1993	Creación el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.
Ley 373 de 1997	Se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Decreto 3930 de 2010	Usos del agua y manejo de residuos líquidos

Resolución 2115 de 2007	Señalamiento de características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano
Decreto 1575 de 2007	Se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano
R.A.S 2000	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico
Decreto 243 de 2009	se reglamenta la figura del Gestor Ambiental
Decreto 320 de 2000	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado
Documentos CONPES 331 de 1999	Plan para el sector de agua potable y saneamiento básico
Decreto 1729 de 2002	Cuencas hidrográficas
Acuerdo del consejo nacional ambiental 1996	Lineamiento de política para el manejo integral del agua
Ley 9 de 1979	Por el cual se expide el código sanitario

Decreto 1449 DE 1977	Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática
Documento CONPES 3246 de 2003	Lineamientos de política para el sector de agua potable y saneamiento básico
Documento CONPES 3383 de 2005	Plan de Desarrollo del Sector de Acueducto y Alcantarillado
Decreto 2945 DE 2010	reglamenta el ejercicio de las actividades de monitoreo, seguimiento y control a que se refiere el Decreto 028 de 2008, para el sector de agua potable y saneamiento básico y se dictan otras disposiciones"
Ley 388 de 1997	Planes de Ordenamiento Territorial
Resolución 0330 de 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
Resolución 0650 de 2017	la cual se adiciona un artículo transitorio a la Resolución 330 de 2017

Educación de calidad al alcance de todos

10.0 5. Metodología

El método que se desarrollara en el proyecto es cuantitativo, explicativo y descriptivo, ya que se tomaran y analizaran datos contables y no contables en las diferentes etapas de este. Esto debido a que, inicialmente se desarrollará un diagnóstico del funcionamiento del sistema de acueducto del municipio y este análisis proporcionará todos los datos claves para dar inicio y sustento a la investigación.

5.1 Paso a paso

5.1.1 Permisos.

Solicitar permisos de visita a la planta de agua potable del municipio de Cáqueza Cundinamarca, con el fin de poder acceder de manera correcta y segura a las instalaciones del acueducto.

5.1.2 Visitas técnicas.

Realizar visitas técnicas en los horarios acordados a la planta, con el fin de hacer un informe que contenga los datos más relevantes para la investigación tales como:

Datos generales del municipio

- Descripción de las diferentes zonas del municipio
- Climatología del municipio
- Demanda de la PTAP
- Recursos hídricos que dispone la planta.

Datos necesarios para corroborar y verificar la demanda que atiende la planta de tratamiento de agua potable:

- Análisis de los censos de población
- Obtención de las tasas de crecimiento
- Proyección de la población
- Obtención de los coeficientes de mayoración
- Obtención del caudal máximo diario

- Obtención del caudal máximo horario
- Coeficiente de consumo máximo diario - k1.
- Obtención del caudal de diseño

Verificación de las estructuras de la planta

- Observar el estado de todas las estructuras que hacen parte de los procesos que realiza la planta
- Buscar posibles fuentes alternas de abastecimiento aledañas en caso de ser necesario

Corroborar si la capacidad hidráulica es suficiente para abastecer el municipio.

5.1.3 Informe de falencias

Realizar un informe de las falencias encontradas en la planta, de acuerdo con las normativas colombianas vigentes, para este caso RAS 2000 y resolución 0330 de 2017, todo esto con el fin de identificar de manera clara y detallada las dificultades de la (PTAP) y poder realizar la optimización del sistema.

5.1.4 Optimización del sistema

Con los datos obtenidos y las falencias identificadas en el informe anterior, se realizará el diagnóstico del sistema y proyectarlo en memorias de cálculo, con el fin de simular las características fundamentales de la red y así poder plantear la mejor o mejores soluciones posibles en el acueducto del municipio.

5.1.5 Documento de falencias

Generar un documento de falencias y recomendaciones para entregar al acueducto del municipio de Cáqueza Cundinamarca

Con base en los resultados conseguidos se realizará las respectivas recomendaciones al sistema de acueducto actual, que serán entregadas a la empresa prestadora del servicio en el municipio de Cáqueza Cundinamarca y de igual manera se entregaría este documento se entregara como anexo del presente trabajo.

5.1.6 Entrega final y sustentación

Una vez culminado todo el proceso se hará la entrega del documento final junto con todos los anexos, más el documento de falencias y recomendaciones, seguido a esto se procederá a sustentarlo ante los jueces y docentes evaluadores, en espera de su aprobación o comentarios.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

11.0 6.0 Resultados.

6.1 Diagnostico del sistema

6.1.1 Fuente de abastecimiento

La principal fuente de abastecimiento hídrico del Municipio de Cáqueza Cundinamarca es el río que comparte su nombre, río Cáqueza, sin embargo, en épocas de lluvia se abastecen de nacederos como: (Pantano de Carlos, el Campin y Monruta).

El río Cáqueza nace del afluente Río Negro Ubicado en el municipio de Fomeque, hacia el noreste del departamento de Cundinamarca, con Latitud: 4.3937 y Longitud: -73.9087.

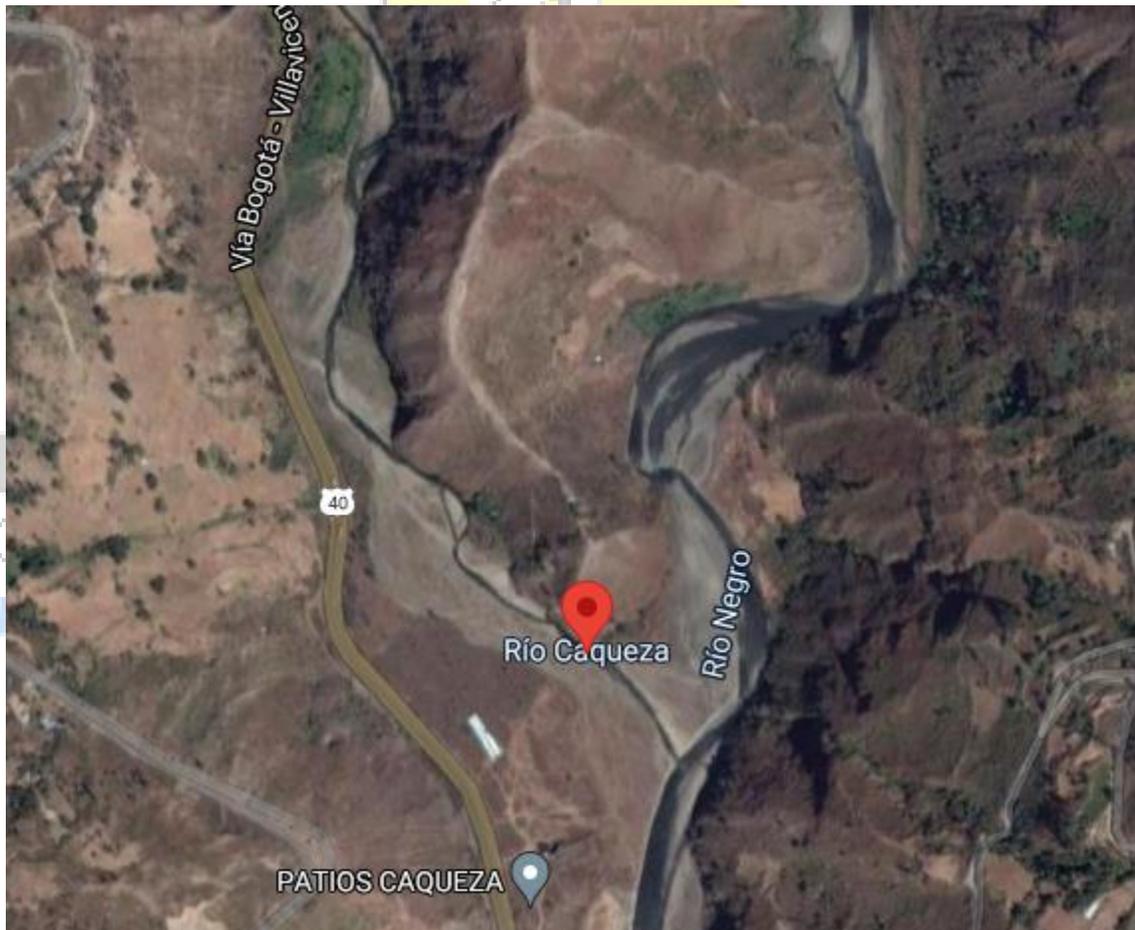


Figura 6.1 Río Cáqueza Fuente: google maps (2021)

6.1.2 Caudal del Rio Cáqueza

El rio Cáqueza no ha sido objeto de estudios, por lo tanto, no se sabe a ciencia cierta cuál es su caudal, sin embargo, se puede hacer una estimación ya que este nace del rio, Rio Negro en Fomeque, el cual si se ha estudiado su caudal por parte de la C.A.R.

Figura No. 2.14 Caudales Medios Mensuales cuenca del rio Negro 2312 - 03 (m³/seg)

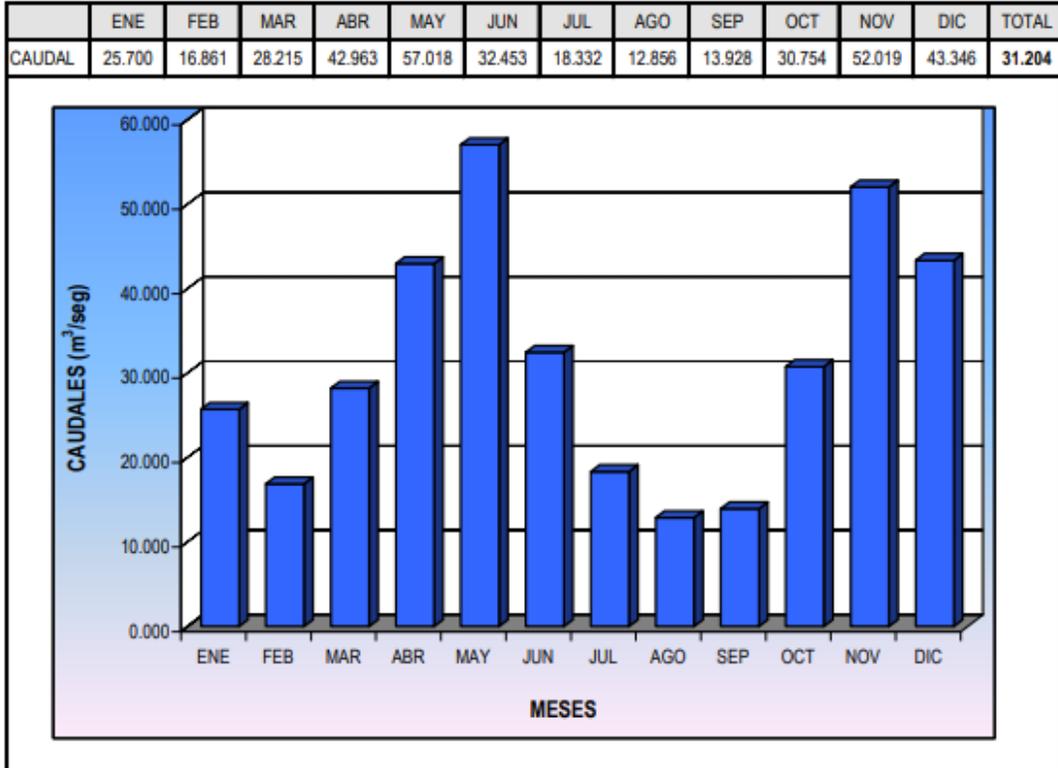


Figura 6.1.2 Caudal Medio anual Rio Negro: fuente: CAR (2018)

De acuerdo con la CAR para el 2018 el caudal medio anual para Rio Negro corresponde a 31.204 m³/ seg, en periodos de lluvias este valor puede llegar hasta los 43 m³/ seg y en temporadas de sequía valores cercanos a los 13 m³/seg.

Estos datos representan el comportamiento de Rio Negro y proporcionan un estimado de lo que ocurre en el Rio Cáqueza.

Ya que el caudal promedio anual del Rio Cáqueza, no puede exceder los 31.204 m³/ seg y tampoco puede estar por debajo de 13.204 m³/ seg.

6.1.3 Captación

El acueducto de Cáqueza cuenta con un sistema de captación superficial sobre el río, este se construyó hace más de 40 años y está hecho en concreto. El sistema de captación cuenta con dos rejillas, una se encuentra a un costado del muro y la otra está inmersa en él, a pocos metros de la rejilla lateral. De acuerdo con los operarios se capta 20.5 Lps en temporada normal.

El sistema cuenta con una tubería de 8” desde el punto de captación hasta el desarenador, principalmente compuesta de PVC. Sin embargo, en ciertos tramos existe la presencia de asbestocemento



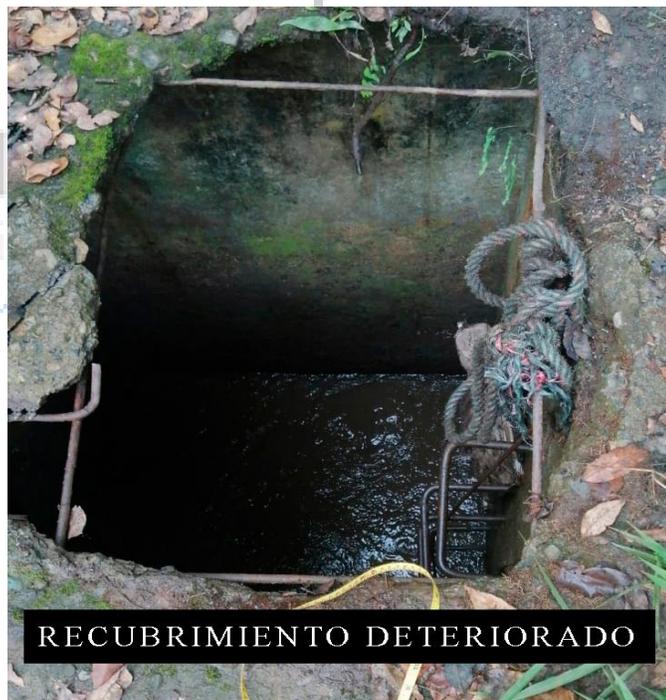
Figura 6.1.3 Captación Río Cáqueza: Fuente: Propia (2021)

Educación de calidad al alcance de todos



Figura 6.1.4 Rejilla de Captación, Rio Cáqueza, fuente: propia (2021)

La estructura del sistema de captación presenta deficiencias y deterioro, ya que solo en épocas de lluvia la rejilla lateral recolecta agua, además, el recubrimiento de esta está expuesto y averiado, tal y como se muestra en la figura 6.1.5.



*Figura 6.1.5 Recubrimiento captación Cáqueza:
Fuente; Propia (2021)*

El pozo de captación cuenta con las siguientes dimensiones:

Ancho: 1.23 m

Largo: 1.42 m

Profundidad hidráulica: 2 m

6.1.4 Aducción

La tubería de aducción se encuentra en buen estado, en ciertos puntos la tubería se encuentra a la intemperie. Es aconsejable recubrirla, esta es de un diámetro de 8 pulgadas desde la captación hasta el desarenador, y recorre entre estos dos puntos una distancia de 1 km.

6.1.5 Desarenador

El desarenador de Cáqueza es convencional y cuenta con un solo tanque que cumple con esta labor, el retiro de lodos se ejecuta de manera manual. Este se encuentra en buenas condiciones, sin embargo, este no cuenta con tubos de salida si no con mangueras que conducen el agua hasta un tubo de conducción de 6" enterrado a pocos metros del tanque.

El desarenador cuenta con las siguientes características:

- Ancho: 2.35 m.
- Largo: 9.95 m.
- Profundidad Hidráulica: 2.65 m

4 mangueras que conducen el agua hasta el tubo de 6"

- 2 mangueras de 2"
- 1 manguera de 1 ½"
- 1 manguera de 4"

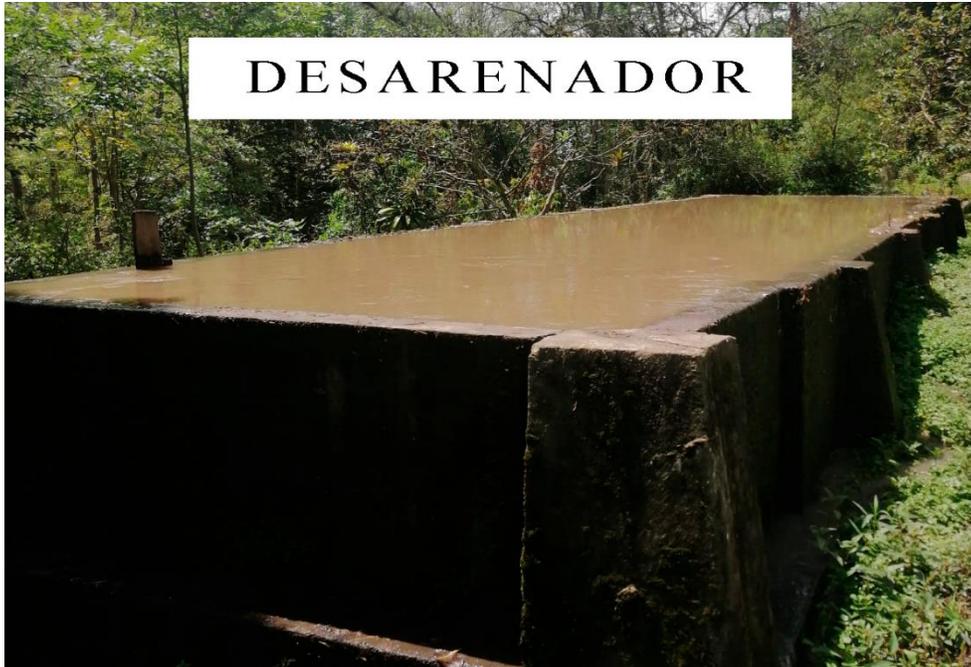


Figura 6.1.6 Desarenador Cáqueza, Fuente: Propia (2021)

Tubo de 6" enterrado para la conducción hasta el acueducto, este recorre una distancia de 4km hasta el acueducto.

El desarenador se encuentra a 1 km del punto de captación.



Figura 6.1.7 Mangueras de conducción en Desarenador, Fuente: Propia (2021)

Observaciones en desarenador

Zona de almacenamiento de lodos: El sistema no cuenta zona de almacenamiento de lodos ni de desagüe. Al retirar los lodos de manera manual estos se arrojan en zonas cercanas al sedimentador.

Cubierta: El desarenador no cuenta con cubierta, la cual es recomendada para evitar la contaminación por hojas u otros elementos externos a la estructura.

6.1.6 Conducción de Agua Cruda

La conducción de agua cruda se realiza por medio de una tubería de 2” en PVC, y esta recorre una distancia de 4km hasta la planta de tratamiento, en algunas zonas del recorrido esta se encuentra semi expuesta.

Observaciones.

Para la conducción de agua cruda se recomienda lo siguiente:

- Proteger la tubería para evitar roturas o desplazamientos.
- No usar mangueras, para la conducción del agua a la tubería de conducción.
- Usar una segunda tubería con diámetro más pequeño para las temporadas de verano.
- Usar válvulas de ventosa en las cotas que lo requieran, ya que de esta manera se evitara la presencia de aire en la conducción del agua.

6.1.7 Planta de tratamiento

La planta de tratamiento del municipio está ubicada en un sector central de la ciudad, la planta es de tipo convencional y cuenta con los siguientes procesos:

- Canaleta Pharsall.
- Coagulación.
- Mezcla Rápida.
- Mezcla Lenta.
- Floculación.
- Sedimentación.

- Filtración.
- Desinfección.
- Distribución.

A continuación, una breve descripción de los procesos mencionados:

- **Canaleta Pharsall:** El agua llega del sedimentador hasta la canaleta Pharsall con el fin de conocer el Caudal.



Figura 6.1.8 Canaleta Pharsall: *fuentes: Propia (2021)*



Figura 6.1.9 Dosificador: *fuentes; Propia (2021)*

- **Coagulación-floculación:** Una vez el agua sale de la canaleta inicia el proceso de coagulación, para esto la planta utiliza un dosificador, el cual vierte sobre el agua Sulfato Tipo B 10g/min.
- **Mezclas:** Después de aplicado el Sulfato el agua pasa por las cámaras de mezclas, en la planta cuentan los tipos, mezcla rápida y mezcla lenta, las cuales se encargan de combinar uniformemente el químico para que las partículas más pequeñas del agua se agrupen y coagulen correctamente.



Figura 6.1.10 Cámara de Mezclas Acueducto de Cáqueza: *Fuente: Propia (2021)*

- **Sedimentación:** Las partículas sedimentadas pasan a los tanques sedimentadores de la planta, los cuales se limpian cada mes.
- **Filtración:** Una vez culminado el proceso de filtración el agua baja a los filtros, los cuales cuentan con una tubería de 6”
- **Desinfección:** la desinfección se realiza después de la filtración, para esto en la planta usan Cloro gaseoso 5mg/min.



Figura 6.1.11 Zona de desinfección, *fuentes: Propia (2021)*

- **Distribución:** Para distribuir el agua al municipio la planta bombea el agua a 200 psi de acuerdo con macromedidor de 8”

6.2 Almacenamiento de agua potable.

Existe un tanque de almacenamiento de agua potable, el cual se encuentra bajo la planta, este es tipo pozo. Las dimensiones de este son desconocidas, aun para el funcionario a cargo de la planta.

Sin embargo, los operarios dicen que es bastante pequeño y que de ser más grande tendría la capacidad suficiente de abastecer al municipio.



Figura 6.2 Almacenamiento de agua, *fuentes:*
Propia (2021)

6.3 Conducción de agua tratada

Del tanque de almacenamiento el agua sale al macromedidor y después se distribuye por medio de una tubería en PVC de 8”.

En la tubería

Debido a que el acueducto está ubicado en una zona central del municipio, es necesario bombear agua a 3 barrios enteros, ya que las pendientes son demasiado pronunciadas. En este bombeo de acuerdo con los operarios se desperdician aproximadamente 8lps.

6.4 Red de distribución

Casi toda la red de distribución cuenta con tubería de 8”, sin embargo, en algunos tramos alejados esta tiene una reducción a 3/4”, esto ocurre principalmente en los sectores más alejados y finales de la red de distribución.

12.0 7.0 Analisis y Discusión de Resultados

Para el cálculo de la población se utilizan los métodos aritmético, geométrico y exponencial, siguiendo los parámetros de la resolución 0330 de 2017. Se escogió método que arroja el mayor resultado, (método exponencial).

Su periodo de diseño es de 25 años, sin embargo, tomamos la población actual para determinar el QMD.

“El método exponencial requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión” (Ministerio de vivienda, Ciudad y territorio., 2017)

Cálculos

Tabla 7.1 Últimos Censos

Año base 2021	
Censos años	Canso Total
1993	5436
2005	6410
2018	7575

Tabla 7.2 Tasa de crecimiento Poblacional

Coeficientes	
K1	0.01373455
K2	0.01284560
K	
Promedio	0.013290073

Tabla 7.3 Calculo de Proyección de Población método exponencial

AÑOS	Proyección de población
2021	7,886.63
2022	7,992.14
2023	8,099.07
2024	8,207.42
2025	8,317.23
2026	8,428.50
2027	8,541.27
2028	8,655.54
2029	8,771.34
2030	8,888.69
2031	9,007.61
2032	9,128.12
2033	9,250.25
2034	9,374.01
2035	9,499.42
2036	9,626.51
2037	9,755.30
2038	9,885.82
2039	10,018.08
2040	10,152.11



2041	10,287.93
2042	10,425.58
2043	10,565.06
2044	10,706.41
2045	10,849.65
2046	10,994.80

De acuerdo con el Artículo 99 de la resolución 0330 de 2017: “La capacidad de producción de la planta de tratamiento de agua potable (en adelante PTAP) debe satisfacer el caudal máximo diario (QMD) para la localidad en estudio, al año del período de diseño definido en el Artículo 40 de esta Resolución”.

Este artículo establece el parámetro del caudal de diseño de la planta.

Tabla 7.4 Cálculo de QMD

PARAMETROS DE DISEÑO	
Número de Habitantes	7,887
Periodo de Diseño	25 años
Dotación Neta	120 L/hab.dia
% Pérdidas	0.25
Dotación Bruta	160 L/hab.dia
Caudal medio diario Qmd	14.604862 L/s
Coefficiente de consumo maximo diario K1	1.20
Caudal Máximo diario QMD Lps	17.53

Este cálculo permite conocer el caudal de diseño de la planta, en otras palabras, el mínimo de litros por segundos que debe suministrar la planta para que esta no presente falencias por desabastecimiento, para este caso 17.53 Lps.

13.0 7.2 Parámetros de diseño QMD.

El caudal obtenido en la planta de tratamiento de agua potable el día de la visita fue de 24.92 Lps, lo que quiere decir que este debería ser suficiente para abastecer a toda la población. Sin embargo, esto no es así, por diversas razones, que hacen que el recurso sea insuficiente.

Analizando la ubicación de la planta y los registros de distribución se puede evidenciar que la planta está suministrando por bombeo 8 Lps a barrios que están por encima de ella. Además, el operario de la planta relata lo siguiente: “a los barrios que se reparte por bombeo no se les raciona el agua, y están permanentemente con el servicio” afectando al pueblo en general.

Ancho de la garganta, W	Ecuación del gasto
mm	Ha entra en mm y el gasto sale L/s
25.4	$Q= 0.001352 Ha^{1.55}$
50.8	$Q=0.002702Ha^{1.55}$
76.2	$Q=0.003965Ha^{1.55}$
152.4	$Q=0.006937Ha^{1.50}$
228.6	$Q=0.013762Ha^{1.53}$

Tabla 7.5 Tabla de la ecuación del gasto, fuente: Adaptación Hidrojing (2013)

UNIMINUTO
Corporación Uniminuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

Canaleta Parshall	
Cálculo de caudal	
K	0.001352
Ha	565
U	1.55
Q	24.9259538

Tabla 7.6 Calculo de Caudal Canaleta, Fuente: Propia (2021)

En el momento que se calculó este caudal, se estaba tomando agua de dos nacederos que pueden brindar 3,91 Lps solo en temporada de invierno, dato que fue hallado empíricamente con

la toma de agua en un balde en un tiempo determinado, este procedimiento se realizó así, debido a que el tablero de medición del caudal de entrada de la PTAP estaba averiado.

Estos datos recolectados, se tomaron con la capacidad máxima que la empresa puede captar, y aun así los caudales que se están repartiendo no son lo suficientes para abastecer al municipio.

La población flotante suma un desabastecimiento más a la decadencia del sistema, que por el tiempo de diseño ya ha superado su capacidad.

El caudal disponible sin los 8 Lps bombeados y los 3,91 de los nacederos es de 13,02 Lps, reflejando las condiciones del diseño decadente e hidráulicamente insuficiente, ya que el municipio requiere 17.53 Lps.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

14.0 8.0 conclusiones y recomendaciones

La planta fue construida hace más de 45 años superando así su diseño y capacidad hidráulica, haciendo que el caudal no sea el adecuado para la población actual. Para esto, lo mejor es optimizar toda la planta desde la captación, hasta su distribución.

El caudal del rio debería ser suficiente para abastecer a la población actual, sin embargo, esto no es así, debido a que las estructuras de captación no son eficientes y se encuentran en mal estado.

El desarenador se encuentra en malas condiciones y está fuera de los diseños y las normativas que establecen los parámetros constructivos, se recomienda establecer jornadas de mejoramiento y aseo en las estructuras.

La aducción está compuesta por 4 km de tubería en PVC y asbestocemento de 8" que generan perdidas en cuanto a la capacidad hidráulica y en salubridad ya que este material fue prohibido en Colombia en el 2019 y debe ser modificado por una tubería con más capacidad y otro material.

La planta de tratamiento no establece parámetros en cuanto a calidad de estructuras o sistema de tratamiento, ya que no tiene procesos biológicos, solo físicos y químicos, para esto se recomienda la construcción de estructuras que permitan desarrollar estos tratamientos, ya sean aerobios o anaerobios.

La ubicación de la PTAP no es la adecuada debido a la topografía del municipio, ya que en Cáqueza se manejan pendientes hasta del 25% en algunas zonas según la alcaldía, a esta problemática se suman los barrios que se encuentran por encima de ella, en los cuales se pierden hasta 8 lps para abastecerlos por medio de bombeo, dejando al municipio con menos caudal disponible.

Una posible solución a esta problemática es la construcción de tanques de almacenamiento en la cabecera del municipio, ya que de esta manera se evitarían las perdidas por bombeo a los barrios que están por encima de la cota de la planta.

Las estructuras de floculación se encuentran deterioradas debió a los años que llevan en funcionamiento y la exposición al sulfato tipo B (ácido sulfúrico). Este deterioro causa mal procedimiento, pérdida de velocidad y caudal por cámara. Se recomienda una optimización y construcción de nuevas cámaras o placas.

Los operarios deben estar capacitados para el manejo de todos los sistemas del acueducto y deben conocer en todo momento la capacidad hidráulica y los procesos que deben desarrollarse para garantizar la calidad esperada en el agua potable.

La planta está construida según parámetros no estandarizados, tampoco sigue normativas de diseño, lo cual genera que las estructuras no cuenten con los sistemas adecuados ni las capacidades hidráulicas que el municipio necesita.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

15.0 Bibliografía

- HIGUERA CABREJO, M. F., & PARRA BUITRAGO, J. A. (2018).
<https://www.unipiloto.edu.co/>. Recuperado el 27 de Abril de 2021, de EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TOGÜÍ – BOYACÁ.: <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004555.pdf>
- LERMA ARIAS, D. A., VELEZ ARCILA, L. C., MONTES BERMUDEZ, D., CEDEÑO LOPEZ, A. D., & NAVAZ MAECHA, O. (2014). <https://repository.unilibre.edu.co/>. Recuperado el 27 de Abril de 2021, de DIAGNÓSTICO TÉCNICO DEL ACUEDUCTO COMUNITARIO DE SANFERNANDO DEL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS: <https://cutt.ly/tbtfMBb>
- LIGARDO MORENO, A. E. (2019). <https://repository.ucc.edu.co/>. Recuperado el 27 de Marzo de 2021, de DIAGNOSTICO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, DESDE SUPUNTO DE CAPTACION HASTA LA RED DE DISTRIBUCION, EN ELMUNICIPIO DEL CASTILLO, DEPARTAMENTO DEL META.: <https://cutt.ly/8btjxTu>
- Aguas del Páramo de Sonsón S.A.S. E.S.P. (2014). <https://www.aguasdelparamo.com/>. Recuperado el 22 de Abril de 2021, de Planta De Tratamiento De Agua Potable: <https://cutt.ly/Vv38YQm>
- CAR. (20 de Abril de 2018). <https://www.car.gov.co/>. Recuperado el 08 de Mayo de 2021, de ESTUDIO DE DIAGNÓSTICO, PROSPECTIVA Y FORMULACIÓN CUENCA RÍO NEGRO: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac67a04544fd.pdf>
- Compañía Salteña de Agua y Saneamiento S.A. -AGUAS DEL NORTE. (2018).
<https://www.aguasdelnortesalta.com.ar/>. Recuperado el 25 de Abril de 2021, de <https://cutt.ly/av34knf>
- Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal ESP. (19 de Diciembre de 2014).
<https://eaaay.gov.co/>. Recuperado el 10 de Abril de 2021, de Operación Planta De Tratamiento De Agua Potable: <https://cutt.ly/wv30XEu>
- Empresa Servicios Públicos Domiciliarios de Cáqueza S.A. E.S.P. (2013).
<https://www.academia.edu/>. Recuperado el 17 de Marzo de 2020, de EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE CÁQUEZA SA ESP PLAN DE CONTINGENCIA: <https://cutt.ly/rz7BFec>
- EPM. (2009). *Normas de Diseño de Sistemas*. Recuperado el 18 de Marzo de 2021, de <https://www.epm.com.co/>: <https://cutt.ly/oxwfd7O>
- google maps. (2021). <https://www.google.com/maps>. Recuperado el 8 de Mayo de 2021, de google maps:
<https://www.google.com/maps/place/R%C3%ADo+C%C3%A1queza/@4.3961197,->

73.9162169,2855m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x8e3fb9c36fd0748d:0x8f2bd57be3e7e204!8m2!3d4.3961198!4d-73.9074621?hl=es-ES

GOV.CO. (10 de Octubre de 2019). *CAPACIDAD HIDRÁULICA*. Recuperado el 18 de Marzo de 2021, de <http://www.aguasdeelbagre.gov.co/>: <https://cutt.ly/QxwvhUr>

Ministerio de Vivienda Ciudad y territorio. (2017). Resolución 0330 del 2017- Título 7 . Bogota, Cundinamarca, Colombia. Recuperado el 03 de Marzo de 2021

Ministerio de vivienda, Ciudad y territorio. (08 de Junio de 2017). *Resolución 0330 de 2017*. Recuperado el 19 de Marzo de 2021, de <https://www.minvivienda.gov.co/>: <https://cutt.ly/Qxum8AF>

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. (30 de Octubre de 2020). *Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico Ras*. Recuperado el 11 de abril de 2021, de <https://www.minvivienda.gov.co/>: <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf>

Ortiz, L. M. (2020). <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/>. Recuperado el 27 de Abril de 2021, de PLAN DE MEJORA DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) EN LOS CAMPAMENTOS TACUÍ Y CUNÍ DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO.: <https://cutt.ly/Ibtv8Fe>

PÉREZ CUADROS, Z. C. (2016). <https://repository.ucatolica.edu.co/>. Recuperado el 27 de Abril de 2021, de DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAPOTABLE DEL MUNICIPIO DE GUATEQUE EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ-COLOMBIA.: <https://cutt.ly/mbtIsB7>

RAE. (2020). <https://www.rae.es/>. Recuperado el 18 de Marzo de 2021, de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/acueducto>

Raffino, M. E. (18 de Junio de 2020). *Concepto de Agua potable*. Recuperado el 18 de Marzo de 2021, de <https://concepto.de/>: <https://concepto.de/agua-potable/>

RIOS AVILA, A., & RODRIGUEZ TAFUR, A. D. (2017). <https://ilibrary.co/>. Recuperado el 27 de Abril de 2021, de DIAGNOSTICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL MUNICIPIO DE GUATAQUÍ CUNDINAMARCA: <https://cutt.ly/Fbtvs9L>

SOTO, J. C. (2018). <http://repository.usta.edu.co/>. Recuperado el 27 de Abril de 2021, de DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA OPERATIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP) GUACAVÍA EN EL MUNICIPIO DE CUMARAL, DEPARTAMENTO DEL META.: <http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12021/2018juanloaiza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>