

**ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y ESTUDIO DEL
COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE FILTRADO DE LA PTAP LA
FLORA DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA**

LUIS JESÚS PÉREZ OJEDA

ID: 000284581

Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Bucaramanga

2019

**ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y ESTUDIO DEL
COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE FILTRADO DE LA PTAP LA
FLORA DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA**

LUIS JESÚS PÉREZ OJEDA

ID: 00284581

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Alexandra Ceron Vivas

Doctora en Ingeniería Ambiental

Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

El presente trabajo de grado se lo dedico principalmente a Dios, por bendecirme cada día durante estos 5 años, y darme la oportunidad de crecer profesional y espiritualmente.

Se lo dedico a mis padres, por brindarme la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa universidad, por inculcarme valores importantes y ser mi inspiración para salir adelante.

Se lo dedico a mis hermanas por ser mi compañía diaria, las cuales me brindan fortaleza, amor y alientos en las adversidades.

Se lo dedico a mi hijo, el cual me hace feliz todos los días, y me impulsa a salir adelante para ser un mejor profesional y buen padre.

Agradecimientos

Gracias a la Universidad Pontificia Bolivariana por todo el conocimiento adquirido, fueron 5 años en los cuales disfrute mucho, aprendiendo de los excelentes docentes que se esmeran cada día para formar buenos profesionales.

Muchas gracias a cada uno de los docentes de la Universidad que conforman la Facultad de Ingeniería Ambiental. Gracias por cada consejo, regaño, sonrisa, por el tiempo que nos brindan. Gracias por formarme con buenas bases para afrontar la vida profesional.

Gracias a mi novia por estar conmigo durante toda mi carrera universitaria y apoyarme en los buenos y malos momentos.

Gracias a mi familia, por ser mi compañía durante toda mi vida, y hacer de la misma más alegre y fácil de vivir.

Gracias Profesora Alexandra Ceron Vivas, por ser mi guía en esta etapa final del pregrado, gracias por ser excelente persona y Docente.

Gracias al Acueducto Metropolitano de Bucaramanga por brindarme la oportunidad de realizar las prácticas profesionales. Especialmente gracias al Ingeniero Javier Quiroga, Ing. Yolanda Arboleda, Ing. Oscar Naranjo, a los operadores y ayudantes de la Planta la Flora, por brindarme tanto conocimiento y permitirme disfrutarlas al máximo.

Finalmente, gracias a Dios por darme la vida, salud y felicidad.

Tabla de contenidos

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO.....	9
GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE.....	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	15
CAPÍTULO 2 DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA	20
2.1 FILTRACIÓN	21
2.1.1 Estratificación de los filtros.....	22
2.1.2 Sistema de control de flujo.....	23
CAPÍTULO 3 OBJETIVOS	25
3.1 OBJETIVO GENERAL	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
CAPÍTULO 4 MARCO TEÓRICO	26
CAPÍTULO 5 ACTIVIDADES	29
5.1 EFICIENCIA DE LOS FILTROS	29
5.2 TASA DE FILTRACIÓN.	31
5.3. CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO.	33
5.3.1 Tanques de almacenamiento de coagulante.	33
5.3.2 Características físicas en el afluente y efluente de los filtros.....	35
5.4 ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN.....	42
CAPÍTULO 6 OTRAS ACTIVIDADES.....	45
6.1 CARRERA DE FILTRACIÓN.....	45
6.2 REMISIÓN DE INSUMOS QUÍMICOS PROCEDENTE DE LAS DIFERENTES PLANTAS DE PRODUCCIÓN.....	48
6.3 SEGUIMIENTO A LOS CONSUMOS DE INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.	49
6.4 APOYO ADMINISTRATIVO EN LA PTAP LA FLORA.	50
6.5 ELABORACIÓN DE INFORMES MENSUALES COMO: INFORMES DE OPERACIÓN, INFORME DE CALIDAD DEL AGUA, INFORME DE BODEGA.	51
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52

REFERENCIAS.....	54
ANEXOS	55
CONTROL DE CAMBIOS.....	64

Lista de tablas

Tabla 1. Zona de Filtración _____	21
Tabla 2. Datos de los filtros _____	22
Tabla 3. Estratificación de cada filtro. _____	22
Tabla 4. Lecho filtrante. _____	23
Tabla 5. Determinación de eficiencia de los filtros. _____	29
Tabla 6. Dosificación de sulfato de aluminio. _____	32
Tabla 7. Datos tanque almacenamiento sulfato líquido. _____	34
Tabla 8. Dosificación sulfato de aluminio diario. _____	34
Tabla 9. Control retro lavado de los filtros. _____	45
Tabla 10. Seguimiento turbiedad afluente y efluente del filtro No. 5 _____	46

Lista de figuras

Figura 1 Cuencas y subcuencas de la Región. _____	12
Figura 2 Organigrama amb. _____	18
Figura 3 Filtros actuales Planta la Flora. _____	22
Figura 4. Filtro de tasa y nivel constante. _____	24
Figura 5. Eficiencia diaria de los filtros. _____	30
Figura 6. Tasa de filtración días 13,20 y 26 Junio. _____	32
Figura 7. Comportamiento porcentaje apertura respecto al tiempo 20 junio. _____	36
Figura 8. Comportamiento porcentaje de apertura respecto al tiempo 26 junio. _____	36
Figura 9. Turbiedad a través del tiempo 20 junio. _____	38
Figura 10. Turbiedad a través del tiempo 26 junio. _____	39
Figura 11. Comportamiento del color respecto al tiempo 20 junio. _____	41
Figura 12. Comportamiento del color respecto al tiempo 26 junio. _____	41
Figura 13. Carrera de filtración, filtro No. 5. _____	47

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Panel de control y operación de los filtros anteriormente. _____	43
Ilustración 2. Panel de control y operación actualmente. _____	43
Ilustración 3. Cámara seca floculación anteriormente. _____	43
Ilustración 4. Cámara seca floculación actualmente. _____	43
Ilustración 5. Tanques floculación anteriormente. _____	44
Ilustración 6. Tanques floculación actualmente. _____	44
Ilustración 7. Báscula contenedores de cloro anteriormente. _____	44
Ilustración 8. Báscula electrónica de contenedores de cloro actualmente. _____	44
Ilustración 9. Descarga Coagulante líquido. _____	48
Ilustración 10. Documento remisión insumo químico. _____	49
Ilustración 11. Panel de control nivel de coagulante. _____	49
Ilustración 12. Bodega sulfato de Aluminio Sólido. _____	49
Ilustración 13. Planilla de control de insumos. _____	50

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE FILTRADO DE LA PTAP LA FLORA DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA

AUTOR(ES): Luis Jesús Pérez Ojeda

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR(A): Alexandra Ceron Vivas

RESUMEN

El acueducto Metropolitano de Bucaramanga tiene el compromiso de garantizar la calidad de agua a todos los habitantes de Bucaramanga, por tal motivo cuenta con cuatro plantas de tratamiento de agua potable ubicadas en toda la ciudad: Morrórico, La flora, Floridablanca y Bosconia. El desarrollo de la práctica tuvo como objeto, evaluar la etapa de filtración de la PTAP La Flora del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, lo anterior, se determinó evaluando la eficiencia de los filtros durante un periodo de cuatro semanas, calculado la turbiedad del agua en el afluente y efluente en la etapa de filtración cuando se realizaba con y sin dosificación. Se obtuvo una mayor eficiencia de remoción en los filtros cuando se dosificó coagulante líquido (82%), a comparación de los días en los cuales no se dosificó (52%). Además, se encontró que, a tasas de filtraciones menores, es decir, 172,36 m³/m²xd, la calidad del agua mejora y facilita la retención de partículas suspendidas. Por último, se determinó el porcentaje de apertura de la válvula del efluente de los filtros siendo elevado debido a la colmatación del lecho filtrante, por tal razón, el filtro aumenta el porcentaje de apertura de la válvula, garantizando la igualdad del caudal de afluente y efluente.

PALABRAS CLAVE:

Floculación, filtración, floc, turbiedad, coagulante.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: UPDATE OF THE OPERATION MANUAL AND STUDY THE BEHAVIOR OF THE PTAP FLORA FILTERING SYSTEM OF THE BUCARAMANGA METROPOLITAN AQUEDUCT.

AUTHOR(S): Luis Jesús Pérez Ojeda

FACULTY: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR: Alexandra Ceron Vivas

ABSTRACT

The Metropolitan Aqueduct of Bucaramanga is committed to guaranteeing the quality of water to all the inhabitants of Bucaramanga, for this reason it has four drinking water treatment plants located throughout the city: Morrórico, La flora, Floridablanca and Bosconia. The purpose of the practice was to evaluate the filtration stage of the PTAP La Flora of the Bucaramanga Metropolitan Aqueduct, the foregoing was determined by evaluating the efficiency of the filters over a period of four weeks, calculating the turbidity of the water in the tributary and effluent in the filtration stage when performed with and without dosing. Higher removal efficiency was obtained in the filters when liquid coagulant was dosed (82%), compared to the days on which it was not dosed (52%). In addition, it was found that, at lower filtration rates, that is, 172.36 m³ / m²xd, water quality improves and facilitates the retention of suspended particles. Finally, the percentage of the effluent valve opening of the filters was determined to be high due to the clogging of the filter bed, for this reason, the filter increases the valve opening percentage, guaranteeing the equality of the flow of affluent and effluent.

KEYWORDS:

flocculation, filtration, floc, turbidity, coagulant.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

El acueducto Metropolitano de Bucaramanga, tiene el compromiso de garantizar la calidad de agua a todos los habitantes de Bucaramanga, y por tal motivo cuenta con cuatro plantas de tratamiento de agua potable ubicadas en toda la ciudad, Morrórico, la flora, Floridablanca Bosconia. Todas las plantas de tratamiento cuentan con personal adecuado para garantizar el correcto funcionamiento de la misma.

La planta la Flora está localizada en la parte alta oriental de Bucaramanga, en la zona de Morrórico, a una altura media de 1180 metros sobre el nivel del mar. La planta la flora está destinada a tratar aguas provenientes de las fuentes de la hoya del río Tona, para abastecer las redes Norte, Oriente y Sur del sistema de distribución. Funciona conjuntamente con las plantas "Morrórico" (Sistema Río Tona), "Florida" (Sistema Río Frío) y "Bosconia" (Sistema Río Suratá), constituyendo entre todo el sistema de tratamiento del área del triángulo Bucaramanga, Floridablanca, y Girón. (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A., 2018)

El agua del Río Tona se capta por medio de bocatomas de fondo, las quebradas Armania, carrizal y golondrinas y otras siete (7) fuentes superficiales pequeñas, cada una con un desarenador en la captación. Las tres primeras se aforan en canaleta Parshall y las otras con vertederos triangulares. En total se captan 1400 L/s. de los cuales se tratan 1100 L/s en la planta La flora y 300 L/s en la planta de Morrórico.

En la figura 1, se puede observar el sistema de cuencas y subcuencas de la región de las cuales hace parte el Río Tona.

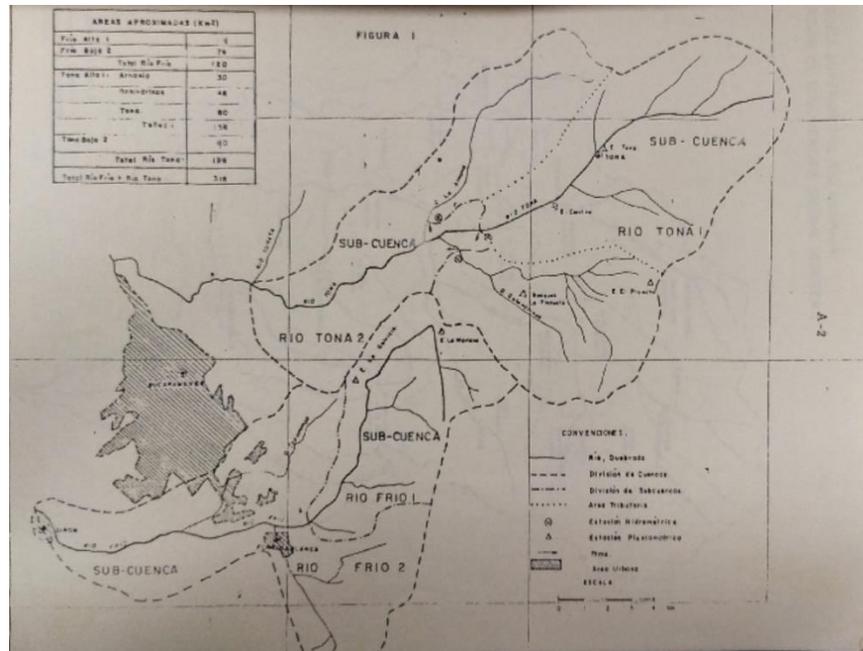


Figura 1. Cuencas y subcuencas de la Región.

La conducción de agua hasta las plantas de tratamiento tiene una longitud total aproximada de 22.650 m. su conducción se hace por un canal rectangular de concreto simple de 1.20 x 0.80.

La planta La Flora es de tipo convencional y tiene una capacidad nominal de 1100 litros por segundo. La Planta consta de los siguientes elementos componentes del Sistema de tratamiento:

1. Estructuras de Admisión de Agua Cruda.
2. Pre sedimentación
3. Mezcla Rápida.
4. Floculación
5. Sedimentación
6. Filtración
7. Corrección del pH

8. Desinfección

9. Almacenamiento.

Las instalaciones y equipos que integran esos componentes y mediante los cuales se realizan los procesos de tratamiento, están organizados y habilitados para cumplir cada uno y en conjunto la función que les corresponde en el tratamiento de los 1100 l/s de capacidad de la Planta.

El Manual de Operación y Mantenimiento debe ser entendido como el conjunto sistemático de normas, preceptos y procedimientos que indican las actividades y tareas que deben ser realizadas y la forma como deben ser ejecutadas por los encargados, con la finalidad que cada uno de los componentes del sistema de tratamiento del agua cumplan correcta y eficientemente su función y de que sus unidades permanezcan siempre en buen estado de funcionamiento y de conservación.

El objetivo general del Manual es el de establecer de manera sistemática y uniforme, la organización, las normas y los procedimientos para ejecutar de forma racional las actividades de administración, de operación, de mantenimiento y de seguridad para el adecuado manejo y tratamiento de las aguas del río Tona. Por tal razón es importante tener actualizado el manual de operación para que los trabajadores sepan que realizar en caso de cualquier procedimiento o altercado que suceda.

La zona de filtración de la planta la flora presenta Nueve (9) filtros rápidos, tasa constante, lecho de arena y antracita, lecho de sostén de grava y falso fondo tipo Wheeler; Los cuales se encargan de remover los sólidos suspendidos que pudieron pasar de los procesos anteriores.

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales presentes en una suspensión acuosa que escurre a través de un medio poroso. En general, la filtración es la operación final de clarificación que se realiza en una planta de tratamiento de agua y, por consiguiente, es la

responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los estándares de potabilidad.

Como estudio del comportamiento del sistema de filtrado, se van a determinar las características físicas del efluente de los filtros, para garantizar la eficiencia de los mismos y la comparación en diferentes escenarios que se presenten. El estudio del comportamiento de los filtros se realiza como evaluación de la etapa de filtración de la PTAP La Flora del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

Capítulo 1

Generalidades de la Empresa

El Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP (amb) tiene la función de producir y suministrar agua potable dentro del área metropolitana (Florida blanca – Girón – Bucaramanga) en forma continua y suficiente para atender las necesidades de la población.

La sede administrativa del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga está ubicada en la Diagonal 32 No. 30^a-51 Parque del agua, Número telefónico 6320220, el máximo representante legal es Zoraida Ortiz Gómez, Gerente General.

MISIÓN

El amb presta con calidad y continuidad, el servicio de acueducto en el área de influencia, gestionando de manera integral el agua para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de sus grupos de interés.

VISIÓN

Gestión integral de agua potable, alcantarillado y residuos sólidos con alcance regional, orientada al desarrollo sostenible del amb en armonía con sus partes interesadas.

El sistema actual del acueducto del Área Metropolitana de Bucaramanga toma las aguas de los ríos Suratá (abastece la planta de Bosconia), Tona (abastece las plantas de La Flora y Morrórico), y Frío (abastece la planta de Floridablanca), con una capacidad de tratamiento de 2000, 1400 y 600 litros por segundo respectivamente.

La Planta la Flora está localizada en la parte alta Oriental de Bucaramanga en la zona de Morrórico, sobre la margen izquierda de la carretera que conduce a Pamplona, a la altura del kilómetro dos

entre las cotas topográficas 1170 y 1195 msnm. El Ingeniero Químico Javier Antonio Quiroga Núñez es el jefe de planta y responsable del correcto funcionamiento de la planta la flora y Morrорico.

La planta de Bosconia está localizada en la vía que conduce de Bucaramanga al municipio de Matanza, al Nororiente de la ciudad, entre las cotas topográficas 685 y 675 msnm. La planta tiene una capacidad de 2000 L/S, y es del tipo convencional con tanques desarenadores, pre sedimentadores, mezcla rápida, floculación mecánica, sedimentación y filtración.

El proyecto Rio Suratá inicio operaciones en agosto de 1984, aumentando en 200 l/s la capacidad de producción mínima confiable del sistema completando una capacidad total de producción de 3840 l/s, que servirán para atender la población del Área Metropolitana del año 2003.

La planta Floridablanca está localizada en la zona Suroriental del Área Metropolitana de Bucaramanga, en la parte alta de los barrios Bucarica y caracolíes del municipio de Floridablanca, a una altura media de 1402 msnm.

Esta planta está destinada a tratar aguas provenientes de las fuentes de la hoya del Rio Frio, para abastecer la zona sur del Área Metropolitana conjuntamente con las plantas Morrорico y la Flora (del sistema rio Tona) y Bosconia (del sistema rio Suratá), para constituir entre todas el sistema de tratamiento de agua del triángulo Bucaramanga- Florida-Girón.

La planta de Morrорico, está localizada al Oriente de la carrera 33^a entre la avenida Quebrada Seca y calle 32 de Bucaramanga, entre las cotas topográficas 1050 y 1081 msnm. La planta es de tipo convencional, su capacidad es de 400 l/s.

A continuación, en la Figura 2, se puede observar la estructura organizacional de la empresa encabezada por la asamblea general, las diferentes gerencias y comités que conforman el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

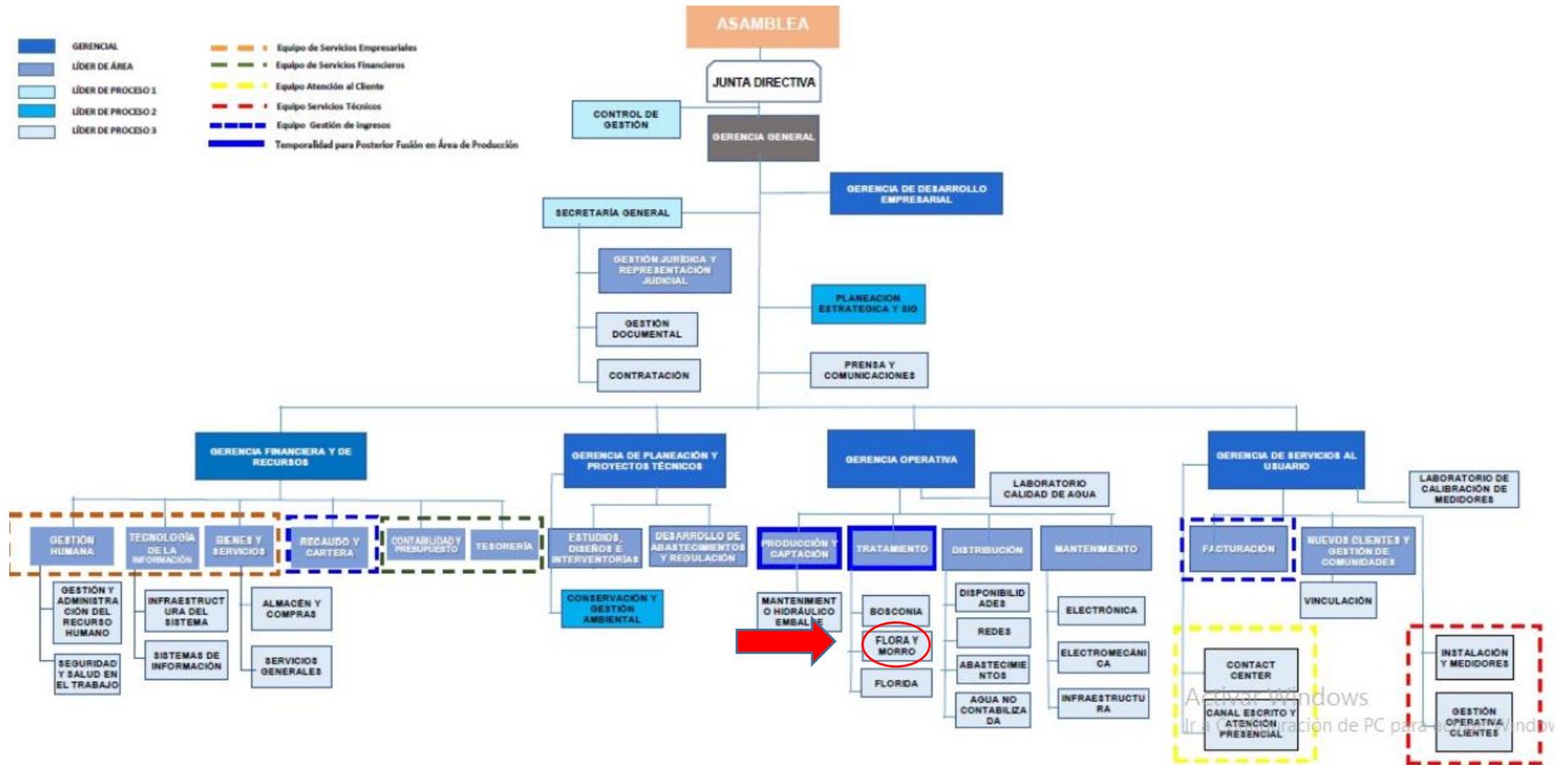


Figura 2. Organigrama amb.

Para el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, dada su especial vinculación con el Medio Ambiente y el uso de los Recursos Naturales, es de particular importancia orientar sus actividades hacia un manejo sustentable de su patrimonio forestal; y además que, las actividades y prácticas involucradas en cada etapa de la producción de la empresa se desarrollen buscando minimizar los impactos negativos que pudiesen generar al ambiente, dentro de un esquema de creciente interés y preocupación de la sociedad por el tema ambiental.

La Coordinación de Gestión Ambiental está encaminada a integrar y mejorar el desempeño Ambiental de la Empresa y al desarrollo de todos los aspectos ambientales que se manejan tanto en el área rural (zonas productoras de agua) como en el área urbana. (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A., 2018)

Capítulo 2

Diagnóstico de la Empresa

Toda planta de tratamiento debe contar con un manual de operación el cual indica las generalidades de la planta y los procedimientos a seguir de acuerdo a la acción que se desee realizar, es por esto que el manual de operación debe estar actualizado de acuerdo a las renovaciones que se realicen en el proceso de tratamiento del agua.

El manual de operación no se actualiza desde el año 2013, por lo cual esta desactualizado en el funcionamiento de algunas etapas y equipos, los cuales se han adquirido para mejorar y facilitar la operación del tratamiento. Por tal motivo, fue necesario analizar cada etapa del tratamiento con el fin de identificar los cambios a realizar para que esté acorde con la actualidad de la planta.

En el proceso de filtración, se realizó en el año 2015 una renovación en el sistema de filtrado de la planta, la cual tenía como objetivo realizar la automatización del proceso de lavado de filtros e implementación de un sistema HMI en el proceso de filtración de la Planta de Tratamiento La Flora del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

Anteriormente, el proceso de filtración y lavado en la Planta de Tratamiento la Flora se realizaba mediante un sistema manual ON-OFF que operaba con tecnología obsoleta y no presentaba un sistema de supervisión de los procesos, que permitiera minimizar el volumen de agua de lavado para asegurar tasas de filtración óptimas. El implementar el lavado automático de los filtros y un sistema de monitoreo para el proceso de filtración permitiría las siguientes ventajas:

- Reducción de espacio al contar con tecnología de punta.

-Ahorro de agua en el proceso de lavado de las unidades de filtración.

-Optimización en los tiempos de lavado de los filtros y en consecuencia disminución de costos energéticos, en razón a que el lavado de cada unidad se realiza de manera automática de acuerdo con la información presentada las sondas de turbiedad.

-Incremento en la confiabilidad de operación del sistema de filtración y se minimizan los riesgos en la continuidad del proceso.

-Disminución de los costos de mantenimiento preventivo y correctivo, en razón a que se tendrá instrumentación en cada una de las etapas del proceso de lavado y filtración y se contarán con alarmas, advertencias, históricos y la ubicación exacta de la falla que se presente.

Por tal razón se desea realizar un estudio del sistema de filtrado, para comprobar el mejoramiento de operación y analizar el comportamiento de los filtros de acuerdo a la automatización realizada.

2.1 Filtración

En la planta de tratamiento La flora actualmente existen Nueve (9) filtros rápidos de gravedad, dispuestos en dos baterías paralelas de 4 y 5 filtros. En la figura 3 se observa uno de los filtros, el cual consta de un canal central y 8 canaletas perpendiculares al canal central y paralelas entre si. Además, en la tabla 1 y 2 se presentan las dimensiones de la zona de filtración y de cada uno de los filtros, respectivamente.

Tabla 1. Dimensiones de zona de Filtración

Largo	Ancho	Área
36.82m	25.3m	931.5m



Figura 3. Filtros actuales Planta la Flora.

Tabla 2. Datos de los filtros

Dimensiones	Valor
Largo (m)	8.83
División(m)	3.05
Profundidad (m)	3.49
Área (m ²)	53.86
Volumen (m ³)	188
Canal central	8.83m x 07m
Ocho (8) canaletas	3.05m x 0,35m x 0.45m

Cada uno de los 9 filtros presenta las mismas dimensiones. (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A., 2018)

2.1.1 Estratificación de los filtros.

La estratificación de los filtros está conformada por diferentes capas de material filtrante a diferentes profundidades, las cuales garantizan la calidad del efluente de agua.

En la tabla 3 se observa el estrato y las profundidades de cada uno.

Tabla 3. Estratificación de cada filtro.

Estrato	Valor
---------	-------

Altura entre el borde de canaleta de lavado y corona del filtro	0.68m
Altura de la superficie del lecho de antracita y el borde de canaletas	1.0m
Lecho filtrante de antracita	0.50m
Lecho filtrante de arena	0.20m
Lecho de sostén de grava gradada	0.38m
Espesor de falso fondo (Fondo Wheeler)	0.18m
Compartimiento inferior por debajo del falso fondo	0.55m
Total	3.49m

Nota: (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A., 2018)

En la tabla 4 se puede observar el lecho filtrante de cada filtro y su longitud.

Tabla 4. Lecho filtrante.

Lecho filtrante	Longitud
Antracita	0,50 m
Arena	0,20 m
Total	0,70 m

Nota: (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A., 2018)

La experiencia ha demostrado que existe una relación entre el espesor de la capa de arena y la de antracita en un filtro de dos medios; en general, el espesor de la capa de antracita representa de 60 a 80%; y la arena, de 20 a 40% del espesor total del medio filtrante. De este modo, un medio filtrante de 70 cm de espesor tendrá aproximadamente 50 cm de antracita y 20 cm de arena. (Maldonado)

2.1.2 Sistema de control de flujo.

Los filtros presentes en la planta la flora son de tasa y nivel constante, es decir es el tipo de control tradicional de los filtros rápidos convencionales. presenta un controlador variable que mantiene una pérdida de carga total constante al abrirse gradualmente la válvula, a medida que el lecho se colmata.

El controlador es de válvula de mariposa operada por una sonda de nivel hidrostático, que mantiene un nivel constante de agua en el filtro.

En la figura 4, se puede observar un filtro de tasa y nivel constante, el cual es el que se utiliza en la planta de tratamiento la Flora.

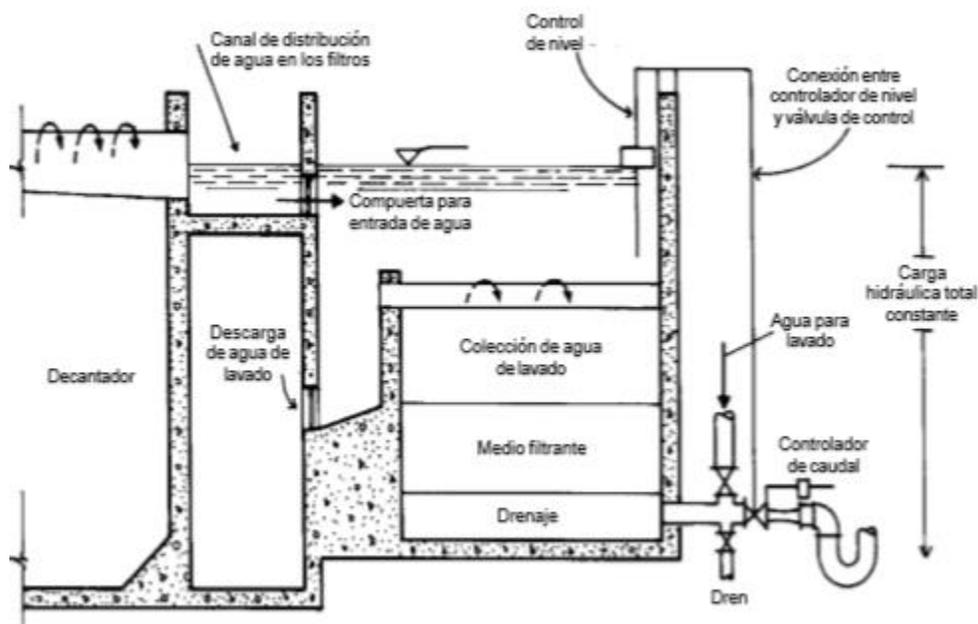


Figura 4. Filtro de tasa y nivel constante.

Al inicio de la carrera de filtración, el medio filtrante está limpio, y para que la resistencia total del filtro sea mantenida constante, la válvula del efluente tipo mariposa genera un valor de pérdida de carga igual a la diferencia entre la carga hidráulica total disponible y la suma de las pérdidas de carga en el sistema (pérdida de carga inicial en el medio filtrante, pérdida de carga en el lecho de soporte y pérdida de carga en drenaje, tuberías y accesorios). A medida que progresa la carrera de filtración, aumenta la pérdida de carga (ht) en el medio filtrante debido a la retención de partículas y, como resultado, la pérdida de carga introducida por el dispositivo controlador debe disminuir, para la filtración rápida descendente. (Maldonado).

Capítulo 3

Objetivos

3.1 Objetivo general

- Evaluar la etapa de filtración de la PTAP La Flora del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

3.2 Objetivos específicos

- Analizar la eficiencia de los filtros empleados en la Planta la Flora.
- Relacionar los parámetros físicos del agua en el efluente de la etapa de la filtración con el porcentaje de apertura de la válvula.
- Actualizar el manual de operación existente de la PTAP La Flora, para el correcto funcionamiento y operación de la planta.

Capítulo 4

Marco Teórico

Afluente: Flujo que ingresa a un sistema hidráulico.

Agua cruda: Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.

Agua filtrada: Agua proveniente del proceso de filtración, la cual percola por el material filtrante.

Agua potable: Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de la Protección Social y demás normas que lo reglamentan, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

Agua sedimentada: Agua proveniente de los sedimentadores.

Agua tratada: Agua que ha finalizado el tratamiento y esta almacenada para su distribución.

Calidad del agua: Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

Carrera de filtración: Lapso de tiempo existente entre dos lavados consecutivos del filtro.

Cloración: Aplicación de cloro al agua, generalmente para desinfectar o para oxidar compuestos indeseables.

Cloro residual: Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado.

Coagulante: sustancia que se aplica a un fluido y produce una serie de reacciones físicas y químicas.

Color del agua: el color está constituido por sustancias químicas, generalmente provenientes de la degradación de materia orgánica.

Dosificación: Acción mediante la cual se suministra una sustancia química al agua.

Dosis óptima: Concentración que produce la mayor eficiencia de reacción remoción en proceso químico.

Eficiencia de remoción: Medida de la efectividad de un proceso en la remoción de una sustancia específica.

Efluente: Flujo proveniente de un sistema hidráulico.

Filtración: Proceso mediante el cual se remueve las partículas suspendidas y coloidales del agua al hacerlas pasar a través de un medio poroso.

Floc: masa gelatinosa que se forma en un líquido por haberse agregado coagulantes.

Floculación: Aglutinación de partículas inducida por una agitación lenta de la suspensión coagulada.

Lecho filtrante: Medio constituido por material granular poroso por el que se hace percolar un flujo.

Perdida de carga: Disminución de la energía de un fluido debido a la resistencia que encuentra a su paso o pérdida de nivel.

Pos cloración: Adición de cloro al efluente de la planta para propósitos de desinfección después de que este ha sido tratado.

Potencial de hidrogeno (pH): Expresión de la intensidad de la condición básica o acida de un líquido.

Pretratamiento: Proceso previo que tiene como objetivo remover el material orgánico e inorgánico flotante, suspendido o disuelto del agua antes del tratamiento final en la planta.

PTAP: Planta de tratamiento de agua potable.

Sedimentación: Decantación proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua o partículas floculadas se separan por gravedad, previa adición de químicos coagulantes.

Sólidos disueltos: Presencia de un sólido (soluto) en un líquido solvente en forma homogénea, no decantan.

Sólidos suspendidos: Pequeñas partículas de sólidos dispersas en el agua; no disueltas, pueden decantar.

Tanque de almacenamiento: Depósito destinado a mantener agua para su uso posterior.

Turbiedad: Propiedad óptica del agua basada en la medida de luz reflejada dispersada por las partículas en suspensión.

Capítulo 5 Actividades

5.1 Eficiencia de los filtros

Para determinar la eficiencia de los filtros, es necesario tomar muestras de agua en el afluente y efluente de la etapa de filtración, para poder determinar la Turbiedad del agua y realizar el cálculo.

$$Eficiencia(\%) = \left(\frac{Turbiedad(afluente) - Turbiedad(efluente)}{Turbiedad(afluente)} \right) * 100$$

Se realizó un promedio eficiencia de cada día durante las 4 semanas de evaluación de los filtros, para poder obtener la eficiencia final de los mismos, dependiendo si se realizaba dosificación o no, debido a las características físicas del agua cruda.

A continuación, en la Tabla 5, se puede observar la eficiencia de los filtros en cada uno de los días en los cuales se realizó el estudio.

Tabla 5. Determinación de eficiencia de los filtros.

DÍA	TURBIEDAD SEDIMENTADA	DOSIFICÓ	NO DOSIFICÓ	% EFICIENCIA DOSIF.	% EFICIENCIA SIN DOSIF.
11-jun	2,09	X		76%	
12-jun	2,67	X		85%	
13-jun	1,82	X		78%	
14-jun	1,84	X		80%	
17-jun	2,06	X	X	79%	
18-jun	2,92		X		60%
19-jun	2,42	X	X		50%
20-jun	1,59	X		88%	
21-jun	2,00	X	X		50%
25-jun	2,10		X		49%
26-jun	1,46	X		86%	
27-jun	2,34		X		54%
28-jun	1,71		X		48%
29-jun	1,83		X		52%

01-jul	1,90	X	55%
02-jul	1,65	X	47%
03-jul	1,87	X	54%
04-jul	1,65	X	51%
05-jul	1,90	X	59%
EFICIENCIA FINAL		82%	52%

Nota: Se obtuvo mayor porcentaje de eficiencia en los días en los cuales se dosificó coagulante.

Con los datos obtenidos en la tabla anterior se puede observar que se presenta mayor eficiencia de remoción en los filtros cuando se dosifica coagulante líquido (82%), a comparación de los días en los cuales no se dosifica (52%). Esta diferencia de eficiencia es debido a que el coagulante aporta los cationes capaces de formar floc, los cuales forman una aglomeración de partículas (floc pesado), lo que facilita la retención de los mismos en los filtros como también en las etapas anteriores.

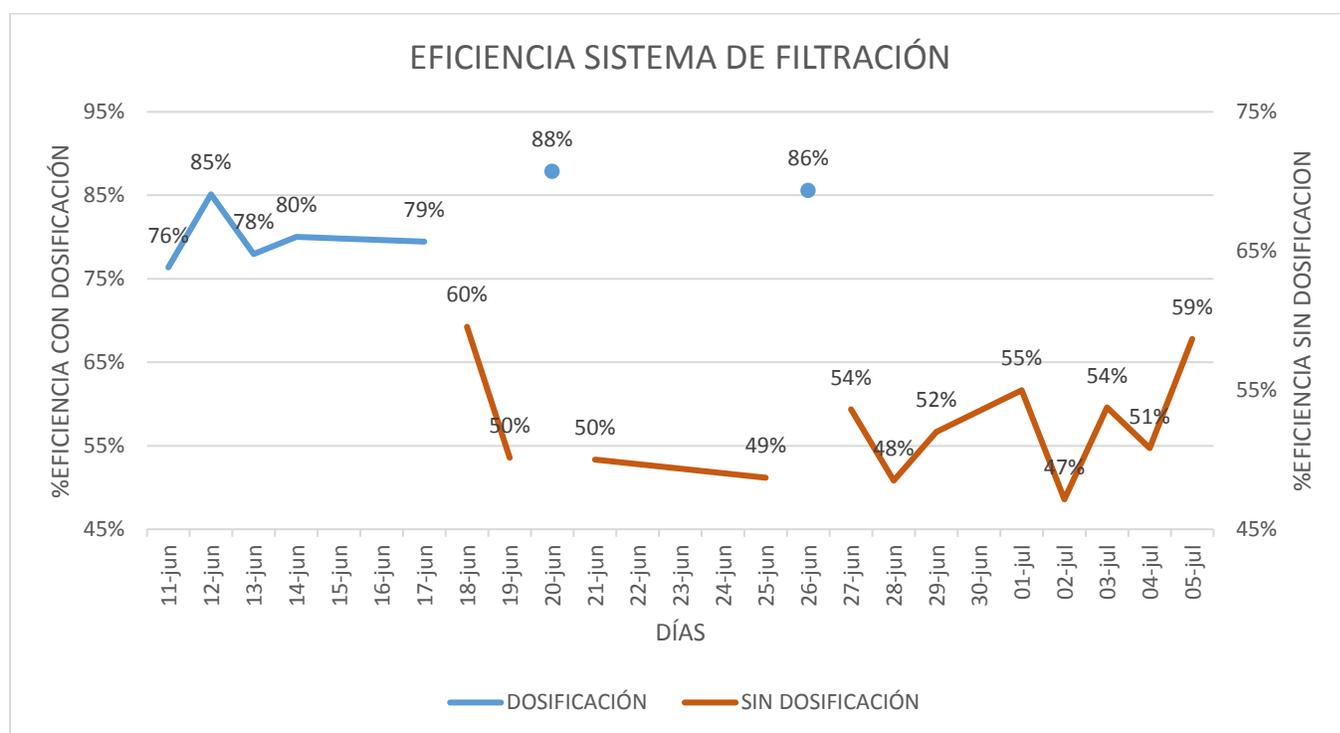


Figura 5. Eficiencia diaria de los filtros.

En la Figura 5 se puede observar de mejor manera la eficiencia diaria de los filtros cuando se dosifica coagulante a diferencia de cuando no se dosifica. Durante el estudio de 4 semanas, nunca se obtuvo un mayor valor de 2 UNT en turbiedad en el efluente de los filtros, es decir que los filtros son muy eficientes debido a la calidad del lecho filtrante, a su correcta operación y mantenimiento.

Cuando el agua captada presenta buenas características físicas, es decir turbiedad inferior a 3 UNT y Color menor a 7 PtCo no es necesario dosificar coagulante, por lo cual se deja fluir libremente el agua a través de las diferentes etapas de tratamiento, es por esto que la eficiencia de los filtros disminuye debido al menor tamaño de las partículas al no dosificarse; De igual manera cuando no se realiza dosificación se cumple con la Resolución 2115 de 2007, la cual establece valor máximo aceptable de turbiedad de 2 UNT y color 15 PtCo.

5.2 Tasa de filtración.

La tasa de filtración se define como el caudal de agua sobre el área total de filtración. Cuando se presenta mayor tasa de filtración se puede presentar des mejoría en la calidad de agua del efluente de los filtros debido a la carga hidráulica que se presenta sobre el lecho filtrante.

A continuación, se observa los cálculos realizados para obtener la tasa de filtración con diferentes caudales presentes en la planta y así mismo el comportamiento de la tasa de filtración.

para un caudal de $1100 \frac{L}{seg}$

$$1100 \frac{l}{s} \times \frac{1 m^3}{1000 l} \times \frac{86400 s}{1 dia} = 95040 m^3/dia$$

Área total de filtración

$$53.86m^2 \times 9 = 484.74 m^2$$

El área total de filtración siempre es el mismo valor, ya que tenemos las dimensiones de un filtro y lo multiplicamos por el número de filtros.

Tasa filtración con máximo caudal:

$$\frac{95040 \frac{m^3}{d}}{484.74 m^2} = 196.06 m^3/m^2 \times dia$$

En la tabla 6 se puede observar la tasa de filtración de acuerdo al caudal y la dosificación de coagulante.

Tabla 6. Dosificación de sulfato de aluminio.

Día	Tasa Filtración	Caudal (L/s)	Dosificación Total
13 junio	178,59 m ³ /m ² xd	1002	2616 L
20 junio	172,36 m ³ /m ² xd	967	2403 L
26 junio	176,38 m ³ /m ² xd	984	4736 L

Nota: Se Observa mayor dosificación en el día 26 junio.

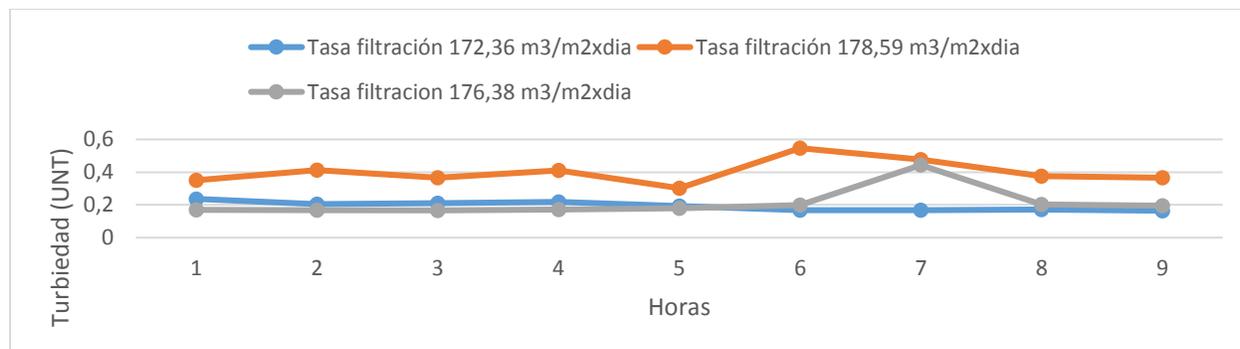


Figura 6. Tasa de filtración días 13,20 y 26 junio.

En la Figura 6, se puede observar la tasa de filtración de los días 13 y 20 junio, en los cuales se registró caudales de 1002 L/s y 967 L/s respectivamente. La adición de coagulante fue mayor en el día 20 junio (2,615 L/d) mientras que el día 13 junio se dosificó 2,403 L/d. La tasa de filtración menor obtuvo mejores resultados de remoción de sólidos teniendo en cuenta que el agua decantada en los dos casos era de 1,50 – 1,90 UNT.

A menores tasa de filtración se produce agua de mejor calidad, debido a que se reduce la carga hidráulica sobre el filtro, por lo cual no está siendo exigido, esto no sucede en todos los casos, la eficiencia de remoción depende varios factores como: temperatura del agua, turbiedad sedimentada, pH, dosificación coagulante, entre otros.

El empleo de tasas de filtración bajas no asegura, necesariamente, la producción de agua filtrada de mejor calidad y mayor volumen de agua producida por carrera de filtración. La calidad del efluente es prácticamente la misma cuando el pretratamiento se realiza con eficiencia. Sin embargo, cuando el pretratamiento es deficiente, la calidad del efluente filtrado es mejor para tasas de filtración más bajas. (Maldonado, 2012)

5.3. Control de calidad del proceso.

5.3.1 Tanques de almacenamiento de coagulante.

La planta de tratamiento de agua potable La Flora presenta 3 cilindros de almacenamiento de coagulante líquido, 2 cilindro para sulfatos de aluminio y 1 cilindro para policloruro de aluminio (PAC).

En la tabla 7 se observa las dimensiones:

Tabla 7. Datos tanque almacenamiento sulfato líquido.

Dato	Valor
Altura	5 metros
diámetro	3 metros
Área	7.07m ²
Volumen	35.35 m ³

A continuación, en la Tabla 8, se puede observar los días en los cuales se dosificó sulfato de aluminio líquido y la cantidad total dosificada por día.

Tabla 8. Dosificación sulfato de aluminio diario.

día	Turno	Dosificación (cm)	Kg	Q Promedio Agua (L/S)	Dosis coagulante promedio			
11-jun	1,2,3	37	3454,14	984	26,38	ml/m ³	1557	ml/min
12-jun	1,2,3	36	3360,78	968	52,78	ml/m ³	3065	ml/min
13-jun	1,2,3	34	3174,07	1002	25,9	ml/m ³	1557	ml/min
14-jun	1,2,3	34	3174,07	999	28,19	ml/m ³	1690	ml/min
17-jun	1,2	17	1587,04	1005	23,63	ml/m ³	1425	ml/min
19-jun	2,3	13	1213,62	970	39,27	ml/m ³	2286	ml/min
20-jun	1,2,3	37	3454,14	967	27,06	ml/m ³	1570	ml/min
21-jun	1,2	20	1867,10	975	27,75	ml/m ³	1624	ml/min
26-jun	1,2,3	67	6254,79	984	26,38	ml/m ³	1557	ml/min

Nota: Solo se muestran los días en los cuales se dosifico coagulante.

Calculo coagulante utilizado en el día:

19 junio 2019

500 cm – 35.35 m³

13 cm – X

X = 0.91m³ – 919 L

20 junio 2019

500 cm – 35.35 m³

37 cm – X

X = 2.61 m³ – 2.615L

26 junio 2019

500 cm – 35.35 m³

67 cm – X

X = 4.73 m³ – 4.736 L

El día que más se dosificó coagulante fue el día 26 junio con 4.73 m³ Total en el día, debido a las características del agua, el día que menos se dosificó fue el 19 junio con 0.91 m³ total en el día. 1 centímetro de consumo de coagulante equivale a 0.07 m³, es decir, 70.7 L.

5.3.2 Características físicas en el afluente y efluente de los filtros.

Los parámetros físicos que se analizaron en el afluente como en el efluente de los filtros fueron: Turbiedad, Color y olor; esto con el fin de observar la variación de los valores de los parámetros cuando el agua sedimentada pasa a través de los filtros.

En las 4 semanas en las cuales se realizó la toma de muestras de los filtros, se dosificó únicamente sulfato de aluminio líquido cuando las características del agua cruda lo requerían, por lo cual a continuación se presentará una comparación del comportamiento de los filtros dependiendo de la cantidad de coagulante dosificado en la mezcla rápida.

Para la comparación de diferentes dosificaciones se tomó el día 20 junio y 26 junio, debido a que la mayoría de días, la cantidad de coagulante dosificado fue similar al día 20 junio (2.61 m³), y el día 26 de junio porque fue el día que más se aplicó coagulante (4.73 m³) durante el muestreo.

A continuación, en las figuras 7 y 8, se puede observar la comparación del comportamiento de los filtros en los días 20 Jun y 26 Jun, en los cuales se dosificó menor y mayor cantidad de coagulante

respectivamente.

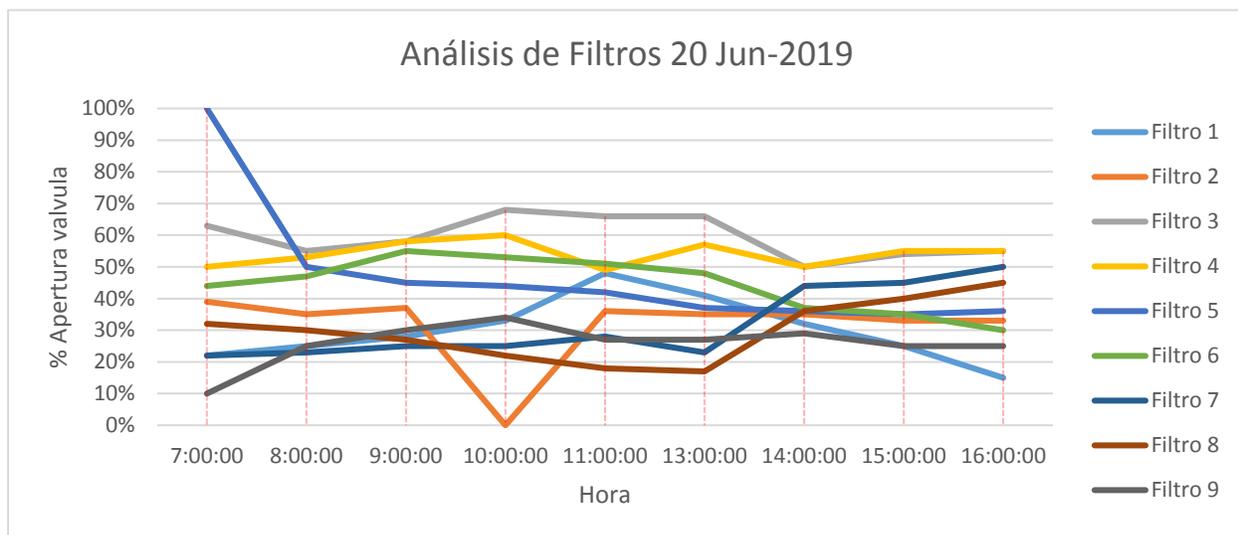


Figura 7. Comportamiento porcentaje apertura respecto al tiempo 20 junio.

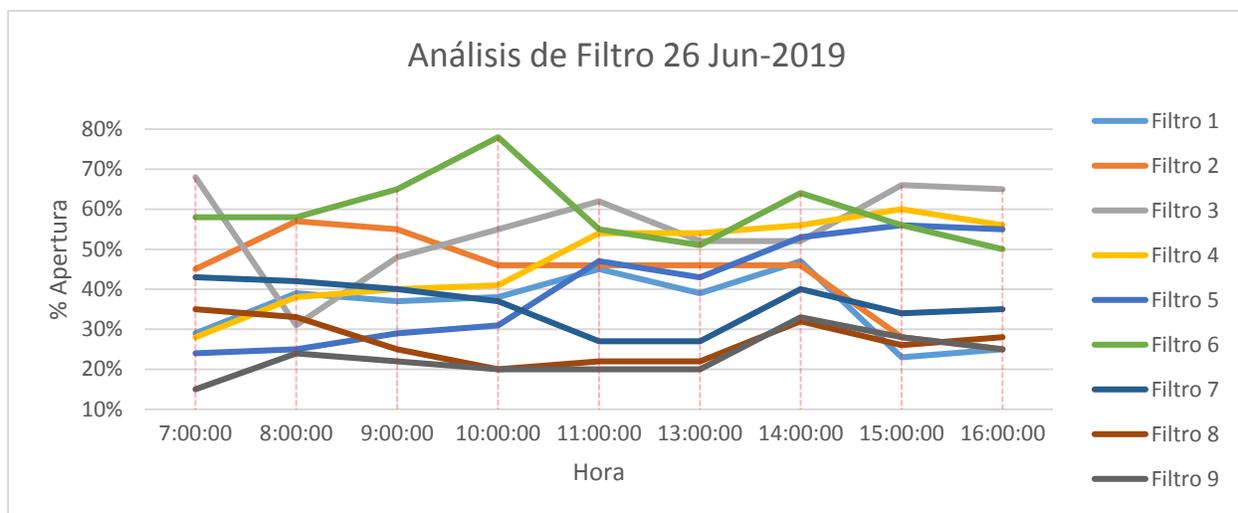


Figura 8. Comportamiento porcentaje de apertura respecto al tiempo 26 junio.

En las Figuras 7 y 8 se puede observar el porcentaje de apertura de la válvula del efluente a través del tiempo, en los días 20 y 26 de junio. EL día 20 junio a las 7:00 am se registró 100% apertura válvula en el efluente del filtro No. 5, esto debido a que podía estar colmatado de solidos sobre el lecho lo cual impedía el paso del agua normalmente, por lo cual el sistema tiende a abrir la válvula de apertura para aumentar el flujo de agua de paso y aumentar la presión sobre el material filtrante.

EL día 26 junio se puede observar un comportamiento normal de los filtros, todos entre el rango 15% - 75%. En el estudio realizado se ajustaba el porcentaje de apertura al momento en el que la válvula se cerraba menos de 10% o aumentaba más de 70%, esto con el fin de que los filtros trabajaran de igual manera sin ejercer más cargas sobre algunos de ellos.

Durante todo el estudio se pudo observar que los últimos filtros de la galería, es decir, los filtros 3,4,5 y 6, son los filtros en los cuales cuando se dosifica coagulante, tiene el porcentaje de apertura mayor, esto puede ser debido a que el canal al llegar hasta el fondo, obliga el agua a entrar por estos filtros, por lo cual existe más presencia de sólidos y tiende a abrir la válvula del efluente para permitir más flujo de agua.

En la mayoría de los casos cuando el porcentaje de apertura de la válvula del efluente era elevado $> 60\%$, la turbiedad es mayor debido a la resistencia que ejerce el material filtrante sobre el cuerpo de agua, debido a la colmatación de sólidos y por la presión ejercida sobre el lecho filtrante por lo cual la válvula del efluente está sometida a abrirse. Es decir, es directamente proporcional la turbiedad con el porcentaje de apertura de la válvula en algunos casos.

Los filtros iniciales de la galería, es decir, los filtros 1,2,8, y 9, tienden a tener porcentaje de apertura en la válvula del efluente menor que los filtros finales, esto puede ser debido a la rápida percolación del agua en el lecho filtrante, la eficiencia de estos filtros y la calidad del material filtrante, ya que el material filtrante de los filtros 1, 2 y 9 fueron los más recientes en renovarles el material filtrante.

El sistema encargado del control y funcionamiento de los filtros, regula el porcentaje de apertura del efluente de los mismos, el cual le permite a los filtros tener un nivel de agua en un rango de

40cm – 50 cm, por lo cual el ajusta el porcentaje de apertura del efluente de cada filtro dependiendo de la colmatación del lecho filtrante.

Antes de realizarse la optimización al sistema de filtrado el seguimiento a los filtros los realizaba el operador y ayudante de la planta, los cuales una alarma daba aviso cuando el filtro se secaba o se rebosaba el agua, debido a esto, lo ayudantes tenían que regular manualmente el porcentaje de apertura del efluente para mantener un nivel adecuado en los filtros.

En termino generales se puede observar que el porcentaje de apertura de la válvula del efluente presentan comportamiento similar a diferentes dosificaciones de sulfato.

A continuación, en las Figura 9 y 10, se presenta el comportamiento de la turbiedad, dependiendo de la cantidad de coagulante dosificado.

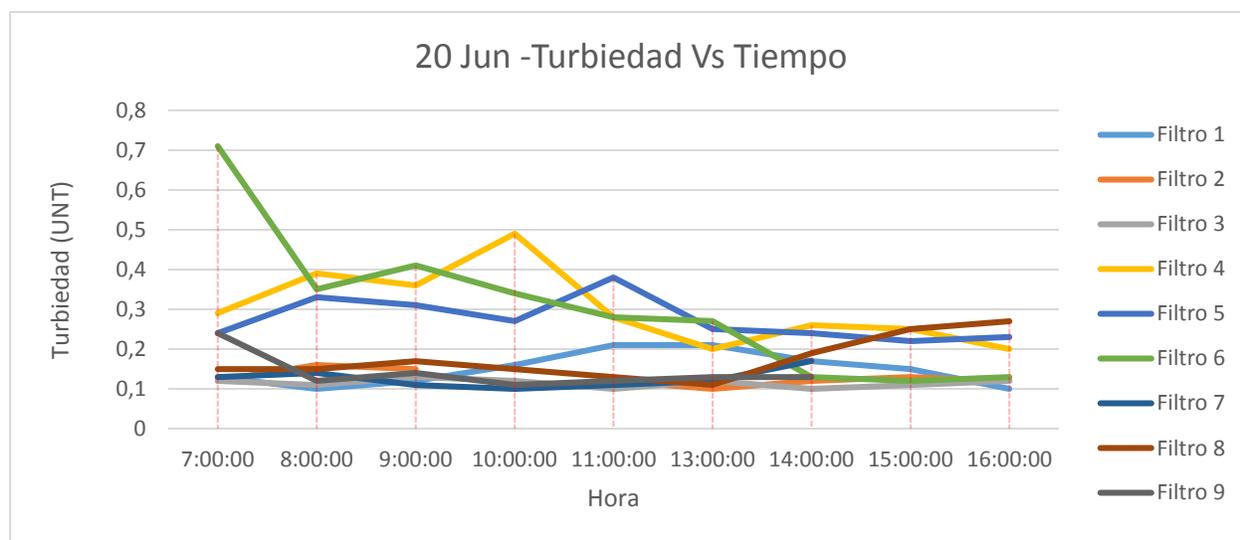


Figura 9. Turbiedad a través del tiempo 20 junio.

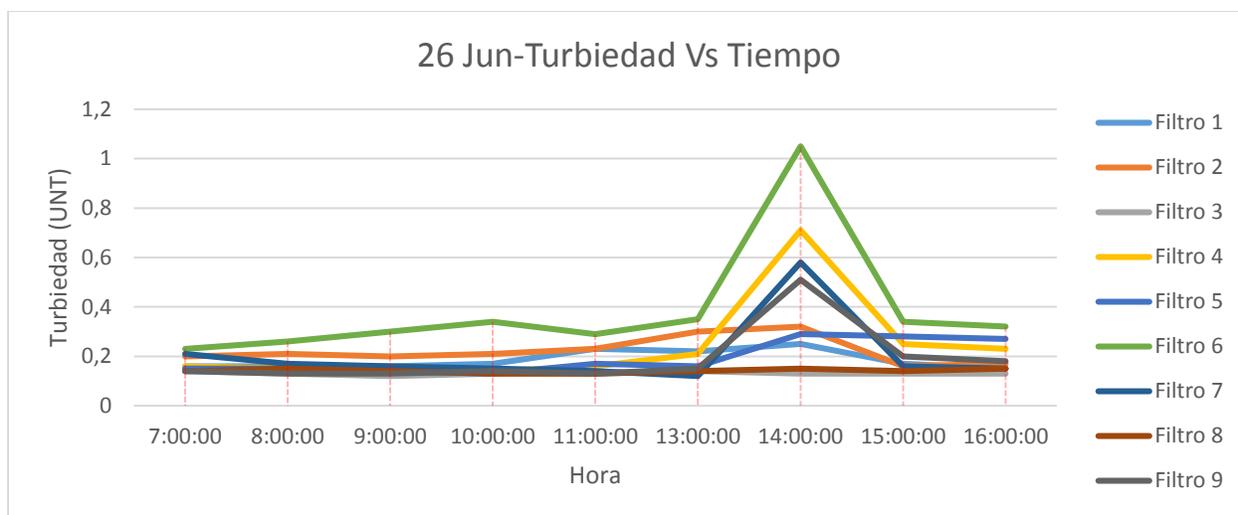


Figura 10. Turbiedad a través del tiempo 26 junio.

En las Figuras 9 y 10, se puede observar la diferencia de turbiedad obtenida en el efluente de los filtros cuando se aplica menor y mayor coagulante sobre el agua cruda. En ambos casos la turbiedad del agua sedimentada estaba en un rango de 1.3-1.7 UNT. El día 20 junio se adicionó (2.61 m³) de coagulante y se obtuvo mayor turbiedad (0.1 – 0.7) UNT, pero igualmente el tratamiento es eficiente debido a que cumple la norma vigente <2 UNT.

EL día 26 junio, se agregó mayor coagulante (4.73 m³), por lo cual los valores de turbiedades son menores a los del día 20 junio, esto es debido a que se obtuvo mejor reacción del coagulante y formación de enlaces de las cargas, también puede ser por el arrastre del coagulante no reaccionado a la sedimentación del Floc formado, es decir realizó un barrido.

Lo ideal es tener una dosis óptima, una dosificación que no se exceda pero que tampoco sea la mínima, garantizando el correcto tratamiento del agua. La dosis óptima es la que garantiza la formación de un floc que garantice la mayor remoción de sólidos sedimentables en el agua.

Las dos dosificaciones de coagulante obtuvieron valores aceptables respecto a la turbiedad en el efluente de los filtros, por tal razón, la dosificación del día 20 junio (2.61 m³) es mejor hablando en términos económicos, ya que se utilizó menos coagulante, pero de igual manera realizó una buena reacción, y sus valores en el efluente de los filtros aseguran una buena calidad de agua.

Después de lavar un filtro la turbiedad puede aumentar debido a que el material filtrante asciende un 40%, por lo cual la turbiedad puede aumentar por un tiempo mientras el filtro vuelva a compactarse de nuevo. Los filtros se lavan cuando la turbiedad supera los 1,2 UNT o ya lleva 3 días sin lavar.

Cuando el medio filtrante se encuentra limpio, la eficiencia de remoción depende de la concentración de partículas suspendidas en el afluente.

Después de algún tiempo de filtración, la eficiencia de remoción aumenta con el aumento de la concentración de las partículas suspendidas en el afluente, pues las partículas retenidas hacen de colectoras de otras partículas suspendidas. (Manlondonado)

En las siguientes Figuras 11 y 12, se puede observar el color obtenido el color obtenido en los días 20 y 26 de junio.

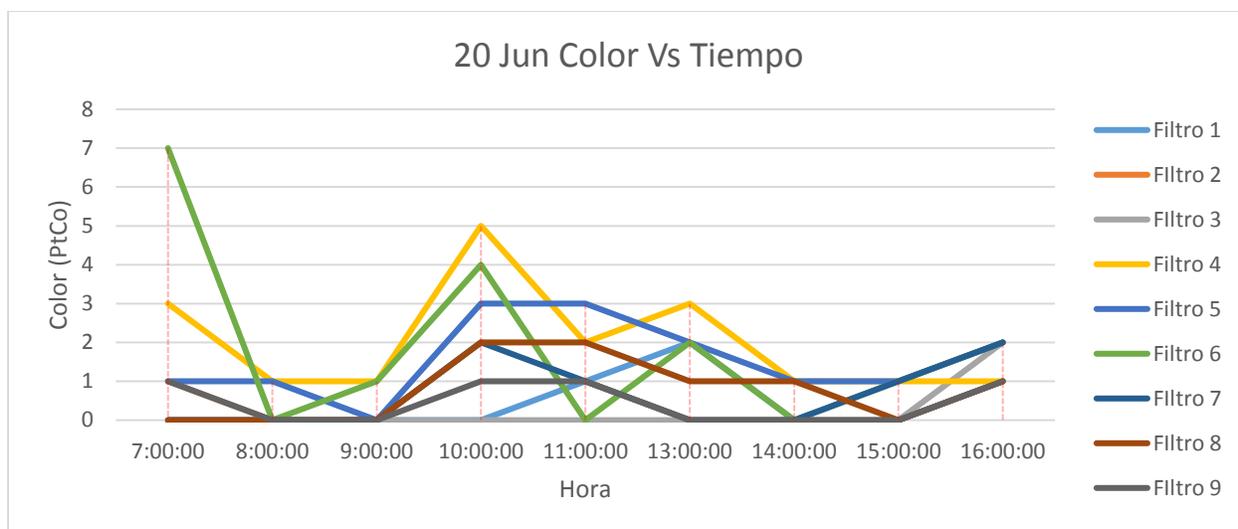


Figura 11. Comportamiento del color respecto al tiempo 20 junio.

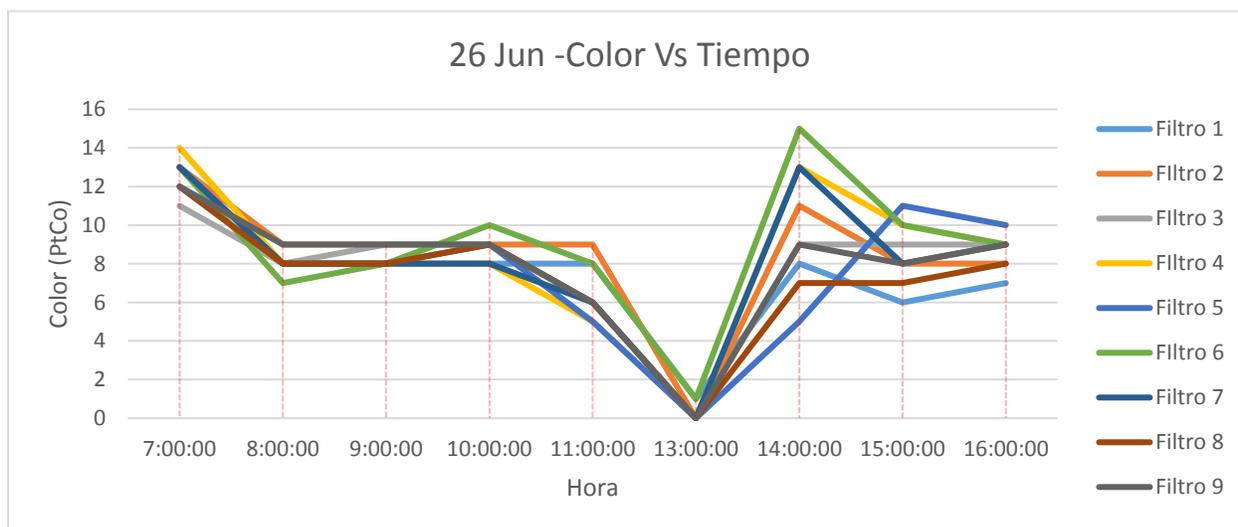


Figura 12. Comportamiento del color respecto al tiempo 26 junio.

Como se puede observar en las Figuras, hay gran variación del color, dependiendo de las características del agua cruda y la eficiencia de las etapas anteriores. En el día 20 junio, el color no tuvo mayor variación, su rango fue de (0 – 7 UNT), lo cual garantiza la correcta remoción de sólidos suspendidos y la calidad de agua. A diferencia del día 26 junio, el color se tuvo cambios bruscos durante el periodo de muestreo, los principales cambios drásticos se dieron por que la calidad del agua cruda desmejoró, por lo cual, la eficiencia de los filtros al remover color y

turbiedad fue menor, por tal motivo se le dosificó más coagulante para garantizar la calidad del agua a tratar.

Los valores del color en el día 26 junio estuvieron al límite de pasar lo permitido en la norma vigente 15 UNT, pero se realizó los procedimientos adecuados para disminuirlo y obtener una remoción más eficaz.

El color es directamente proporcional a la turbiedad del agua, es decir, cuando la turbiedad en el efluente de los filtros se eleva, el color también tiende a ser mayor. los sólidos suspendidos afectan tanto a la turbiedad como al color cuando es medido en los equipos de laboratorio.

5.4 Actualización del manual de operación.

Se realizó un análisis detallado del manual de operación, en el cual se pudieron identificar los cambios a realizar, ya sabiendo esto se procede a actualizar el manual para su posterior socialización a todo el personal de la planta.

Los principales cambios que hasta el momento se tiene que realizar son:

El manual de operación de la planta la flora estaba desactualizado en algunas de las etapas de tratamiento, por ejemplo, en la etapa de filtración, se realizó una automatización y optimización de los filtros, debido a que antes se presentaba problemas de rebose de agua, desperdicio de agua para lavado, entre otros. En el año 2015 se inició un proyecto en el cual se automatizo todo el proceso de filtrado, por lo cual el manual aun no contenía esta renovación.



Ilustración 1. Panel de control y operación de los filtros anteriormente.



Ilustración 2. Panel de control y operación actualmente.

En la etapa de floculación se reemplazaron los tabiques de madera, chumaceras, motores, catalinas, por otros equipos de tecnología de punta, los cuales van a facilitar el monitoreo y operación de los mismos. Por tal manera se realizaron los cambios en el manual de operación, de igual manera cada uno de los procedimientos correspondientes a esta etapa.



Ilustración 3. Cámara seca floculación anteriormente.

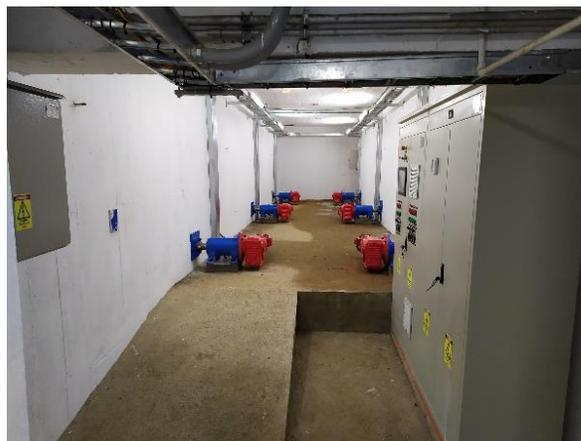


Ilustración 4. Cámara seca floculación actualmente.



Ilustración 5. Tanques floculación anteriormente..



Ilustración 6. Tanques floculación actualmente.

Otros cambios que se han hecho a través de los años, en la zona de coagulante se eliminó un dosificador de sulfato sólido, es decir, actualmente solo presentan un dosificador de sulfato sólido, debido a que solo se utiliza en pocas ocasiones, también se mejoró el procedimiento de descarga de coagulantes líquidos hacia los tanques de almacenamiento. También se ha realizado cambio de equipos modernos, como por ejemplo en la zona de cloración, se han cambiado los dosificadores de cloro gaseoso para la pre cloración y pos cloración, igualmente la alarma de fuga de cloro y basculas electrónicas.



Ilustración 7. Báscula contenedores de cloro anteriormente.



Ilustración 8. Báscula electrónica de contenedores de cloro actualmente.

Capítulo 6 Otras Actividades

6.1 Carrera de filtración

Para determinar la carrera de filtración es necesario llevar un control de los retro lavados realizados en los filtros, además de la turbiedad en el efluente de los mismos. A continuación, se puede observar la carrera de filtración del filtro No. 5 en el cual se pudo observar con mayor claridad su carrera de filtración.

Tabla 9. Control retro lavado de los filtros.

Retro lavado de filtros										
Ju nio	Tur no	Filtro 1	Filtro 2	Filtr o 3	Filtr o 4	Filtro 5	Filtro 6	Filtr o 7	Filtro 8	Filtr o 9
11	1	x					x		x	
	2					x	56 hrs aproximada mente			
	3									
12	1	56 hrs aproximada mente	x	x		64 hrs aproximada mente	56 hrs aproximada mente	x	56h aproximada mente	x
	2									
	3									
13	1	56 hrs aproximada mente	x		x		x		x	
	2									
	3									
14	1	x				x		x	x	x
	2									
	3									

Nota: Durante todo el estudio, la carrera de filtración se cumplió la longitud de corrida para filtros rápidos establecida en el RAS 2000, 1 – 4 días (24 – 96 horas).

Se puede observar en la Tabla 9 el seguimiento de retro lavado de cada uno de los filtros de la planta. Los filtros se retro lavan cuando cumplen 3 días sin lavar o cuando la turbiedad del efluente es mayor a 1.2 UNT.

Tabla 10. Seguimiento turbiedad afluente y efluente del filtro No. 5

TURBIEDAD SEDIMENTADA	TURBIEDAD EFLUENTE FILTRO	Hora	Día
1,82	0,83	10:00 a. m.	
2,2	0,30	11:00 a. m.	
2,07	0,60	1:00 p. m.	11-jun
1,87	0,61	2:00 p. m.	
2,46	0,28	3:00 p. m.	
2,13	0,11	4:00 p. m.	
1,76	0,30	7:00 a. m.	
2,1	0,19	8:00 a. m.	
2,11	0,32	9:00 a. m.	
2,19	0,27	10:00 a. m.	
2,36	0,42	11:00 a. m.	12-jun
5,28	1,10	1:00 p. m.	
2,7	0,67	2:00 p. m.	
2,3	0,45	3:00 p. m.	
3,25	0,53	4:00 p. m.	
1,66	0,41	7:00 a. m.	
1,74	0,42	8:00 a. m.	
1,76	0,41	9:00 a. m.	
1,77	0,39	10:00 a. m.	
1,92	0,46	11:00 a. m.	13-jun
1,8	0,54	1:00 p. m.	
1,97	0,70	2:00 p. m.	
1,89	0,43	3:00 p. m.	
1,9	0,37	4:00 p. m.	
1,64	0,86	7:00 a. m.	
1,80	0,42	8:00 a. m.	
1,73	0,92	9:00 a. m.	
1,86	1,29	10:00 a. m.	
2,03	0,29	11:00 a. m.	14-jun
1,74	0,16	1:00 p. m.	
1,79	0,12	2:00 p. m.	
1,94	0,13	3:00 p. m.	
2,05	0,15	4:00 p. m.	

Nota: Se observa Turbiedades mayores a 1.0 UNT, cuando la turbiedad del agua sedimentada aumenta drásticamente o cuando el filtro llega al final de su carrera, esto demuestra la eficiencia de remoción del filtro.

En la tabla No. 10 se puede observar la longitud de corrida del filtro No. 5 la cual es 64 horas, cumpliendo lo estipulado en el RAS 200 (24 – 96 horas). De igual manera se cumple en todos los nueve (9) filtros teniendo en cuenta que presentan el mismo lecho filtrante, operación y mantenimiento.

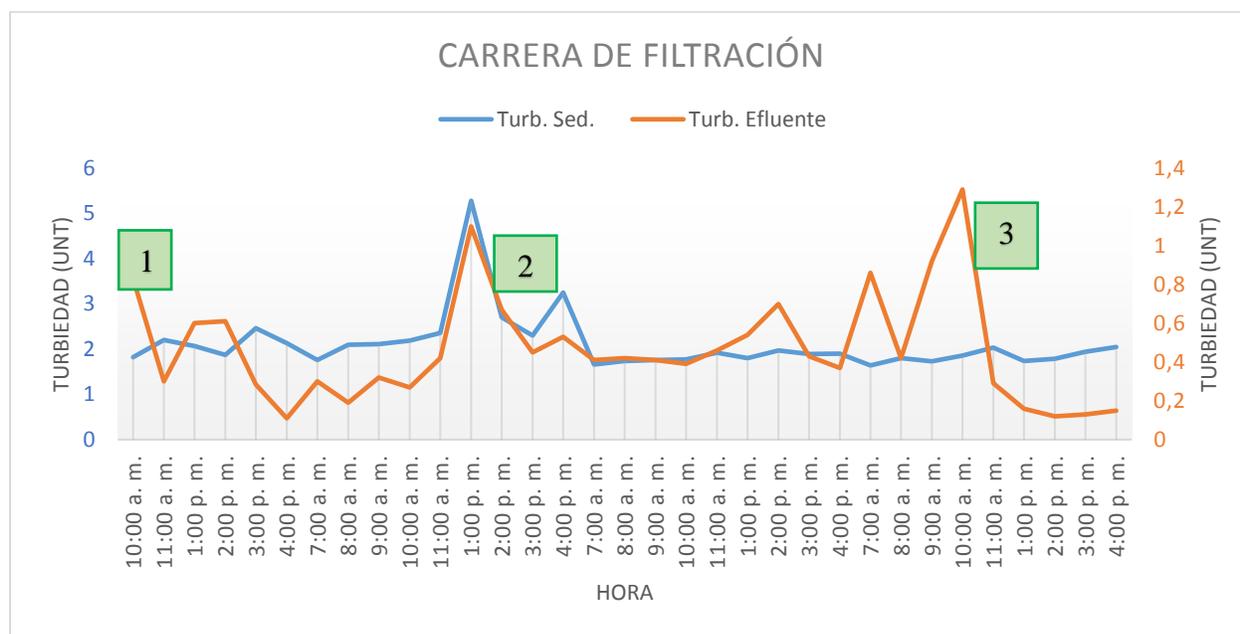


Figura 13. Carrera de filtración, filtro No. 5.

En la Figura 13, se puede observar el inicio y final de la carrera de filtración, el cual dura 96 horas.

El punto 1 evidencia el post lavado, en el cual se presenta una leve subida de turbiedad debido al tiempo de agrupación del lecho filtrante.

El punto 2, evidencia una subida en la turbiedad del agua sedimentada, esto produce un aumento de turbiedad en el efluente de los filtros, pero de igual cumple la Resolución 2115 de 2007, pues no alcanza 2 UNT de turbiedad.

En el punto 3 se presenta el final de la carrera de filtración, en la cual la turbiedad superior 1 UNT, y por consiguiente se procede a realizar retro lavado del filtro.

Los filtros de la planta de tratamiento La flora presenta buena carrera de filtración debido a la calidad del lecho filtrante y proceso de operación, retro lavado y mantenimiento de los mismos. Cumplen con la Resolución 2115 de 2007 rango de 24 – 96 horas longitud de corrida, además de garantizar la eficiencia de remoción de floc y partículas reduciendo notablemente la Turbiedad y color en el efluente.

6.2 Remisión de Insumos químicos procedente de las diferentes plantas de producción.

La remisión de insumos químicos inicia desde el momento que ingresa el insumo químico a la planta hasta el momento que se registra en el sistema de las PTAP.

Los proveedores de cada insumo descargan el producto y entregan un documento físico en el cual resumen las características principales del producto, los cuales deben cumplir unos valores determinados por Las plantas para ser recibido.



Ilustración 9. Descarga Coagulante líquido.

Una vez aceptado el insumo, es firmado el documento y se realiza el registro en el sistema de las PTAP.

Ilustración 10. Documento remisión insumo químico.

6.3 Seguimiento a los consumos de insumos químicos utilizados en el tratamiento del agua.

Esta actividad es importante realizar debido a que la planta siempre debe tener disponible insumo químicos, por lo cual siempre se debe hacer seguimiento a los insumos para realizar el pedido antes que este se agote.



Ilustración 11. Panel de control nivel de coagulante.



Ilustración 12. Bodega sulfato de Aluminio Sólido.

EDA	T	SULFATO DE ALUMINIO (Bultos + 25 kg)			SULFATO DE ALUMINIO LIQUIDO (centímetros)			POLICLORURO DE ALUMINIO LIQUIDO (centímetros)			CAL APAGADA (Bultos + 25 kg)			CLORO (Contenedores)			POLIMEROS STS-C (kg)			OPERADOR DE TURNO	OBSERVACIONES
		ENTRA	SALE	SALDO	ENTRA	SALE	SALDO	ENTRA	SALE	SALDO	ENTRA	SALE	SALDO	ENTRA	SALE	SALDO	ENTRA	SALE	SALDO		
				2122			572			330			408			6			1934		ESCRIBIR: corrección de modificaciones o técnicas números de revisión de, números internos de los contenedores. Valor de densidad de sulfato líquido leído en planta y especificación de bultos en obra.
75	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	3	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	
	3			2122			572			330			408	2	6	6			1934	J.P.A.P.A.P.A.	
	1			2122			572			330			408	2	6	6			1934	Nov/1994	
	2			2122			572			330			408	2	6	6			1934	OPERA	

6.5 Elaboración de informes mensuales como: informes de operación, informe de calidad del agua, informe de bodega.

Cada uno de los informes se realiza de acuerdo a los valores registrados por los operadores de la planta durante el mes, los cuales se obtiene por medio de toma de muestras de agua de cada etapa y su respectivo análisis.

- El informe de operación se realiza de acuerdo a la cantidad de insumo consumido en el tratamiento del agua durante el día a través de los 3 turnos. Al finalizar el mes se verifica que los registros en el sistema de las PTAP y la planilla de insumos que registra el operador sean iguales para poder realizar el informe.

Teniendo este informe se puede obtener el consumo mensual y el saldo actual de cada insumo.

- En el informe de calidad de calidad del agua, se registran todos los valores diarios durante un mes de los parámetros físico químicos del agua tratada, valores máximos, medios, mínimos de: turbiedad, color, pH, Cloro residual, UFC, E. Coli., etc. Se debe tener en cuenta que cada parámetro debe cumplir los valores máximos aceptables de la Resolución 2115 de 2007.
- En el informe de bodega se puede observar el consumo mensual de cada insumo mensual: Sulfato aluminio, PAC, Cal, Cloro. Además, el saldo del mes anterior y saldo actual para el siguiente mes.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones

En los filtros 3,4,5 y 6 se presenta el mayor porcentaje de apertura de la válvula, debido al comportamiento hidráulico del agua, es decir, el agua tiende a continuar su recorrido hasta llegar al final del canal donde se produce un estancamiento y se obliga a ingresar a los filtros. Por tal razón los filtros iniciales de la galería reciben menos caudal del agua, por lo cual están obligados a tener un porcentaje de apertura de válvula menor, para mantener el nivel de agua establecido.

Un filtro al encontrarse taponado, es decir, cuando caudal de agua del efluente es mínimo, se evidencia una colmatación de sólidos y floc sobre el material filtrante, los cuales no permiten el paso del agua sedimentada, por tal razón el sistema HMI tiende a abrir el porcentaje de apertura de la válvula del efluente, siendo posible su apertura total (100%), garantizando el nivel de agua en el filtro.

En algunos casos el porcentaje de apertura de los filtros, es elevado debido a la colmatación del lecho filtrante, por el cual el filtro aumenta la apertura, garantizando la igualdad del caudal de afluente y efluente. El porcentaje de apertura de la válvula del efluente, es directamente proporcional a la colmatación de particular en el lecho filtrante.

Una recomendación como proyecto a futuro es mejorar los canales de acceso a los filtros, editando el ángulo de entrada de los canales a la galería, variando la sección del canal a medida que avanza hasta el fondo. Otra propuesta sería cambiar la apertura de la compuerta de acceso a los filtros, empezando de mayor a menor, garantizando semejante caudal de entrada a los filtros.

Al comparar las diferencias en el efluente de los filtros de los días 20 y 26 de junio, se observa una diferencia en la turbiedad del efluente, pero igualmente el día 20 junio cumple con la normativa vigente < 2.0 UNT. Lo ideal es tener una dosis optima, garantizando el correcto tratamiento del agua. La dosis optima es la que garantice la formación de un floc que garantice la mayor remoción de solidos sedimentables en el agua.

El color es directamente proporcional a la turbiedad del agua, es decir, cuando la turbiedad en el efluente de los filtros se eleva, el color también tiende a ser mayor. los sólidos suspendidos afectan tanto a la turbiedad como al color cuando es medido en los equipos de laboratorio.

Las tasas de filtraciones menores presentan mejor calidad de agua, esto debido a menores carga hidráulicas sobre el lecho filtrante, por lo cual no presiona al agua de pasar con velocidad acelerada, lo cual facilita la retención de partículas suspendidos en el agua.

La eficiencia de los filtros es mayor cuando se dosifica coagulante, debido a que la carga positiva del coagulante es capaz de formar aglomeración de floc de mayor volumen y mayor peso, los cuales es más fácil que se remuevan en el lecho filtrante. Cuando no se dosifica las partículas son muy pequeñas por lo cual es más difícil su remoción, pero de igual manera la turbiedad en el efluente de los filtros es menor a 2 UNT, dando cumplimiento a la Resolución 2115 de 2007.

Se realizó el análisis de cada uno de las etapas del tratamiento de agua potable de la planta la flora, con el fin de actualizar el manual de operación y hacer los respectivos cambios a realizar. En donde se evidencio un mayor cambio fue en la zona de floculación en la cual se renovaron los equipos, los tabiques, se colocaron panel de control, en los cuales se puede operar fácilmente. Otros cambios importantes es la adquisición de equipos dosificadores que cuentas con más tecnología, siendo más fácil y eficientes a la hora de trabajar.

Referencias

- Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. (1982). *TALLER SOBRE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS*. Bucaramanga.
- Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. (26 de Diciembre de 2018). *Acueducto Metropolitano de Bucaramanga*. Obtenido de <http://www.amb.com.co>
- Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. (2018). *MANUAL DE OPERACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO LA FLORA*. Bucaramanga.
- Manlondonado, V. (s.f.). TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE. En V. M. Yactayo.
- Pinto, D., Prada, L. (1996) Evaluación de la planta de tratamiento la Flora, (Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.)

Anexos

Anexo 1

Dosificación de sulfato de aluminio.

DÍA	TURNO	DOSIFICACIÓN (CM)	KG	Q PROMEDIO (L/S)	DOSIS			
11-jun	1,2,3	37	3454,14	984	26,38	ml/m3	1557	ml/min
12-jun	1,2,3	36	3360,78	968	52,78	ml/m3	3065	ml/min
13-jun	1,2,3	34	3174,07	1002	25,9	ml/m3	1557	ml/min
14-jun	1,2,3	34	3174,07	999	28,19	ml/m3	1690	ml/min
17-jun	1,2	17	1587,04	1005	23,63	ml/m3	1425	ml/min
19-jun	2,3	13	1213,62	970	39,27	ml/m3	2286	ml/min
20-jun	1,2,3	37	3454,14	967	27,06	ml/m3	1570	ml/min
21-jun	1,2	20	1867,10	975	27,75	ml/m3	1624	ml/min
26-jun	1,2,3	67	6254,79	984	26,38	ml/m3	1557	ml/min

Elaborado por: Autor.

Anexo 2

Datos de los filtros junio 20, 2019

ANÁLISIS DE FILTROS									
JUNIO 20 2019									
7:00:00 A. M.									
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,61								
COLOR SEDIMENTADA	17								
% APERTURA VÁLVULA	22%	39%	63%	50%	100%	44%	22%	32%	10%
COLOR FILTRADA	0	1	0	3	1	7	0	0	1
COLOR TRATADA	2								
TURBIEDAD (UNT)	0,13	0,12	0,12	0,29	0,24	0,71	0,13	0,15	0,24
EFICIENCIA COLOR	100	94,11765	100	82,35294	94,11765	58,82353	100	100	94,11765
% EFICIENCIA	91,9	92,5	92,5	82,0	85,1	55,9	91,9	90,7	85,1
8:00:00 A. M.									
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,61								
COLOR SEDIMENTADA	16								
% APERTURA VÁLVULA	25%	35%	55%	53%	50%	47%	23%	30%	25%
COLOR FILTRADA	0	0	0	1	1	0	0	0	0
COLOR TRATADA	0								
TURBIEDAD (UNT)	0,10	0,16	0,11	0,39	0,33	0,35	0,14	0,15	0,12
EFICIENCIA COLOR	100	100	100	93,75	93,75	100	100	100	100
% EFICIENCIA	93,8	90,1	93,2	75,8	79,5	78,3	91,3	90,7	92,5
9:00:00 A. M.									
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9

TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,58								
COLOR SEDIMENTADA	18								
% APERTURA VÁLVULA	28%	37%	58%	58%	45%	55%	25%	27%	30%
COLOR FILTRADA	0	0	0	1	0	1	0	0	0
COLOR TRATADA	0								
TURBIEDAD (UNT)	0,12	0,15	0,13	0,36	0,31	0,41	0,11	0,17	0,14
EFICIENCIA COLOR	100	100	100	94,44444	100	94,44444	100	100	100
% EFICIENCIA	92,4	90,5	91,8	77,2	80,4	74,1	93,0	89,2	91,1
10:00:00 A. M.									
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,58								
COLOR SEDIMENTADA	23								
% APERTURA VÁLVULA	33%	0%	68%	60%	44%	53%	25%	22%	34%
COLOR FILTRADA	0		0	5	3	4	2	2	1
COLOR TRATADA	2								
TURBIEDAD (UNT)	0,16		0,12	0,49	0,27	0,34	0,10	0,15	0,11
EFICIENCIA COLOR	100		100	78,26087	86,95652	82,6087	91,30435	91,30435	95,65217
% EFICIENCIA	89,9		92,4	69,0	82,9	78,5	93,7	90,5	93,0
11:00:00 A. M.									
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,81								
COLOR SEDIMENTADA	20								
% APERTURA VÁLVULA	48%	36%	66%	49%	42%	51%	28%	18%	27%
COLOR FILTRADA	1	1	0	2	3	0	1	2	1
COLOR TRATADA	3								
TURBIEDAD (UNT)	0,21	0,12	0,1	0,28	0,38	0,28	0,11	0,13	0,12
EFICIENCIA COLOR	95	95	100	90	85	100	95	90	95

% EFICIENCIA	88,4	93,4	94,5	84,5	79,0	84,5	93,9	92,8	93,4
	1:00:00 P. M.								
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,44								
COLOR SEDIMENTADA	14								
% APERTURA VÁLVULA	41%	35%	66%	57%	37%	48%	23%	17%	27%
COLOR FILTRADA	2	0	0	3	2	2	0	1	0
COLOR TRATADA	1								
TURBIEDAD (UNT)	0,21	0,1	0,12	0,20	0,25	0,27	0,12	0,11	0,13
EFICIENCIA COLOR	85,71429	100	100	78,57143	85,71429	85,71429	100	92,85714	100
% EFICIENCIA	85,4	93,1	91,7	86,1	82,6	81,3	91,7	92,4	91,0
	2:00:00 P. M.								
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,59								
COLOR SEDIMENTADA	17								
% APERTURA VÁLVULA	32%	35%	50%	50%	36%	37%	44%	36%	29%
COLOR FILTRADA	0	0	0	1	1	0	0	1	0
COLOR TRATADA	1								
TURBIEDAD (UNT)	0,17	0,12	0,10	0,26	0,24	0,13	0,17	0,19	0,13
EFICIENCIA COLOR	100	100	100	94,11765	94,11765	100	100	94,11765	100
% EFICIENCIA	89,3	92,5	93,7	83,6	84,9	91,8	89,3	88,1	91,8
	3:00:00 P. M.								
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,55								
COLOR SEDIMENTADA	19								
% APERTURA VÁLVULA	25%	33%	54%	55%	35%	35%	45%	40%	25%
COLOR FILTRADA	0	0	0	1	1	1	1	0	0

COLOR TRATADA	0								
TURBIEDAD (UNT)	0,15	0,13	0,11	0,25	0,22	0,12	0,19	0,25	0,12
EFICIENCIA COLOR	100	100	100	94,73684	94,73684	94,73684	94,73684	100	100
% EFICIENCIA	90,3	91,6	92,9	83,9	85,8	92,3	87,7	83,9	92,3
	4:00:00 P. M.								
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,53								
COLOR SEDIMENTADA	19								
% APERTURA VALVULA	15%	33%	55%	55%	36%	30%	50%	45%	25%
COLOR FILTRADA	1	1	2	1	2	2	2	1	1
COLOR TRATADA	1								
TURBIEDAD (UNT)	0,1	0,12	0,12	0,2	0,23	0,13	0,18	0,27	0,13
EFICIENCIA COLOR	94,73684	94,73684	89,47368	94,73684	89,47368	89,47368	89,47368	94,73684	94,73684
% EFICIENCIA	93,5	92,2	92,2	86,9	85,0	91,5	88,2	82,4	91,5

Elaborado por: Autor.

Anexo 3

Datos de los filtros junio 26, 2019.

ANÁLISIS DE FILTROS									
JUNIO 26 2019									
7:00:00 A. M.									
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,3								
COLOR SEDIMENTADA	26								
% APERTURA VÁLVULA	29%	45%	68%	28%	24%	58%	43%	35%	15%
COLOR FILTRADA	12	13	11	14	13	13	13	12	12
COLOR TRATADA	12								
TURBIEDAD (UNT)	0,16	0,20	0,14	0,16	0,15	0,23	0,21	0,14	0,14
EFICIENCIA COLOR	53,85	50,00	57,69	46,15	50,00	50,00	50,00	53,85	53,85
% EFICIENCIA	87,7	84,6	89,2	87,7	88,5	82,3	83,8	89,2	89,2
8:00:00 A. M.									
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,22								
COLOR SEDIMENTADA	21								
% APERTURA VÁLVULA	39%	57%	31%	38%	25%	58%	42%	33%	24%
COLOR FILTRADA	8	9	8	8	8	7	8	8	9
COLOR TRATADA	9								
TURBIEDAD (UNT)	0,16	0,21	0,13	0,15	0,15	0,26	0,17	0,15	0,13
EFICIENCIA COLOR	61,90	57,14	61,90	61,90	61,90	66,67	61,90	61,90	57,14
% EFICIENCIA	86,9	82,8	89,3	87,7	87,7	78,7	86,1	87,7	89,3

	9:00:00 A. M.								
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,53								
COLOR SEDIMENTADA	25								
% APERTURA VÁLVULA	37%	55%	48%	40%	29%	65%	40%	25%	22%
COLOR FILTRADA	8	9	9	8	8	8	8	8	9
COLOR TRATADA	7								
TURBIEDAD (UNT)	0,16	0,2	0,12	0,15	0,14	0,3	0,16	0,14	0,13
EFICIENCIA COLOR	68,00	64	64	68	68	68,00	68	68,00	64
% EFICIENCIA	89,5	86,9	92,2	90,2	90,8	80,4	89,5	90,8	91,5
	10:00:00 A. M.								
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,70								
COLOR SEDIMENTADA	31								
% APERTURA VÁLVULA	38%	46%	55%	41%	31%	78%	37%	20%	20%
COLOR FILTRADA	8	9	9	8	9	10	8	9	9
COLOR TRATADA	10								
TURBIEDAD (UNT)	0,17	0,21	0,13	0,14	0,13	0,34	0,15	0,13	0,14
EFICIENCIA COLOR	74,19	70,97	70,97	74,19	70,97	67,74	74,19	70,97	70,97
% EFICIENCIA	90,0	87,6	92,4	91,8	92,4	80,0	91,2	92,4	91,8
	11:00:00 A. M.								
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,61								
COLOR SEDIMENTADA	27								
% APERTURA VÁLVULA	45%	46%	62%	54%	47%	55%	27%	22%	20%
COLOR FILTRADA	8	9	6	5	5	8	6	6	6

COLOR TRATADA	8								
TURBIEDAD (UNT)	0,23	0,23	0,13	0,16	0,17	0,29	0,14	0,13	0,13
EFICIENCIA COLOR	70,37037037	66,66667	77,77778	81,48148	81,48148	70,37037	77,77778	77,77778	77,77778
% EFICIENCIA	85,7	85,7	91,9	90,1	89,4	82,0	91,3	91,9	91,9
1:00:00 P. M.									
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,44								
COLOR SEDIMENTADA	14								
% APERTURA VÁLVULA	39%	46%	52%	54%	43%	51%	27%	22%	20%
COLOR FILTRADA	1	0	0	0	0	1	0	0	0
COLOR TRATADA	0								
TURBIEDAD (UNT)	0,22	0,30	0,14	0,21	0,16	0,35	0,12	0,14	0,15
EFICIENCIA COLOR	92,85714286	100	100	100	100	92,85714	100	100	100
% EFICIENCIA	84,7	79,2	90,3	85,4	88,9	75,7	91,7	90,3	89,6
2:00:00 P. M.									
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,5								
COLOR SEDIMENTADA	24								
% APERTURA VÁLVULA	47%	46%	52%	56%	53%	64%	40%	32%	33%
COLOR FILTRADA	8	11	9	13	5	15	13	7	9
COLOR TRATADA	8								
TURBIEDAD (UNT)	0,25	0,32	0,13	0,71	0,29	1,05	0,58	0,15	0,51
EFICIENCIA COLOR	66,66666667	54,16667	62,5	45,83333	79,16667	37,5	45,83333	70,83333	62,5
% EFICIENCIA	83,3	78,7	91,3	52,7	80,7	30,0	61,3	90,0	66,0
3:00:00 P. M.									
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9

TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,48								
COLOR SEDIMENTADA	20								
% APERTURA VÁLVULA	23%	28%	66%	60%	56%	56%	34%	26%	28%
COLOR FILTRADA	6	8	9	10	11	10	8	7	8
COLOR TRATADA	7								
TURBIEDAD (UNT)	0,17	0,16	0,13	0,25	0,28	0,34	0,16	0,14	0,20
EFICIENCIA COLOR	70	60	55	50	45	50	60	65	60
% EFICIENCIA	88,5	89,2	91,2	83,1	81,1	77,0	89,2	90,5	86,5
	4:00:00 P. M.								
	FILTRO 1	FILTRO 2	FILTRO 3	FILTRO 4	FILTRO 5	FILTRO 6	FILTRO 7	FILTRO 8	FILTRO 9
TURBIEDAD SEDIMENTACIÓN (UNT)	1,4								
COLOR SEDIMENTADA	22								
% APERTURA VÁLVULA	25%	25%	65%	56%	55%	50%	35%	28%	25%
COLOR FILTRADA	7	8	9	9	10	9	9	8	9
COLOR TRATADA	8								
TURBIEDAD (UNT)	0,15	0,17	0,13	0,23	0,27	0,32	0,15	0,15	0,18
EFICIENCIA COLOR	68,18181818	63,63636	59,09091	59,09091	54,54545	59,09091	59,09091	63,63636	59,09091
% EFICIENCIA	89,3	87,9	90,7	83,6	80,7	77,1	89,3	89,3	87,1

Elaborado por: Autor.

Control de cambios

CONTROL DE CAMBIOS				
Fecha	Versión	Descripción	Realizo el cambio	
			Cargo	Nombre
	01	Creación del documento	Coordinador de practicas	