

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA
PTARUTILIZADA EN LA ADECUACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS
GENERADOS PORLOS ESTABLECIMIENTOS GASTRONÓMICOS DE
CENTRO MAYOR CENTROCOMERCIAL**

**NATALY DEL PILAR AYALA LLANOS
CAROL NIKOL RODRÍGUEZ MARÍN**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
Ingeniero Químico**

**Director
JUAN CAMILO CELY GARZÓN
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2021**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre: Camilo Cely
Firma del director

Nombre: xxxxxx xxxxx
Firma del presidente del jurado

Nombre: Juan Camilo Gómez Caipa
Firma del jurado

Nombre: Andrés Triana Boedensiek
Firma del jurado

Bogotá D.C. Agosto de 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Directora del programa

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados y el cuerpo docente no se hacen responsables por los criterios e indicios expuestos en este documento, esta responsabilidad corresponde únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios primeramente, por darme la sabiduría para atravesar este camino, por ayudarme a cumplir una de mis metas. A mi familia, por inculcarme siempre que el conocimiento es lo más importante, por tenerme paciencia, sin ellos no sería la persona que soy ahora, gracias, los amo; a mi mamá por acompañarme durante los momentos de angustia y preocupación, por apoyarme, por estar ahí en todo momento, por todo; a mi papá por apoyarme en todo el recorrido; a mi abuela por siempre estar pendiente de mi bienestar y reconfortarme con su exquisita comida; a mi prima, que ha sido mi hermana mayor toda la vida, por confiar y creer en mí, cuando ni yo misma lo hacía; a mi hermanita pequeña por motivarme, llevándome café cuando me veía ocupada; a mi tío por sacarme una sonrisa cuando más lo necesitaba; a todos y cada uno de los familiares que contribuyeron directa o indirectamente para hacer este logro posible. Agradecerle a mi amiga y compañera de tesis, por acompañarme en esta travesía, por estar al frente del cañón conmigo en todo momento, por apoyarme y estar siempre incentivando me a continuar, por dedicarme 5 años de su vida, por esto y más gracias.

Un reconocimiento especial a todas las personas que conocí en el camino, que participaron de forma activa en mi crecimiento personal, profesional y espiritual. De todo corazón gracias, este es solo un peldaño en el camino de la vida, espero seguir contando con todos en el resto del recorrido.

Nataly Ayala Llanos

Dedico este trabajo a Dios en primer lugar, por acompañarme a lo largo de este camino, a mis abuelitas que desde el cielo así como lo hicieron en vida me guían por el camino adecuado y que estarían orgullosas de este logro, a mi familia, por inculcarme a siempre esforzarme para cumplir mis sueños, a mi mamá que es mi mayor ejemplo a seguir, por siempre estar dispuesta a escucharme, aconsejarme y motivarme a creer en mí y en mis capacidades, a mi papá por apoyarme en todo; a los dos por siempre darme lo mejor y aportarme sus valores, conocimientos y experiencias para construir la persona que soy hoy en día, a mi madrina que ha sido como una segunda mamá para mí, por ayudarme siempre que lo necesito, a mi perro por alegrarme todos los días y acompañarme en las madrugadas de estudio.

A mi amiga y compañera de tesis por dar siempre lo mejor de sí para sacar adelante este trabajo, por darme la oportunidad de contar con su compañía durante estos 5 años, por ayudarme y explicarme siempre cuando no entendía algo en clase, por confiar en mí y en mis capacidades. A todas las personas que a lo largo de mi carrera aportaron en mi crecimiento profesional y personal.

Gracias a todos por aportar de manera positiva en este logro, por cada ayuda que me brindaron, por construir y culminar conmigo esta meta.

Nikol Rodríguez Marín

“La muerte nos llega a todos, pero los grandes logros construyen un monumento que durará hasta que el sol se enfríe.”

Ralph Waldo Emerson

N&N

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecerle a Dios por todas las bendiciones brindadas a lo largo de la carrera, por la sabiduría que nos otorgó a través de la creación de este trabajo, por la salud que nos dio para llevar a cabo todas nuestras actividades.

A nuestras familias, por el apoyo brindado tanto económico como emocional a lo largo de toda nuestra formación académica y de nuestras vidas; por soportarnos durante los altibajos a de la carrera y la presentación de este trabajo; por las ausencias en los eventos familiares que conmemoraban celebraciones especiales; y por todo el esfuerzo que hicieron para contribuir en la formación de lo que somos hoy como personas.

A Centro Mayor Centro Comercial y al gerente Juan Carlos Pineda, por darnos la oportunidad y el voto de confianza para llevar a cabo nuestra investigación en sus instalaciones; por la experiencia y el conocimiento que logramos construir a partir de las visitas.

A los ingenieros Cesar Rondón, Hannover González y Helenita Llanos por su compromiso y disposición durante la investigación, por proporcionarnos la información pertinente, por plantearnos la idea inicial para desarrollar el trabajo investigativo.

A la ingeniera Nubia Liliana Becerra Ospina, por todo su apoyo y disposición para ayudarnos a gestionar la documentación para hacer este proyecto de investigación. Adicionalmente por todo el conocimiento que nos impartió durante la carrera. Por la motivación y siempre creer en nuestras capacidades, aun cuando nosotras dudamos de ellas.

Al director Juan Camilo Cely Garzón por sus apreciaciones y recomendaciones para hacer de este proyecto un éxito.

Al ingeniero Harvey Arévalo por su disponibilidad, transmitirnos su conocimiento y experiencia, para solucionar las dudas que se presentaron durante la elaboración del documento.

A nuestras amigas Alejandra Rodríguez y Karen Neira, por contribuir de forma activa a lo largo de estos 5 años de carrera, por brindarnos una amistad sincera y estar dispuestas a colaborarnos en los momentos difíciles.

TABLA DE CONTENIDO

| | pág. |
|--|------|
| RESUMEN | 13 |
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| OBJETIVOS | 15 |
| 1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES | 16 |
| 1.1. Tipos de aguas residuales | 16 |
| 1.1.1. <i>Domésticas</i> | 16 |
| 1.1.2. <i>Urbanas</i> | 16 |
| 1.1.3. <i>Industriales</i> | 17 |
| 1.2. Tipos de tratamientos | 17 |
| 1.2.1. <i>Pretratamientos</i> | 17 |
| 1.2.2. <i>Tratamientos primarios</i> | 19 |
| 1.2.3. <i>Tratamientos secundarios</i> | 23 |
| 1.2.4. <i>Tratamiento terciario</i> | 24 |
| 1.3. PTAR de establecimientos gastronómicos y comerciales | 27 |
| 1.4. Legislación colombiana relacionada con los vertimientos de aguas residuales | 28 |
| 1.5. Generalidades de Centro Mayor Centro Comercial | 39 |
| 2. GENERALIDADES DEL PROCESO | 42 |
| 2.1. Planteamiento del problema | 42 |
| 2.2. Descripción del proceso de la PTAR | 42 |
| 2.2.2. <i>Agentes químicos utilizados en el proceso de tratamiento.</i> | 42 |
| 2.2.3. <i>Equipos del tren de tratamiento.</i> | 43 |
| 2.3 Definición del tren de tratamiento | 45 |
| 2.3.1. <i>Trampa de grasas</i> | 45 |
| 2.3.2. <i>Tanque de homogeneización</i> | 46 |
| 2.3.3. <i>DAF</i> | 46 |
| 2.3.4. <i>Filtración con arena</i> | 50 |
| 2.3.5. <i>Filtración con carbón</i> | 51 |
| 3. DIAGNÓSTICO DE LA PTAR | 53 |
| 3.1. Caracterización del agua vertida. | 53 |
| 3.1.1. <i>Estado actual de la PTAR</i> | 53 |
| 3.2. Identificación de las variables críticas | 55 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.1. <i>Relación DBO/DQO</i> | 56 |
| 3.2.2. <i>Determinación de fenoles</i> | 58 |
| 3.2.3. <i>Determinación del DQO</i> | 59 |
| 3.2.4. <i>Determinación del DBO</i> | 59 |
| 3.2.5. <i>Determinación de aceites y grasas</i> | 60 |
| 3.2.6. <i>Determinación de metales</i> | 61 |
| 3.2.7. <i>Determinación de sulfuros</i> | 63 |
| 3.2.8. <i>Determinación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH)</i> | 65 |
| 3.3. Caracterización del agua para la identificación de variables críticas | 65 |
| 3.3.1 <i>Muestreo puntual toma de aceites y grasas</i> | 68 |
| 3.3.2 <i>Muestreo a la entrada del tanque homogeneizador</i> | 69 |
| 3.3.3 <i>Muestreo a la salida del tren de tratamiento</i> | 71 |
| 4. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES CRÍTICAS SEGÚN EL ÚLTIMO MUESTREO | 76 |
| 4.1. VARIABLES CRÍTICAS DEL PROCESO | 76 |
| 4.1.1. <i>Muestreo puntual - trampa de grasas</i> | 76 |
| 4.1.2. <i>Muestreo compuesto: entrada tanque homogeneizador - salida del tren de tratamiento</i> | 77 |
| 5. POSIBILIDAD DE MEJORA | 82 |
| 5.1. Ajuste de pH y oxigenación del agua, en el tanque homogeneizador y en el DAF | 82 |
| 5.1.1. <i>Criterios técnicos y ambientales</i> | 84 |
| 5.2. Cambiar los filtros de arena | 85 |
| 5.2.1. <i>Criterios técnicos y ambientales</i> | 87 |
| 5.3. Plan de mejora en la gestión de operación y mantenimiento de la PTAR | 87 |
| 5.4. Implementación de un tratamiento secundario, de carácter biológico para la PTAR Morado 8 de Centro Mayor Centro Comercial | 89 |
| 5.4.1. <i>Procesos aerobios</i> | 94 |
| 5.4.2. <i>Criterios técnicos y ambientales</i> | 99 |
| 6. EVALUACIÓN DE COSTOS | 100 |
| 6.1. Ajuste de pH y oxigenación del agua, en el Tanque Homogeneizador | 100 |
| 6.2. Cambiar los Filtros de Arena | 100 |
| 6.3. Plan de Mejora en la Gestión de Operación y Mantenimiento de la PTAR | 101 |
| 6.4. Tratamiento Biológico | 101 |
| 7. CONCLUSIONES | 105 |
| BIBLIOGRAFÍA | 107 |
| GLOSARIO | 123 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|---|------|
| Figura 1. Vista satelital Centro Mayor Centro Comercial | 41 |
| Figura 2. Diagrama de Secuenciamiento de la PTAR. | 45 |
| Figura 3. Trampa de grasas y Tanque Homogeneizador de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial | 46 |
| Figura 4. Velocidad de ascenso de las burbujas de aire en un medio acuoso teniendo en cuenta el Diámetro | 48 |
| Figura 5. Etapas de la flotación | 50 |
| Figura 6. DAF de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial | 50 |
| Figura 7. Filtros de Arena, Carbón y Sedimentador secundario de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial | 51 |
| Figura 8. Estructura del Carbón Activado Granular (CAG) | 52 |
| Figura 9. Corrección de promedió para los parámetros fuera de norma | 55 |
| Figura 10. Relación DBO/DQO para determinar la biodegradabilidad del vertimiento de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial | 58 |
| Figura 11. Escala de pH | 63 |
| Figura 12. Volumen de una Alícuota | 68 |
| Figura 13. Muestreo puntual para Aceites y Grasas tomado a la entrada y salida de la trampa. | 69 |
| Figura 14. Toma de alícuota a la entrada del tanque homogeneizador | 70 |
| Figura 15. Lectura del Equipo Multiparámetro | 71 |
| Figura 16. Toma de alícuotas | 72 |
| Figura 17. Toma de la muestra de salida del vertimiento de agua tratado por la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial | 73 |
| Figura 18. Medición de sólidos sedimentables en el cono imhoff | 74 |
| Figura 19. Alícuotas de Entrada y Salida para el muestreo compuesto y puntual. | 75 |
| Figura 20. Recipientes con la muestra compuesta por las 16 alícuotas recolectadas durante toda la jornada | 76 |
| Figura 21. Muestras acondicionadas para ser llevadas al Laboratorio Quimicontrol LTDA | 76 |
| Figura 22. Tablero del Controlador Lógico Programable (PLC), identificando el control de pH | 84 |
| Figura 23. Ecuación para calcular el diámetro de burbuja | 85 |
| Figura 24. Vista de la Cara Superior del Filtro de Arena, después de 3 años de Funcionamiento en | |

| | |
|--|-----|
| Centro Mayor Centro Comercial | 86 |
| Figura 25. Sistema EDUR del DAF de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial | 90 |
| Figura 26. Balance comparativo entre el tratamiento biológico en condiciones anaerobias y aerobias para la DQO | 94 |
| Figura 27. Esquema de funcionamiento del bioreactor MBBR y un decantador secundario | 95 |
| Figura 28. Esquema de funcionamiento de un MBR en sus dos configuraciones a) MBR membrana sumergida. b) MBR membrana externa. | 96 |
| Figura 29. Esquema de funcionamiento del Bioreactor de fangos activos y un decantador secundario | 99 |
| Figura 30. Cálculo de la Carga Orgánica Volumétrica | 105 |
| Figura 31. Ecuación para el cálculo de la carga másica | 106 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Tratamientos preliminares | 18 |
| Tabla 2. Coagulantes más usados en la industria | 20 |
| Tabla 3. Floculantes y Coagulantes | 21 |
| Tabla 4. Tipos de filtración | 24 |
| Tabla 5. Métodos de desinfección | 25 |
| Tabla 6. Procesos de tratamiento avanzado y su eficiencia remocional | 26 |
| Tabla 7. Resumen de los tratamientos, acompañado de los porcentajes de eficiencia de remoción de algunos contaminantes | 27 |
| Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites (ARND) para las actividades industriales | 29 |
| Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites (ARND) para alcantarillado público | 31 |
| Tabla 10. Parámetros con sus valores límites para agua de uso agrícola. | 35 |
| Tabla 11. Parámetros con sus valores límites para agua de uso industrial. | 37 |
| Tabla 12. Parámetros con sus valores límites (A) | 39 |
| Tabla 13. Parámetros con sus valores límites (B) | 40 |
| Tabla 14. Parámetros con sus rangos de remoción | 49 |
| Tabla 15. Comparativo de las formas de usar el CAG. | 53 |
| Tabla 16. Comparativo del valor normativo más restrictivo vs promedio | 56 |
| Tabla 17. Rangos para la Relación DBO5/DQO y su carácter Biodegradable para la implementación de un Tratamiento Biológico | 57 |
| Tabla 18. Metales que incumplen con el valor más restrictivo de la Normativa | 62 |
| Tabla 19. Rangos de pH para retirar sulfuros de agua residual basados en diferentes fuentes | 65 |
| Tabla 20. Comparativo de Laboratorios en cuanto al límite de detección | 67 |
| Tabla 21. Datos del Muestreo Puntual de la Trampa de Grasas, Concentración de Aceites y Grasas, entrada y salida | 78 |
| Tabla 22. Comparativo de las Variables Críticas Medidas en el Último Muestreo, con respecto al Promedio del Histórico | 79 |
| Tabla 23. Matriz comparativa para los % Remoción actual vs % Remoción teórica- diseño | 81 |
| Tabla 24. Características de los tratamientos biológicos para aguas residuales domésticas en | |

| | |
|--|-----|
| condiciones aerobias y anaerobias | 93 |
| Tabla 25. Porcentajes de remoción de un sistema de lodos activados. | 98 |
| Tabla 26. Ventajas y desventajas del tratamiento de lodos activados. | 99 |
| Tabla 27. Costos asociados al mantenimiento de la maquinaria de la PTAR | 100 |
| Tabla 28. Parámetros de Diseño en Lodos Activados | 102 |

LISTA DE ABREVIATURAS

Art: Artículo

ARD: Agua residual doméstica

ARnD: Agua residual no doméstica

Atm: Atmósferas

AyG: Aceites y Grasas

CAG: Carbón activado granular

CAPEX: Costos de inversión

CAS: Lodos Activados

DAF: Proceso de Flotación de Aire Disuelto

DQO: Demanda química de oxígeno

DBO: Demanda biológica de oxígeno

IDEAM: Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales

IHA: Instituto de higiene ambiental

MBBR: Biorreactor de lecho móvil

MBR: Biorreactor de membrana

mca: Metro de columna de agua

MF: Muestreo final

mg/ L O₂ : Miligramos por litro de oxígeno

OPEX: Costo operativo

pH: Potencial de Hidrógeno

PLC: Controlador lógico programable

ppm: Partes por millón

PSI: Libra por pulgada cuadrada

PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales

Res: Resolución

SDA: Secretaria distrital de ambiente

SST: Sólidos sedimentables totales

TPH: Hidrocarburos totales de petróleo

RESUMEN

En este trabajo se plantea una mejora para la PTAR Morado 8 de Centro Mayor Centro Comercial, la cual trata 39,6 m³/día de los 46 establecimientos gastronómicos. Se hizo una caracterización del tren de tratamiento, el cual consta de una trampa de grasas, un tanque homogeneizador, un DAF, dos filtros de arena y uno de carbón.

Para el diagnóstico se realizó un análisis de los muestreos, desde octubre del 2018-diciembre del 2020, se elaboró la matriz comparativa que relaciona el valor más restrictivo entre las resoluciones 3957-2009, 0631-2015 y 1207-2014 con el promedio histórico; se identificaron los parámetros fuera de norma y se realizó un análisis preliminar. Se llevó a cabo un muestreo para determinar los porcentajes de remoción.

Se concluyó que las variables críticas son: AyG, DBO, DQO, Fenoles, Hidrocarburos, Manganeso y Mercurio; se planteó la propuesta de mejora, la cual está compuesta de cuatro modificaciones, la primera consiste en cambiar el rango de pH en el tanque homogeneizador, manejando un rango entre 8 - 9, también se aumentará la transferencia de masa por medio de difusores de aire en este mismo equipo; la segunda está relacionada al cambio de los filtros de arena; la tercera implica una mejora en la gestión operativa y el mantenimiento; por último se plantea un tratamiento biológico.

Se realiza una cotización para la propuesta de mejora, con una inversión de \$250.000.000. Partiendo de los resultados obtenidos en la investigación, se establecen unas recomendaciones, para enriquecer el tren de tratamiento.

PALABRAS CLAVES: Agua residual, Centro Comercial, Vertimiento, Tren de tratamiento, Tratamiento biológico.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como objetivo realizar el planteamiento de una propuesta de un plan de mejora del funcionamiento de la PTAR utilizada en la adecuación de los vertimientos generados por los establecimientos gastronómicos de Centro Mayor Centro Comercial. Durante las operaciones del centro comercial la PTAR (morado 8) trata un volumen de 39,6 m³ al día, los mayores vertimientos líquidos corresponden a procesos de mise en place realizados en los establecimientos de comidas; los cuales tendrán su disposición en el alcantarillado público. Por esta razón, Centro Mayor Centro Comercial en pro de la sostenibilidad ambiental, examina la posibilidad de emplear el agua tratada en la PTAR para el riego de los jardines y la limpieza de las instalaciones. Por lo anterior se hace necesario realizar un diagnóstico de la planta de tratamiento para identificarla problemática que está afectando el correcto funcionamiento.

Se pretende hacer un seguimiento exhaustivo al funcionamiento del proceso con el fin de identificar el problema que no permite cumplir con los parámetros más restrictivos de las resoluciones (3957 del 2009 - 1207 del 2014 - 631 del 2015) y con esto garantizar que después se pueda llegar a desarrollar una solución para que el agua tratada sea reutilizada en labores del establecimiento, con esto habrá una disminución de los vertimientos de aguas residuales al alcantarillado; destacando así su manejo ambiental, con miras de mejorar su responsabilidad social empresarial en el desarrollo de sus actividades.

Para establecer una propuesta de mejora, es necesario conocer los conceptos básicos involucrados en los tipos de aguas residuales, los tratamientos utilizados en una PTAR, la legislación colombiana relacionada con los vertimientos y las generalidades de Centro Mayor Centro Comercial; posteriormente se lleva a cabo la descripción del proceso y el diagnóstico del tren de tratamiento, para identificar las variables críticas, con las cuales se planteará una propuesta de mejora y los costos relacionados.

OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar una propuesta de un plan de mejora del funcionamiento de la PTAR utilizada en la adecuación de los vertimientos generados por los establecimientos gastronómicos de Centro Mayor Centro Comercial

Objetivos específicos

1. Diagnosticar el proceso químico actual de tratamiento de aguas de la PTAR.
2. Establecer las variables críticas del proceso y su posibilidad de mejora según criterios ambientales y técnicos.
3. Estimar los costos relacionados con la propuesta de mejora.

1. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

A continuación, se pretende responder a la pregunta de investigación relacionada a las estrategias que se pueden implementar para mejorar el funcionamiento actual de la PTAR que maneja los vertimientos de los establecimientos gastronómicos de Centro Mayor Centro Comercial; para entrar en contexto con esta problemática es necesario realizar una investigación introductoria relacionada con todos los términos clave del tratamiento de aguas.

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, conocida con las siglas de PTAR es la agrupación de equipos y procesos que se utiliza para la limpieza de aguas con distintos agentes contaminantes, como sustancias disueltas y suspendidas; de manera que se tenga un ciclo óptimo de aprovechamiento, contribuyendo con el medio ambiente. Dependiendo del caudal, las condiciones del afluente y el objetivo final del agua, se dispone a escoger la ruta del tratamiento más adecuada para el vertimiento.[1]

1.1. Tipos de aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas que de forma directa o indirecta han sido afectadas negativamente por el ser humano, provenientes de la utilización de entornos domésticos, industriales, actividades agrícolas y agropecuarias, así como aguas superficiales, subterráneas y de precipitación. Entre los diversos contaminantes, se pueden encontrar productos químicos de uso doméstico (jabones, detergentes, cosméticos, etc.), productos sólidos, metales pesados procedentes de la industria (plomo, zinc, mercurio, cadmio, bromo, etc.), restos orgánicos, entre otros.[2] Debido a la calidad de estas aguas no tiene valor comercial, a menos que se someta a un tratamiento.[3]

1.1.1. Domésticas

Estas aguas son las provenientes de los hogares, ya sean de los procesos fisiológicos (aguas negras), actividades cotidianas como la preparación de alimentos, el lavado de ropa, labores de aseo personal, entre otros (aguas grises).[4]

1.1.2. Urbanas

Son la mezcla entre las aguas que provienen de los hogares, con las aguas pluviales (procedentes de cambios climáticos y meteorológicos); estas se encuentran en el sistema de alcantarillado y sus principales contaminantes son: objetos de gran tamaño, arenas, grasas, aceites, contaminantes emergentes, coliformes fecales, entre otros.[5]

1.1.3. Industriales

Son aquellas que provienen de procesos de producción de cualquier actividad comercial, poseen características de tipo físico, químico y biológico. Dependiendo del tipo de industria se acrecenta la concentración de agentes químicos, como metales pesados (plomo, níquel, cobre, mercurio, cadmio, entre muchos otros).[5] Por la diferencia de composición de sus contaminantes, estos vertimientos son los más complejos de tratar.[6]

1.2. Tipos de tratamientos

Para llevar a cabo la selección del tratamiento, es necesario tener en cuenta el tipo de agua que se está trabajando, así como su caudal y finalidad de uso. Cada tratamiento se encarga de remover cierto tipo de contaminantes, por lo cual es esencial tener claro las características del vertimiento. A continuación, se mencionan los diferentes tipos de tratamiento con su objetivo principal de aplicación.

Para la adecuada selección de los tratamientos de aguas residuales se basa en un cierto número de factores, entre los que están:

- Características del agua residual, como la determinación de parámetros contaminantes (DBO, materia en suspensión, pH, productos tóxicos)
- Calidad del efluente de salida requerido según el objetivo que se le desee dar al vertimiento tratado, así como teniendo en cuenta el cumplimiento de las resoluciones.
- Costo y disponibilidad de terrenos, ya que dependiendo del área con la que se cuente, se facilitará la elección del proceso más adecuado y a su vez contemplar futuras ampliaciones con diseños más sofisticados. Para llevar a cabo un tratamiento más rentable en cuanto al objetivo final.
- Coste local del agua, basándose en los costos actualizados de la empresa de acueducto local. [7]

1.2.1. Pretratamientos

Se utiliza para acondicionar los vertimientos, evitar daños mecánicos en los equipos posteriores, así como la disminución en eficiencia y el taponamiento de bombas y compresores. Estos incluyen los procesos ubicados al inicio del tren de tratamiento, básicamente todo lo relacionado a los tratamientos físicos, donde su objetivo es eliminar residuos sólidos, arenas y grasas a través de procesos como:[8]

- Cribado: Su función es retener sólidos que se encuentran en el vertimiento, los equipos que se utilizan para este proceso poseen unas rejillas con diferente espaciado:[9] <<Las rejillas de finos tienen aberturas de 5mm o menos. Generalmente están fabricadas de malla metálica de acero, o en base a placas o chapas de acero perforado y se usan muchas veces en lugar de tanques de sedimentación. Sin embargo, aunque puedan llegar a eliminar entre un 5 y un 25% de sólidos en suspensión de un 40 a un 60% se eliminan por sedimentación. por esta razón, y también porque el atascamiento es normalmente un problema, el uso de tamices finos o con abertura pequeña no es muy normal.

Las rejillas o cribas de gruesos tienen aberturas que pueden oscilar entre los 4 y 8 o 9 cm. se usan como elementos de protección para evitar que sólidos de grandes dimensiones dañen las bombas y otros equipos mecánicos. >>[7]

- Tanques de homogeneización: Estos sirven para regular o disminuir los problemas que puedan ocasionar la variación del flujo y la concentración de las aguas residuales. [10]
- Desarenadores: Son los encargados de remover arenas presentes en las aguas residuales, para así prevenir la corrosión de equipos mecánicos, evitar la sedimentación en canales y tanques ubicados posteriormente. Su diseño puede ser rectangular o circular; de flujo horizontal o helicoidal; aireados o no; de limpieza manual o mecánica.[9]

Tabla 1.

Tratamientos preliminares

| Proceso | Objetivo |
|-----------------|--|
| Rejas y Tamices | Eliminación de sólidos gruesos |
| Trituradores | Fragmentar sólidos |
| Desarenadores | Eliminación de arenas y gravilla |
| Desengrasadores | Eliminación de aceites y grasas |
| Preaireación | Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico |

Nota. En esta tabla se muestran diferentes objetivos dependiendo del tratamiento preliminar que se elija. Tomado de: R. Rojas. “Curso Internacional ‘Gestión integral de tratamiento de aguas residuales’ 25 al 27 de septiembre de 2002 Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.”. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División, 2002. [Online]. Available: <https://cutt.ly/qQUQUI0>

1.2.2. Tratamientos primarios

Tiene como objetivo retirar por medio de procesos físico - químicos o mecánicos: turbidez, sólidos sedimentables y reducir la carga contaminante biodegradable, esto se debe a que parte de los sólidos que se eliminan están comprendidos por materia orgánica; [11] “Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos”[12]. Entre los tipos de tratamiento primario se encuentran:

- **Sedimentación:** Es un proceso de separación físico, basado en la ley de gravedad y la diferencia en la densidad del líquido y las partículas. El sólido a sedimentar, entre más denso sea tendrá una trayectoria descendente. Entre mayor sea la diferencia de densidades se aumentará la velocidad de decantación lo que hará más eficaz este proceso. Estos equipos suelen tener varias formas, como rectangulares, circulares y lamelares; dependiendo el tipo de partícula a tratar. [13]
- **Flotación:** Este proceso implica una separación por medio físico, fundamentado en la diferencia de densidades y la fuerza de empuje que el líquido ejerce. El sólido de menor densidad que el fluido, asciende hasta la superficie.[14] Para llevar a cabo este proceso se utiliza el aire como agente de flotación; los sistemas más conocidos son el DAF (flotación por aire disuelto) y flotación por aire inducido, se diferencian por el tamaño de las burbujas de aire y los equipos utilizados para la producción de estas.[13] Este procedimiento suele aplicarse al tratamiento de aguas residuales, para retirar aceites, grasas y también para aglomerar sólidos suspendidos.[10]
- **Coagulación - Floculación:** Es un proceso físico - químico, que contribuye a aumentar la velocidad de la materia coloidal que está formada por partículas estables de pequeño tamaño que son difíciles de sedimentar;[15] teniendo en cuenta esto se utilizan aditivos químicos llamados coagulante que tiene como función desestabilizar la partícula, ya que aporta una carga contraria a la del coloide y el floculante que permite la aglomeración aumentando su peso

Tabla 2.

Coagulantes más usados en la industria

| Coagulante | pH |
|-------------------------------|-----------------|
| Sulfato de Aluminio (Alumbre) | 4-7 |
| Sulfato Ferroso | > 8,5 |
| Sulfato Ferroso y Cloro | 3,5 - 6,5 y 8,5 |
| Sulfato Férrico | 3,5 -7,0 y 9,0 |
| Cloruro Férrico | 3,5 -6,5 y 8,5 |

Nota: En esta tabla se presentan diferentes tipos de coagulantes y los rangos óptimos de pH. Tomado de: D. M. Murillo Castaño and Q. Industrial, “Análisis de la influencia de dos materias primas coagulantes en el aluminio residual del agua tratada,” Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2011. Accessed: Mar: 24, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace>

A continuación se muestra una tabla de floculantes y coagulantes con su respectiva descripción, la cual fue construida a partir del contenido de diferentes fuentes de información, entre los que se encuentran [16], [17], [15], [18], [19], [20], [21], [22], [23]

Tabla 3.*Floculantes y Coagulantes*

| Nombre | Floculante/ Coagulante | Descripción |
|---------------------|-----------------------------------|--|
| Sulfato de aluminio | Coagulante | Posee alta disponibilidad, bajo costo, sirve para diferentes tipos de agua, desestabilizan las partículas en pocos segundos, es el más utilizado a nivel industrial, reacciona con los fosfatos y con la alcalinidad del agua. Una vez culminado el proceso permanecen en forma residual y generan lodos, tiene efectos negativos en la salud, provoca un aumento en los sulfatos y en la DQO. |
| Sulfato férrico | Coagulante | No genera un aluminio residual que ponga en peligro la calidad del agua, se asienta fácilmente y con mayor rapidez, tiene un floc más firme que con el alumbre y maneja un extenso rango de pH. Es más costoso que el sulfato de aluminio y en algunos casos se produce color en el agua. |
| Sulfato ferroso | Coagulante | Requiere la adición de cloro previamente para la formación de cloro-sulfato ferroso y así lograr una coagulación efectiva, permite la remoción de color a pH extremos. |
| Cloruro Férrico | Coagulante | Es usado con mayor frecuencia a escala industrial que doméstico, el floc es más pesado que con sulfato de aluminio. Es una sustancia muy corrosiva, que debe tener cuidados al momento de ser manipulada y almacenada. |
| Aluminato de Sodio | Coagulante | Al no ser una sal ácida, no provoca una disminución de pH evitando la posterior adición de una base como la sosa o la cal. |

Tabla 3. Continuación

| | | |
|--|---|---|
| <p>Polímeros</p> | <p>Floculantes Orgánicos Sintéticos</p> | <p>El proceso de floculación necesita un mínimo de agitación para no romper la cadena del polímero, el tiempo óptimo es de 15 min mínimo Existen tres tipos de floculantes para sedimentar partículas, los aniónicos para partículas minerales, los catiónicos para partículas de origen orgánico y no iónico para partículas orgánicas como inorgánicas. Teniendo en cuenta lo anterior los rangos óptimos de pH para diferentes floculantes son: Acrilamidas-acrilatos aniónicos (7-14), poliacrilamidas- poliaminas son catiónicos (4 - 8) y poliacrilamida no iónicos (6-10).</p> |
| <p>Ácido acrílico</p> | <p>Floculantes Orgánicos Sintéticos</p> | <p>Son utilizados en aguas industriales por su solubilidad en agua, no afectan el pH, forman flóculos grandes y estables, reducen la carga iónica y son eficientes en pequeñas dosis. Alto costo, difícil biodegradación y provoca efectos cancerígenos que son producidos por los subproductos monómeros resultantes de su descomposición.</p> |
| <p>Poliacrilamidas ligeramente aniónicas</p> | <p>Floculantes Orgánicos Sintéticos</p> | <p>De alto peso molecular, sirve como ayudante de la coagulación, a bajas dosis presenta una alta efectividad reduciendo o eliminando el uso de sales inorgánicas.</p> |
| <p>Policloruro de aluminio o PAC</p> | <p>Coagulante</p> | <p>Es usado principalmente en aguas residuales mineras, la cantidad residual de aluminio es menor al usar PAC, remueve mejor las sustancias orgánicas, la turbiedad, el color y menor producción de lodos en comparación con la alúmina, velocidad de reacción rápida en la formación de floc con bajas dosis de químicos. Tiene un costo mayor que la alúmina, un pH demasiado alto ocasiona una disminución en la remoción de sustancias orgánicas</p> |

Nota: En esta tabla se presentan algunos de los floculantes y coagulantes más utilizados en la industria para el tratamiento de aguas residuales con sus características.

- Filtración: Es la etapa final de la clarificación del tratamiento de agua que tiene como fin remover las partículas suspendidas y coloidales pasando por un medio filtrante; se utiliza comúnmente arena, antracitas, zeolitas, textiles, etc. Para mantener las eficiencias del filtrado se debe hacer un retrolavado, que consiste en inyectar agua en la dirección contraria al proceso de filtración. Esto también ayuda a cumplir con los parámetros de turbiedad y color. [21]

1.2.3. Tratamientos secundarios

Este es uno de los tratamientos más utilizados, no solo en aguas urbanas sino también en aguas industriales. Su objetivo es eliminar y/o convertir la materia orgánica biodegradable (tanto soluble como coloidal), así como la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) en sólidos sedimentables que luego serán separados por sedimentación en un decantador, para lo cual utiliza procesos biológicos donde por medio de microorganismos descomponen los contaminantes, es importante resaltar que se debe lograr un balance entre los desperdicios orgánicos, el oxígeno disuelto y los niveles bacterianos. [11]

Los tratamientos biológicos tienen una eficiencia remocional de la DBO entre el 85% al 95%. [14]

- Procesos Aerobios: Se encargan de la eliminación de contaminantes orgánicos, a través de su transformación en biomasa bacteriana, CO_2 y H_2O en presencia de oxígeno y aprovechan los nutrientes presentes (nitrógeno y fósforo) para su propio crecimiento, [24] esto permite que se obtengan rendimientos energéticos elevados y alta generación de fangos, debido al gran crecimiento de las bacterias en estas condiciones. Hay dos tipos de tratamientos biológicos aerobios: de cultivo en suspensión (fangos activados) y de cultivo fijo (lechos bacterianos). [25]
- Procesos Anaerobios: Se encargan de la eliminación de contaminantes orgánicos, a través de su transformación en biogás (mezcla de CH_4 y CO_2), y H_2O en ausencia de oxígeno. La mayor parte del carbono de la materia orgánica se transforma en los subproductos mencionados anteriormente, mientras que para la síntesis celular su transformación es baja. Se obtiene una baja producción de lodos, debido a que el desarrollo bacteriano es lento. Sin embargo, este sistema es más sensible a tóxicos inhibidores y es más costoso debido a sus largos periodos para ponerlo en marcha, por lo que también se requiere mayor cantidad de producto a degradar. [26]

1.2.4. Tratamiento terciario

Se basa en el uso de procesos biológicos y fisicoquímicos; tiene como finalidad la obtención de agua más pura, con menor carga contaminante, que pueda ser reutilizada, ya que se encarga de eliminar contaminantes como: fósforo (P), nitrógeno (N₂), minerales, metales pesados, virus, huevos y quistes de parásitos, sustancias tenso activas, algas, sólidos totales y disueltos, compuestos orgánicos, etc. Es uno de los tratamientos más costosos y utilizados en la industria.[27]

- Intercambio Iónico: Su aplicación más conocida es desmineralizar el agua y retirar sales en bajas concentraciones, pero también se utiliza para eliminar otras sustancias del agua en procesos como la desionización, desnitrificación y la desinfección. Por lo anterior ha sido recientemente implementado en procesos de potabilización del agua.[28]
- Adsorción: Algunos de los usos más importantes son eliminar fenoles, hidrocarburos aromáticos nitrados, derivados clorados, etc., así como para quitar el olor, color y sabor. El adsorbente más utilizado en el tratamiento de aguas es el carbón activo.
- Microfiltración y Ultrafiltración: Dependiendo del tamaño de poro de la membrana permitela remoción de los sólidos disueltos, la turbidez y los microorganismos.[27]

Tabla 4.

Tipos de filtración

| Proceso | Diámetro de Partícula a Retener |
|-----------------|---------------------------------|
| Microfiltración | > a 0.1 mm |
| Ultrafiltración | 0.001 - 0.1 μ m |

Nota: En esta tabla se presentan los procesos de filtración con su respectivo rango de retención.

- Ósmosis Inversa: Se trata de una filtración con una membrana semipermeable, que se encarga de retener las sales contenidas y purificar el agua. Con esta se eliminan entre el 96 y 99 % de los contaminantes (sales, minerales, colorantes y ciertos metales).[29]

Desinfección: Es el último paso antes de llevar el vertimiento al ambiente, su finalidad es extinguir los microorganismos que aún estén presentes y puedan ocasionar algún riesgo para la salud. Entre los procesos utilizados para cumplir con tal fin se encuentran: El cloro, rayos ultravioleta o la ozonización. [27]

Algunas de las condiciones con las que debe cumplir un desinfectante ideal para el tratamiento son: Alta eficiencia en la eliminación de agentes patógenos; que no afecte parámetros del agua como temperatura, pH, sabor, olor, entre otros compuestos químicos; no formación de subproductos peligrosos; facilidad para su adquisición o fabricación y bajo precio; seguridad óptima de manejo y dosificación.[30]

La información consignada en la tabla que aparece a continuación, que habla de los métodos de desinfección, fue extraída de dos fuentes de información. [27] y [30]

Tabla 5.

Métodos de desinfección

| Procesos | Ventajas | Desventajas |
|--------------------|--|---|
| Cloración | El sistema más sencillo y económico para un tratamiento terciario de reutilización de agua para riego de jardines y plantas. | Requiere el empleo y manipulación de un producto químico en donde ciertas plantas pueden ser susceptibles a ser dañadas a partir de ciertos niveles de cloro libre. Necesita de un depósito exclusivo para realizar la cloración |
| Rayos UV | Desinfección inmediata y más efectiva que la cloración y necesita menos espacio, ya que no requiere de un depósito adicional. Más utilizado en la industria. | Si no se tiene una filtración adecuada, donde la turbiedad sea completamente eliminada, ya que la radiación de los rayos UV no podrán atravesar el fluido, disminuyendo su efectividad. |
| Ozonización | El tiempo de acción es de solo 3 minutos. Para reutilización en riego y agricultura, aporta oxigenación a la planta y transmite su carácter desinfectante. | Posee una fuerte acción oxidante, produce un aumento del carbono orgánico disuelto que puede ocasionar inconvenientes en la salud, relacionado con el crecimiento microbiano. Tienen un excesivo costo y un complicado mantenimiento. |

Nota: En esta tabla se presentan los diferentes métodos de desinfección con una caracterización.

Los procesos de tratamiento más comunes y su relación con la eficiencia remocional de los contaminantes aparecen en la siguiente tabla.[12]

Tabla 6.*Procesos de Tratamiento Avanzado y su Eficiencia Remocional*

| Proceso | Eficiencia Remocional | | | | | | | |
|--|-----------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| | SS | DBO | DQO | NH3 | Norg | NO2 | PO4 | STD |
| Arrastre de amoniaco | | | | 85 – 98 | | | | |
| Filtración | | | | | | | | |
| Múltiple | 80 – 90 | 50 – 70 | 40 – 60 | | 20 – 40 | | | |
| Diatomea | 95 – 99 | | | | | | | |
| Microfiltro | 50 – 80 | 40 – 70 | 30 – 60 | | 20 – 40 | | | |
| Destilación | 99 | 98 – 99 | 95 – 98 | | 90 – 98 | 99 | 99 | 95 – 99 |
| Flotación | 60 – 80 | | | | 20 – 30 | | | |
| Congelación | 95 – 98 | 95 – 99 | 90 – 99 | | 90 – 99 | 99 | 99 | 95 – 99 |
| Separación fase gas | | | | 50 – 70 | | | | |
| Aplicación en suelo | 95 – 98 | 90 – 98 | 80 – 90 | 60 – 80 | 80 – 95 | 5 – 15 | 60 – 90 | |
| Osmosis inversa | 95 – 98 | 95 – 99 | 90 – 95 | 95 – 99 | 95 – 99 | 95 – 99 | 95 – 99 | 95 – 99 |
| Porción | | 50 | 40 | | | | 99 | 10 |
| Carbón Activado | 80 – 90 | 70 – 90 | 60 – 75 | 5 – 15 | 50 – 90 | | | |
| Precipitación química | 60 – 80 | 75 – 90 | 60 -70 | 30 – 40 | 60 – 50 | | 90 – 95 | 20 |
| Precipitación química en lodo activado | 80 – 95 | 90 – 95 | 85 – 90 | 85 – 98 | 30 – 40 | 30 – 40 | 30 – 40 | 10 |
| Intercambio ionico | | 40 – 60 | 30 – 50 | 80 – 85 | 80 – 95 | 80 90 | 85 – 98 | |
| Electroquimico | 80 – 90 | 50 – 60 | 40 – 50 | 30 – 50 | 80 – 95 | | 80 – 85 | 40 |
| Electrodialisis | | | | 50 – 80 | | 30 – 50 | 30 – 50 | |
| Oxidación Química | | 80 – 90 | 65 – 70 | | | | | |
| Reducción | | | | 30 – 40 | | NO3 – NH3 | | |
| Asimilación Bacteriana | 80 – 5 | 75 – 95 | 60 – 80 | | 30 – 40 | 30 – 40 | 10 – 20 | |
| Desnitrificación | | | | 50 – 90 | | 60 – 95 | | |
| Lagunas | | 50 – 75 | 40 – 60 | | 50 – 90 | 50 – 90 | 50 | |
| Nitrificación - Desnitrificación | | | | | | 60 – 95 | | |

Nota. En esta tabla se muestran los porcentajes de remoción obtenidos luego de llevara cabo ciertos tratamientos avanzados. Tomado de P. Por and I. R. Rojas, “Curso Internacional ‘Gestión integral de tratamiento de aguas residuales’ 25 al 27 de setiembre de 2002 Conferencia Sistemas de Tratamientode Aguas Residuales.”

Tabla 7.

Resumen de los tratamientos, acompañado de los porcentajes de eficiencia de remoción de algunos contaminantes

| Nivel de tratamiento | ÍTEM | | |
|--------------------------|--------------------------|--|--|
| | Mecanismos predominantes | Contaminantes removidos | Eficiencias de reducción |
| Preliminar | Físico | Sólidos gruesos (basuras, arenas) Grasas Acondicionamiento químico (pH) | SS: <10 % DBO: <10 % Coliformes: ≈ 0 % Nutrientes: ≈ 0 % |
| Primario | Físico | Sólidos suspendidos sedimentables Materia orgánica suspendida (parcialmente) | SS: 40-50 % DBO: 25-35 % Coliformes: 30-40 % Nutrientes: < 20 % |
| Primario avanzado | Físico y químico | Sólidos suspendidos sedimentables y no sedimentables Materia orgánica suspendida (parcialmente) Fósforo | SS: 70-85 % DBO: 45-55 % Coliformes: 60-90 % Nutrientes: 20 %N; 50-95 % P |
| Secundario | Biológico o químico | Sólidos no sedimentables Materia orgánica suspendida fina/soluble (parcialmente) Nutrientes (parcialmente) Patógenos (parcialmente) | SS: 60-99 % DBO: 60-99 % Coliformes: 60-99 % Nutrientes: 10-50 % |
| Terciario | Biológico o químico | Contaminantes específicos Materia orgánica fina y soluble (pulimento) Nutrientes Patógenos (principalmente) | SS: > 99 % DBO: > 99 % Coliformes: > 99,9 % Nutrientes: > 90 % |

Nota. En esta tabla se muestran los niveles de tratamientos de aguas residuales, relacionando el mecanismo de acción con respecto a los porcentajes de remoción. Tomado de P. Torres, “Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo,” Rev. EIA, vol. 18, pp. 115–129, 2012.

1.3. PTAR de establecimientos gastronómicos y comerciales

El propósito de este trabajo se basa en realizar una propuesta de mejora para la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial, se busca establecer e identificar las características de las plantas de tratamiento que procesan este tipo de agua, sin embargo durante la investigación de las variables en la literatura, el estado del arte, etc. Se encontró que existen vacíos legales con respecto a la normativa que rige el agua de establecimientos gastronómicos así como de los centros comerciales, ya que el vertimiento cuenta con características diferentes o mezcladas entre los tipos de aguas mencionados en el numeral 1.1. Tipos de aguas residuales.

Inicialmente para los restaurantes lo que se implementa es una trampa de grasas, para que se encargue de separar los sólidos sedimentables así como retener las grasas y aceites, que al ser vertidas en el sistema de alcantarillado sin ser tratadas, pueden ocasionar problemas en: las tuberías, haciendo que se obstruyan por la grasa que con el tiempo incrementa su viscosidad, compactándose y bloqueando el sistema ocasionando retornos en la tubería; adicionalmente por la carga contaminante que el vertimiento posee al no tener un tratamiento adecuado, este puede generar alteraciones en el recurso hídrico.[32] [33]

Por otro lado, en lo que respecta a centros comerciales la información es limitada, ya que no se muestra un tratamiento definido para vertimientos gastronómicos, sino para el tratamiento que se genera de todo el establecimiento comercial (baños, restaurantes, limpieza, etc.). De esta manera se evidencia que las características de los vertimientos del centro comercial serán muy diferentes de las descritas en la literatura, por lo cual no es posible seguir un mismo tren de tratamiento, ya que la efectividad no será igual. [34]

1.4. Legislación colombiana relacionada con los vertimientos de aguas residuales

A continuación, se mencionarán algunas resoluciones y normas que tienen como objetivo regular los vertimientos, con el fin de establecer los límites permisibles que debe cumplir la PTAR que trata el agua residual de los establecimientos gastronómicos de Centro Mayor Centro Comercial.

Para la resolución 0631 del 2015 que se indica a continuación, se mostrarán los artículos 15 y 16.

<<**CAPÍTULO VII.** ACTIVIDADES INDUSTRIALES, COMERCIALES O DE SERVICIOS DIFERENTES A LAS CONTEMPLADAS EN LOS CAPÍTULOS V Y VI CON VERTIMIENTOS PUNTUALES A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES.

ARTÍCULO 15. Los parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales no Domésticas (ARnD) para las actividades industriales, comerciales, serán los siguientes.

Tabla 8.*Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites (ARND) para las actividades industriales*

| PARÁMETRO | UNIDADES | VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES |
|--|---------------------|-------------------------------------|
| Generales | | |
| pH | Unidades de pH | 6,00 a 9,00 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L O ₂ | 150,00 |
| Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/L O ₂ | 50,00 |
| Sólidos Suspendidos Totales (SST) | mg/L | 50,00 |
| Sólidos Sedimentables (SSED) | mg/L | 1,00 |
| Grasas y Aceites | mg/L | 10,00 |
| Compuestos Semivolátiles Fenólicos | mg/L | Análisis y Reporte |
| Fenoles Totales | mg/L | 0,20 |
| Formaldehído | mg/L | Análisis y Reporte |
| Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Hidrocarburos | | |
| Hidrocarburos Totales (HTP) | mg/L | 10,00 |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) | mg/L | Análisis y Reporte |
| BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Compuestos de Fósforo | | |
| Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Fósforo Total (P) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Compuestos de Nitrógeno | | |
| Nitratos (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Nitritos (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Nitrógeno Total (N) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Iones | | |
| Cianuro Total (CN ⁻) | mg/L | 0,10 |
| Cloruros (Cl ⁻) | mg/L | 250,00 |
| Fluoruros (F ⁻) | mg/L | 5,00 |
| Sulfatos (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 250,00 |
| Sulfuros (S ²⁻) | mg/L | 1,00 |
| Metales y Metaloides | | |
| Aluminio (Al) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Antimonio (Sb) | mg/L | 0,30 |
| Arsénico (As) | mg/L | 0,10 |
| Bario (Ba) | mg/L | 1,00 |
| Berilio (Be) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Boro (Bo) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Cadmio (Cd) | mg/L | 0,01 |
| Cinc (Zn) | mg/L | 3,00 |
| Cobalto (Co) | mg/L | 0,10 |
| Cobre (Cu) | mg/L | 1,00 |
| Cromo (Cr) | mg/L | 0,10 |
| Estaño (Sn) | mg/L | 2,00 |
| Hierro (Fe) | mg/L | 1,00 |
| Litio (Li) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Manganeso (Mn) | mg/L | Análisis y Reporte |

Tabla 8. Continuación

| | | |
|--|------------------------|--------------------|
| Mercurio (Hg) | mg/L | 0,002 |
| Molibdeno (Mo) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Níquel (Ni) | mg/L | 0,10 |
| Plata (Ag) | mg/L | 0,20 |
| Plomo (Pb) | mg/L | 0,10 |
| Selenio (Se) | mg/L | 0,20 |
| Titanio (Ti) | mg/L | Análisis y Reporte |
| Vanadio (V) | mg/L | 1,00 |
| Otros Parámetros para Análisis y Reporte | | |
| Acidez Total | mg/L CaCO ₃ | Análisis y Reporte |
| Alcalinidad Total | mg/L CaCO ₃ | Análisis y Reporte |
| Dureza Cálctica | mg/L CaCO ₃ | Análisis y Reporte |
| Dureza Total | mg/L CaCO ₃ | Análisis y Reporte |
| Color Real Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm. | m ⁻¹ | Análisis y Reporte |

Nota: Esta tabla muestra los criterios para evaluar los valores máximos permisibles en vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARND) para las actividades industriales, comerciales. Tomado de M. de A. y D. Sostenible, “Resolución 0631: Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.” Mar. 2015. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1res_631_marz_2015.pdf

CAPÍTULO VIII. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y SUS VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS (ARND) AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.

ARTÍCULO 16. Los vertimientos puntuales de Aguas Residuales no Domésticas (ARnD) al alcantarillado público deberán cumplir con los valores límites máximos permisibles para cada parámetro, establecidos a continuación: >> [35]

Tabla 9.*Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites (ARND) para alcantarillado público*

| PARÁMETRO | UNIDADES | VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES |
|--|---------------------|--|
| Generales | | |
| pH | Unidades de pH | 5,00 a 9,00 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | mg/L O ₂ | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/L O ₂ | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Sólidos Suspendidos Totales (SST) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Sólidos Sedimentables (SSED) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Grasas y Aceites | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Compuestos Semivolátiles Fenólicos | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Fenoles Totales | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Formaldehido | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Hidrocarburos | | |
| Hidrocarburos Totales (HTP) | mg/L | Se aplican los mismos valores límites máximos permisibles que los establecidos para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno) | mg/L | Se aplican los mismos valores límites máximos permisibles que los establecidos para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles (AOX) | mg/L | Se aplican los mismos valores límites máximos permisibles que los establecidos para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |

Tabla 9. Continuación

| Compuestos de Fósforo | | |
|--|------|--|
| Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Fósforo Total (P) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Compuestos de Nitrógeno | | |
| Nitratos (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Nitritos (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Nitrógeno Total (N) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales multiplicados por un factor de 1,50 |
| Iones | | |
| Cianuro Total (CN ⁻) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Cloruros (Cl ⁻) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Fluoruros (F ⁻) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Sulfatos (SO ₄ ²⁻) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Sulfuros (S ²⁻) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Metales y Metaloides | | |
| Aluminio (Al) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Antimonio (Sb) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Arsénico (As) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |

Tabla 9. Continuación

| | | |
|----------------|------|--|
| Bario (Ba) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Berilio (Be) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Boro (Bo) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Cadmio (Cd) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Cinc (Zn) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Cobalto (Co) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Cobre (Cu) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Cromo (Cr) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Estaño (Sn) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Hierro (Fe) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Litio (Li) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Manganeso (Mn) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Mercurio (Hg) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Molibdeno (Mo) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Níquel (Ni) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Plata (Ag) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Plomo (Pb) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Selenio (Se) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |

Tabla 9. Continuación

| | | |
|--|------------------------|--|
| Titanio (Ti) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Vanadio (V) | mg/L | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Otros Parámetros para Análisis y Reporte | | |
| Acidez Total | mg/L CaCO ₃ | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Alcalinidad Total | mg/L CaCO ₃ | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Dureza Cálcica | mg/L CaCO ₃ | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Dureza Total | mg/L CaCO ₃ | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |
| Color Real Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm. | m ⁻¹ | Se aplican las mismas exigencias establecidas para el parámetro respectivo en la actividad específica para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales |

Nota: Esta tabla muestra los criterios para evaluar los valores máximos permisibles en vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARND) para disposición del alcantarillado público. Tomado de M. de A. y D. Sostenible, “Resolución 0631: Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.” Mar. 2015. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1res_631_marz_2015.pdf.

Para la normativa que involucra el agua de reuso, se tendrá en cuenta la resolución 1207 del 2014

<<La Constitución Política establece la obligación en cabeza del Estado y de los particulares de proteger las riquezas naturales de la Nación y planificar el uso y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su conservación, restauración y uso sostenible. El uso eficiente del agua es fundamental para la conservación del recurso hídrico, y es básico para el desarrollo sostenible.

La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, expedida en el año 2010, establece como estrategia el uso eficiente y sostenible del agua, la cual se orienta a fortalecer la implementación de procesos y tecnologías de ahorro y uso eficiente del agua. En el contexto de Gestión Integral del Recurso Hídrico el reúso del agua residual aparece como una estrategia para el ahorro y uso eficiente del agua. El reúso de agua residual constituye una solución ambientalmente amigable, capaz de

reducir los impactos negativos asociados con la extracción y descarga a cuerpos de agua naturales.

Artículo 3°. Del reúso. Hay que tener en cuenta la licencia o plan de manejo ambiental para hacer uso del agua tratada. Este acuerdo dependerá de la parte generadora y receptora del servicio, por lo tanto el estado no intervendrá en asuntos relacionados a la cantidad de agua tratada (caudal o volumen).

Artículo 6°. De los usos establecidos para agua residual tratada. Las aguas residuales tratadas podrán utilizar en los siguientes usos: Agrícola e Industrial.

Artículo 7°. Criterios de calidad. El uso de agua residual tratada deberá cumplir previamente los siguientes criterios de calidad: >>[36]

Uso Agrícola. Para el riego de:

*Áreas verdes en parques y campos deportivos en actividades de ornato y mantenimiento.

*Jardines en áreas no domiciliarias.

Tabla 10.*Parámetros con sus valores límites para agua de uso agrícola.*

| Variable | Unidad de Medida | Valor Límite Máximo Permissible |
|--|--------------------------|---------------------------------|
| FISICOS | | |
| pH | Unidades de pH | 6,00 a 9,00 |
| Conductividad | μS/cm | 1.500,0 |
| MICROBIOLOGICOS | | |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 1,0*E(+4) |
| Enterococos Fecales | NMP/100 mL | 1,0 |
| Helmintos Parásitos Humanos | Huevos y Larvas/L | 1,0 |
| Protozoos Parásitos Humanos | Quistes/L | 1,0 |
| Salmonella sp | NMP/100 mL | 1,0 |
| QUÍMICOS | | |
| Fenoles Totales | mg/L | 0,002 |
| Hidrocarburos Totales | mg/L | 1,0 |
| BIOCIDAS | | |
| 2,4 D ácido | mg/L | 0,0001 |
| Diurón | mg/L | 0,0001 |
| Glifosato | mg/L | 0,0001 |
| Mancozeb | mg/L | 0,0001 |
| Propineb | mg/L | 0,0001 |
| IONES | | |
| Cianuro Libre | mg CN ⁻ /L | 0,2 |
| Fluoruros | mg F ⁻ /L | 1,0 |
| Aluminio | mg Al /L | 5,0 |
| Berilio | mg Be /L | 0,1 |
| Cadmio | mg Cd /L | 0,01 |
| Cinc | mg Zn /L | 3,0 |
| Cobalto | mg Co /L | 0,05 |
| Cobre | mg Cu /L | 1,0 |
| Cromo | mg Cr /L | 0,1 |
| Hierro | mg Fe /L | 5,0 |
| Litio | mg Li /L | 2,5 |
| Manganeso | mg Mn /L | 0,2 |
| Mercurio | mg Hg /L | 0,002 |
| Molibdeno | mg Mo /L | 0,07 |
| Níquel | mg Ni /L | 0,2 |
| Vanadio | mg V /L | 0,1 |
| METALOIDES | | |
| Antimonio | mg Sb /L | 0,05 |
| Arsénico | mg As /L | 0,1 |
| NO METALES | | |
| Selenio | mg Se /L | 0,02 |
| OTROS | | |
| Cloro Total Residual (con mínimo 30 minutos de contacto) | mg Cl ₂ /L | Menor a 1,0 |
| Nitratos | mg NO ₂ -N /L | 5,0 |

Nota: Esta tabla muestra los criterios para evaluar los valores máximos permisibles en vertimientos de aguas para el riego de áreas verdes en parques y campos deportivos en actividades de ornato y mantenimiento o jardines en áreas no domiciliarias. Tomado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Resolución

1207: Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.,” Jul. 2014. [Online]. Available: <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-1207-de-2014.pdf>.

Uso Industrial. En actividades de:

*Limpieza mecánica de vías

Tabla 11.

Parámetros con sus valores límites para agua de uso industrial.

| Variable | Unidad de Medida | Valor Límite Máximo Permissible | | | |
|---|-------------------------------------|--|---------------------------------|---|-----------------------------------|
| | | Intercambio de calor en torres de enfriamiento y en calderas | Descarga de aparatos sanitarios | Limpieza mecánica de vías y Riego de vías para el control de material particulado | Sistemas de redes contraincendios |
| FISICOQUÍMICOS | | | | | |
| pH | Unidades de pH | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 9,0 |
| MICROBIOLOGICOS | | | | | |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 1,0*E(+3) | 1,0*E(+4) | 1,0*E(+3) | 1,0*E(+1) |
| Helmintos Parásitos Humanos | Huevos y Larvas/L | 0,1 | 1,0 | 1,0 | 0,1 |
| Protozoos Parásitos Humanos | Quistes/L | 0,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Salmonella sp | NMP/100 mL | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| QUÍMICOS | | | | | |
| Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX) | mg/L | 0,001 | | 0,001 | |
| Esteres Ftalatos | mg/L | 0,005 | | 0,005 | |
| Fenoles | mg/L | 0,002 | | 0,002 | |
| Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) | mg/L | 0,01 | | 0,01 | |
| BIOCIDAS | | | | | |
| 2,4 D ácido | mg/L | 0,0001 | | 0,0001 | |
| Diurón | mg/L | 0,0001 | | 0,0001 | |
| Glifosato | mg/L | 0,0001 | | 0,0001 | |
| Mancozeb | mg/L | 0,0001 | | 0,0001 | |
| Propineb | mg/L | 0,0001 | | 0,0001 | |
| IONES | | | | | |
| Cianuro Libre | mg CN ⁻ /L | 0,05 | | | |
| Cloruros | mg Cl ⁻ /L | 300,0 | | 300,0 | 300,0 |
| Fluoruros | mg F ⁻ /L | 1,0 | | | |
| Sulfatos | mg SO ₄ ²⁻ /L | 500,0 | | 500,0 | 500,0 |

Tabla 11. Continuación

| METALES | | | | | |
|---|----------------------|-------|--|-------|--|
| Aluminio | mg Al /L | 5,0 | | 5,0 | |
| Berilio | mg Be /L | 0,1 | | 0,1 | |
| Cadmio | mg Cd /L | 0,01 | | 0,01 | |
| Cinc | mg Zn /L | 3,0 | | 3,0 | |
| Cobalto | mg Co /L | 0,05 | | 0,05 | |
| Cobre | mg Cu /L | 1,0 | | 1,0 | |
| Cromo | mg Cr /L | 0,1 | | 0,1 | |
| Hierro | mg Fe /L | 5,0 | | 5,0 | |
| Litio | mg Li /L | 2,5 | | 2,5 | |
| Manganeso | mg Mn /L | 0,2 | | 0,2 | |
| Mercurio | mg Hg /L | 0,001 | | 0,001 | |
| Molibdeno | mg Mo /L | 0,07 | | 0,07 | |
| Níquel | mg Ni /L | 0,2 | | 0,2 | |
| Vanadio | mg V /L | 0,1 | | 0,1 | |
| METALOIDES | | | | | |
| Arsénico | mg As /L | 0,1 | | 0,1 | |
| NO METALES | | | | | |
| Selenio | mg Se /L | 0,01 | | 0,02 | |
| OTROS | | | | | |
| Demanda Biológica de Oxígeno 5 días (DBO ₅) | mg O ₂ /L | | | 30,0 | |

Nota: Esta tabla muestra los criterios para evaluar los valores máximos permisibles en vertimientos de aguas para la limpieza mecánica de vías. Tomado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Resolución 1207: Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas,.” Jul. 2014. [Online]. Available: <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-1207-de-2014.pdf>.

Para el manejo de los vertimientos en el distrito capital, se utiliza la resolución 3957 del 2009

<<Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital.

CAPÍTULO V: VERTIMIENTOS PERMITIDOS

Artículo 14°. Vertimientos permitidos. Se permitirá el vertimiento al alcantarillado destinado al transporte de aguas residuales o de aguas combinadas que cumpla las siguientes condiciones:

- a) Aguas residuales domésticas.
- b) Aguas residuales no domésticas que hayan registrado sus vertimientos y que la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA haya determinado que no requieren permiso de vertimientos.
- c) Aguas residuales de Usuarios sujetos al trámite del permiso de vertimientos, con permiso de vertimientos vigente.

Los vertimientos descritos anteriormente deberán presentar características físicas y químicas iguales o inferiores a los valores de referencia establecidos en las Tablas 5 (A) y 6 (B), excepto en el caso del pH en cuyo caso los valores deberán encontrarse dentro del rango definido. >>[37]

Tabla 12.

Parámetros con sus valores límites (A)

| Parámetro | Unidades | Valor | Parámetro | Unidades | Valor |
|----------------------|-----------------|--------------|-----------------------|-----------------|--------------|
| Aluminio Total | mg/L | 10 | Hidrocarburos Totales | mg/L | 20 |
| Arsénico Total | mg/L | 0,1 | Hierro Total | mg/L | 10 |
| Bario Total | mg/L | 5 | Litio Total | mg/L | 10 |
| Boro Total | mg/L | 5 | Manganeso Total | mg/L | 1 |
| Cadmio Total | mg/L | 0,02 | Mercurio Total | mg/L | 0,02 |
| Cianuro | mg/L | 1 | Molibdeno Total | mg/L | 10 |
| Cinc Total | mg/L | 2 | Niquel Total | mg/L | 0,5 |
| Cobre Total | mg/L | 0,25 | Plata Total | mg/L | 0,5 |
| Compuestos Fenólicos | mg/L | 0,2 | Plomo Total | mg/L | 0,1 |
| Cromo Hexavalente | mg/L | 0,5 | Selenio Total | mg/L | 0,1 |
| Cromo Total | mg/L | 1 | Sulfuros Totales | mg/L | 5 |

Nota: Esta tabla muestra los criterios para evaluar los valores máximos permisibles en vertimientos de aguas. Tomado de Secretaría Distrital de Ambiente, “Resolución 3957 de 2009 | Secretaria del Hábitat,” Jun. 2009. <https://www.habitatbogota.gov.co/resolucion-3957> (accessed Mar. 24, 2021)

Tabla 13.*Parámetros con sus valores límites (B)*

| Parámetro | Unidades | Valor |
|-----------------------------|------------------|------------------------------|
| Color | Unidades Pt – Co | 50 Unidades en dilución 1/20 |
| DBO5 | mg/L | 800 |
| DQO | mg/L | 1500 |
| Grasas y Aceites | mg/L | 100 |
| pH | Unidades | 5,0 – 9,0 |
| Sólidos Sedimentables | mg/L | 2 |
| Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 600 |
| Temperatura | °C | 30 |
| Tensoactivos (SAAM) | mg/L | 10 |

Nota: Esta tabla muestra los criterios para evaluar los valores máximos permisibles en vertimientos de aguas. Tomado de Secretaría Distrital de Ambiente, “Resolución 3957 de 2009| Secretaria del Hábitat,” Jun. 2009. <https://www.habitatbogota.gov.co/resolucion-3957> (accessed Mar. 24, 2021).

1.5. Generalidades de Centro Mayor Centro Comercial

Centro Mayor Centro Comercial está dedicado a la comercialización de productos y servicios para el público en general, tiene más de 235.892,83 metros cuadrados, contando con 432 locales comerciales que aseguran la mejor mezcla comercial del país, con un aforo de 400 personas en el primer piso y 1.000 personas en los tres pisos. El centro comercial se encuentra ubicado en la Cll 38 a Sur # 34d-51 en el barrio villa mayor perteneciente a la localidad de Antonio Nariño, en la ciudad de Bogotá.[38]

Figura 1.

Vista satelital Centro Mayor Centro Comercial



Nota. En la imagen anterior se muestra la ubicación del centro comercial ubicado en Villa Mayor, con las principales avenidas con las que limita. Tomado de “Centro Mayor Centro Comercial - Google Maps.” <https://cutt.ly/ozxKmp7>

La gran mezcla comercial de **Centro Mayor** está compuesta por grandes marcas de almacenes de cadena, entretenimiento, farmacias, tecnología, etc. En materia de servicios gastronómicos Centro Mayor cuenta con dos plazoletas de comidas, una zona de restaurantes de mantel, adicional a esto cuenta con heladerías y zonas de café. Estas plazoletas de comidas ofrecen gran variedad de platos típicos e internacionales.

Este centro comercial cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), encargadas de tratar los vertimientos producidos por aproximadamente 46 establecimientos gastronómicos, poseen un caudal de 60 L/min cada una, las plantas fueron nombradas teniendo en cuenta su ubicación en el estacionamiento, ya que se encuentran en zonas enumeradas y separadas por colores: Verde 1 que opera 4 horas diarias tratando 14 m³/día y Morado 8 opera 11 horas diarias tratando 39,6m³/día.

Esta investigación estará enfocada a la planta Morado 8, ya que es la que cuenta con el mayor vertimiento de agua residual y está en operación constante.

2. GENERALIDADES DEL PROCESO

A continuación, se presentará el desarrollo de las generalidades del proceso que se llevan a cabo en la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial, para lo cual se expondrán los insumos y los equipos que permiten realizar el proceso. Con esto se busca entender mejor el funcionamiento específico de esta planta encargada de los vertimientos generados por los establecimientos gastronómicos y así poder plantear una propuesta de mejora con el fin de cumplir con los valores límites más restrictivos de las resoluciones mencionadas anteriormente.

2.1. Planteamiento del problema

Según lo mencionado por el ingeniero González¹ encargados de la operación en la PTAR del centro comercial, estos vertimientos líquidos en su mayoría corresponden a procesos de mise en place realizados en los establecimientos de comidas; razón por la cual estos son sometidos a un proceso con un tren de tratamiento que consta de una trampa de grasas, homogeneización, DAF y filtración para reducir los contenidos de aceites, grasas, arenas, sólidos, contenido biológico entre otros residuos. Su disposición final será el alcantarillado público, desaprovechando así su posibilidad de reúso en el centro comercial. Por esta razón, Centro Mayor Centro Comercial en pro de la sostenibilidad ambiental, examina la posibilidad de emplear el agua tratada en la PTAR para el riego de los jardines y la limpieza de las instalaciones. Por lo anterior se hace necesario realizar un diagnóstico de la planta de tratamiento para identificar las variables que ocasionan la problemática que está afectando el correcto funcionamiento.

2.2. Descripción del proceso de la PTAR

Para hacer un acercamiento al tratamiento de aguas residuales que se está llevando a cabo en las instalaciones del centro comercial es necesario tener en cuenta los agentes y equipos que componen el tren de tratamiento y de esta forma comprender su funcionamiento.

2.2.2. Agentes químicos utilizados en el proceso de tratamiento.

A continuación se presentarán los insumos químicos utilizados en las etapas que llevan a cabo un proceso químico (Tanque homogeneizador y DAF).

2.2.2.a. Floculante y coagulante (Polímero y clarificador): Productos naturales SOLMED WATER 1 (floculante) y SOLMED WATER 2 (coagulante). Según el diagrama NFPA, proporcionado por la empresa SOLMED, se observa que para ambos reactivos, en cuanto al nivel de riesgo ambos

¹(H. González [Comunicación personal] 22 de Agosto de 2020)

son categoría 1 (poco peligrosos); inflamabilidad 0 (no se inflama); reactividad 0 (estable). Para encontrar más información (ver **Anexo 2**), donde se encuentran las fichas de seguridad.

2.2.2.b. Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2): “Se ha utilizado durante varios años para el tratamiento de efluentes industriales y de aguas potables. Es un oxidante versátil, superior al cloro, dióxido de cloro y permanganato de potasio. Tiene la capacidad de producir radicales hidroxilo vía catálisis, bien sea en presencia o ausencia de radiación”[39]. Se utiliza para eliminar la carga orgánica, al reaccionar se descompone en agua y oxígeno, sin producir ningún efecto nocivo en el medioambiente [40]. Estees utilizado en el tanque homogeneizador y hace parte del tratamiento secundario. Por lo anterior es que se considera un insumo esencial en el tratamiento de aguas.

2.2.2.c. Hidróxido de Sodio (NaOH): También conocido como soda cáustica, es utilizado para controlar la acidez del agua y estabilizar el pH. Este insumo es importante, ya que su función principal es aumentar el pH para obtener un agua alcalina y esto facilitar la eliminación de la carga orgánica. Es utilizado al final del proceso que se realiza en el tanque homogeneizador.

2.2.3. Equipos del tren de tratamiento.

El proceso inicia con el tratamiento primario en donde encontramos una trampa de grasas la cual se encarga de retener los sólidos suspendidos de mayor tamaño y peso, así como los sólidos sedimentables.

Esta trampa consta de tres compartimentos: el agua ingresa por la parte superior al primero, este posee una rejilla donde se retienen los sólidos más pesados mientras que las arenas quedan en la parte inferior; en el segundo las grasas y aceites quedan en la superficie debido a su baja densidad, mientras que el agua pasa por la parte inferior; por último en el tercero los sólidos de sedimentación quedan sumergidos, el agua pasa al homogeneizador cuando se activa el sensor de nivel por flotación.

Consta de un tanque homogeneizador que tiene difusores de aire los cuales mantienen agitada y aireada el agua, con el fin de homogeneizar las cargas y oxigenar el agua para no degradarla. Al iniciar el tratamiento se le agrega peróxido de hidrógeno con el fin de eliminar la carga orgánica y soda cáustica para estabilizar pH.

El DAF (proceso de flotación de aire disuelto), en donde el primer tramo sirve para desestabilizar y aglomerar las partículas, esto ocasionado por un tubo con aletas que permite mejorar la

interacción entre las partículas del floculante, el coagulante y el agua; luego de la aglomeración, en la sección en donde se introduce la mezcla aire-agua, mediante una descarga lateral inferior, se libera agua saturada con aire, que se despresuriza para producir microburbujas, que con su poder de ascensión arrastran los flóculos hasta la superficie en donde se acumulan y son arrastrados por los barre lodos (Remueve de la superficie la carga contaminante, lodos y biosólidos), los lodos retirados se depositan en una tolva que se encuentra entre los módulos de flotación y oxidación.

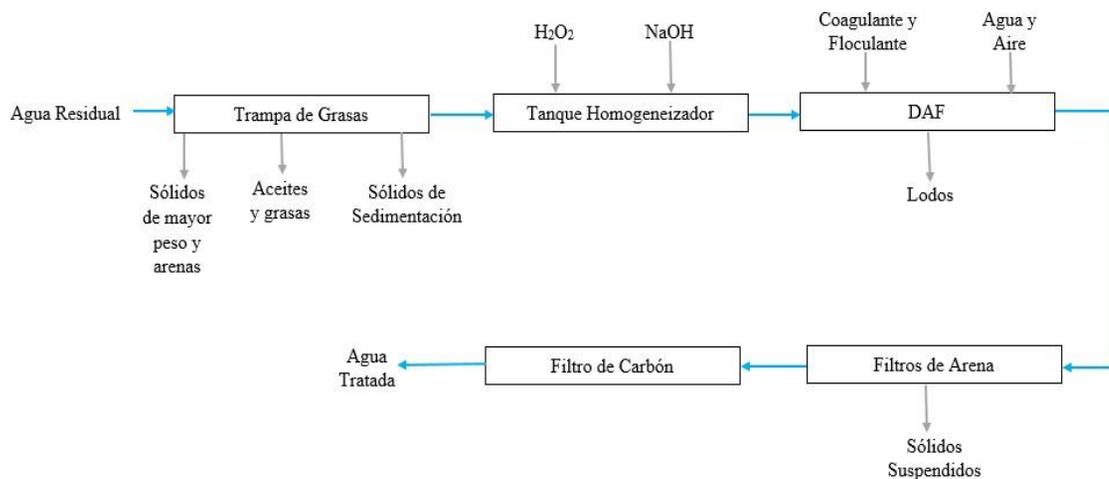
Por lo tanto, si el agua saturada con aire se somete a una caída de presión, cierta proporción de estese libera en forma de burbujas finas. Posteriormente pasa por un proceso de sedimentación de flujo cruzado, impidiendo el ascenso de partículas a la sección de agua clarificada que funciona con un sensor de nivel.

Para continuar con el tratamiento se hace una filtración, primero con dos filtros de arena que funcionan a presión y se encargan de retener los sólidos suspendidos que no se ven y por último un filtro de carbón activado que elimina sabor, olor y color.

En la figura que se muestra a continuación, se puede observar una breve conceptualización del proceso descrito anteriormente.

Figura 2.

Diagrama de Secuenciamiento de la PTAR.



Nota. En esta figura se muestran todos los equipos involucrados en el proceso de tratamiento de aguas residuales.

2.3 Definición del tren de tratamiento

Por medio de este numeral se busca dar a conocer el tren de tratamiento de la planta de aguas residuales, para lo cual se define etapa a etapa su funcionamiento básico y el objetivo principal de cada equipo.

2.3.1. Trampa de grasas

Esta etapa pertenece al tratamiento primario de aguas residuales. Su funcionamiento se basa en una separación por diferencia de densidades, haciendo que el agua contaminada con los compuestos orgánicos que entran a la trampa y los sólidos se separen, permitiendo que al alcantarillado o corriente superficial, se descargue agua en los límites permisibles por las normas ambientales. [9]

Figura 3.

Trampa de grasas y Tanque Homogeneizador de la PTAR de Centro Mayor CentroComercial



Nota. En esta figura se puede apreciar en la parte izquierda la trampa de grasas, mientras que en la derecha el tanque homogeneizador de esta planta de tratamiento.

2.3.2. Tanque de homogeneización

Esta unidad se emplea para tratar los problemas que se ocasionan en los equipos por las variaciones de caudal y concentraciones de los contaminantes, de esta forma se tiene una mayor efectividad de los procesos ubicados posteriormente.[41]

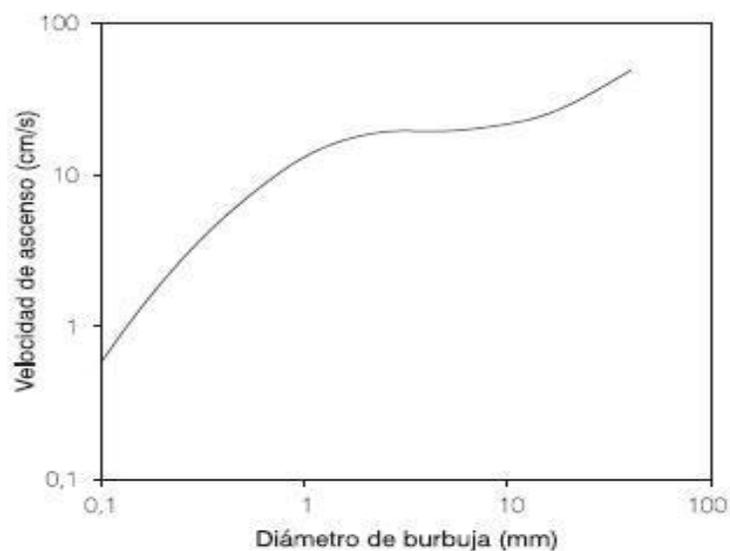
2.3.3. DAF

En este sistema el aire se introduce en el agua residual donde se produce una dispersión de finas burbujas que oscilan entre 10 y 100 mm, bajo una reducción de presión de varias atmósferas (entre 3 - 5 atm).[42] Los equipos principales son la bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el tanque de retención o saturador y la unidad de flotación, donde tiene lugar la caída de presión, por lo que el aire disuelto se libera, formando multitud de microburbujas de aire.[43]

La Ley de Stokes muestra la fuerza de fricción que experimentan las esferas al moverse en un fluido viscoso con régimen laminar ($Reynolds < 2300$), la flotación con gas modifica dos variables: la densidad y el diámetro de partícula; ya que al chocarse y adherirse finas burbujas a las partículas, decrece la densidad del aglomerado y aumenta el diámetro. Como se muestra en la **Figura 4. Velocidad de ascenso de las burbujas de aire en un medio acuoso teniendo en cuenta el Diámetro** al tener un menor diámetro de burbuja la velocidad de ascenso será mayor.[42]

Figura 4.

Velocidad de ascenso de las burbujas de aire en un medio acuoso teniendo en cuenta el Diámetro



Nota. En esta figura se muestra la relación entre la velocidad de ascenso de las burbujas de aire en un medio acuoso. Tomado de J. E. Forero, J. Díaz, and V. R. Blandón, “Diseño de un nuevo sistema de flotación para tratamiento de aguas industriales,” Instituto Colombiano del Petróleo, 1999. Accessed: Mar. 17, 2021. [Online]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5563672&info=resumen&idioma=ENG>

Los procesos de aguas residuales se basan en un proceso de transferencia de masa, donde una de las variables más importantes para lograr una mayor eficiencia es aumentar el área de las burbujas presentes en un volumen determinado. Para el proceso de flotación, la uniformidad y continuidad son variables ligadas al diámetro de burbujas mejorando el procedimiento en presencia de microburbujas, ya que al aumentar la densidad y el tiempo de residencia mejora la colisión y adhesión del sistema partícula/burbuja.[42]

A continuación, se expondrán algunos rangos de remoción para el DAF relacionados a los parámetros SST y DQO, para esto se decidió hacer una tabla teniendo en cuenta diversas fuentes [12], [44], [45] y [46].

Tabla 14.

Parámetros con sus rangos de remoción

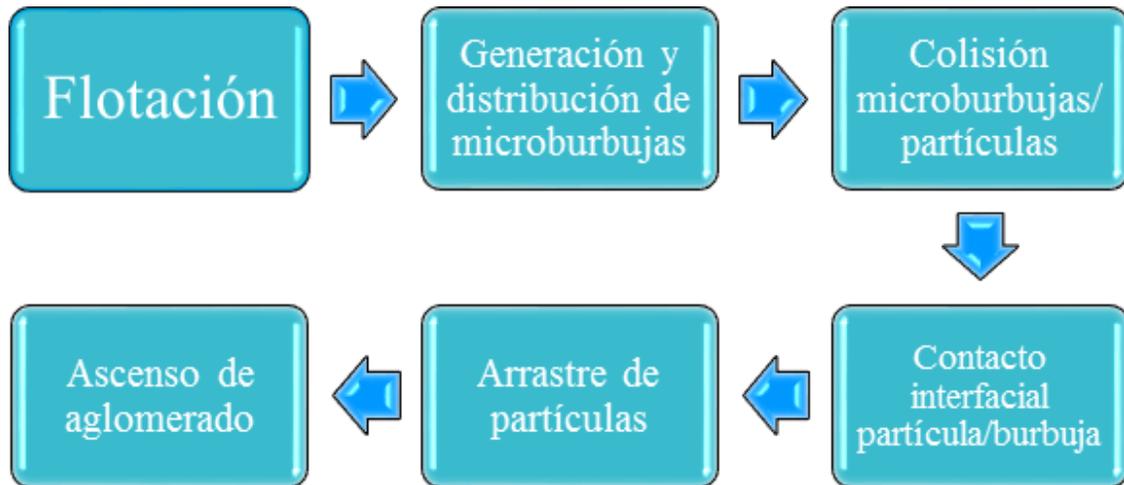
| Parámetro | % |
|-----------------------------------|----------|
| SST (Sólidos Suspendidos Totales) | 60-80 |
| | 80-90 |
| | 97 |
| DQO (Demanda Química de Oxígeno) | 30-60 |
| | 60-70 |
| | 85 |

Nota. En esta tabla se muestran algunos rangos de remoción para diferentes parámetros, basados en distintas fuentes bibliográficas.

Este tratamiento permite una reducción de sólidos totales suspendidos (TSS) en un rango de 70- 85 %, así como la eliminación de la demanda química de oxígeno (DQO) que estará entre un 50- 75%. Estos valores se consideran teniendo en cuenta la información recopilada de diferentes autores como se muestra en la **Tabla 14.** *Parámetros con sus rangos de remoción.*

Figura 5.

Etapas de la flotación.



Nota. En esta figura se muestran las diferentes etapas del proceso de flotación en un sistema DAF.

Figura 6.

DAF de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial



Nota. En esta imagen se visualiza el equipo, en la parte izquierda se encuentran los dos primeros compartimentos y el barro, mientras que en la parte derecha sale el agua clarificada para continuar con su proceso de tratamiento.

2.3.4. Filtración con arena

Este equipo consiste en un tanque metálico, con lecho filtrante de arena y grava, usualmente utilizado para remover materia orgánica y arcillas. La velocidad de filtración debe estar comprendida entre 40 y 60 m³/h por m² de lecho filtrante y disminuirá cuando el lecho este colmatado. Las pérdidas de presión cuando el lecho filtrante está limpio, son del orden de 1 a 3 mca, de lo contrario cuando estas pérdidas alcancen 4 o 5 mca, es necesario llevar a cabo una limpieza. [47]

Figura 7.

Filtros de Arena, Carbón y Sedimentador secundario de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial



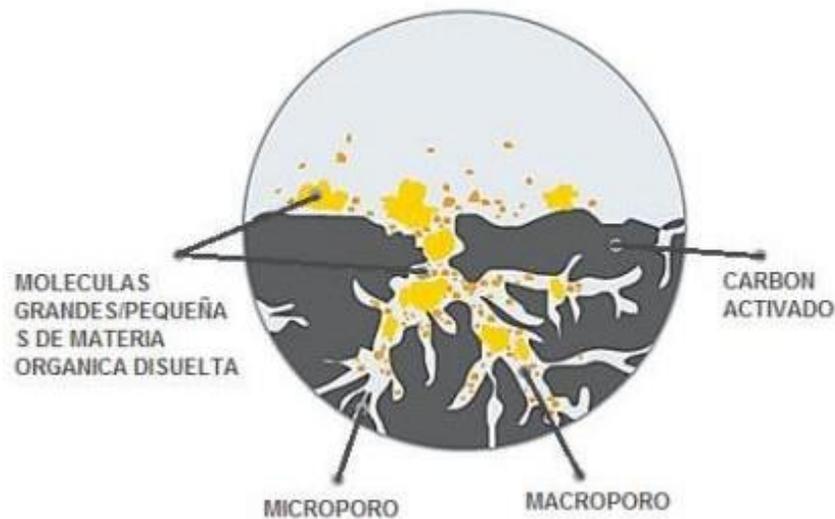
Nota. En esta imagen se observa en la parte frontal los dos filtros de arena, luego el filtro de carbón y al fondo el sedimentador secundario.

2.3.5. Filtración con carbón

El carbón activado al ser un material de naturaleza porosa, es sometido a un proceso físico o químico para incrementar su porosidad interna; lo cual facilita la distribución de las partículas como se muestra a continuación.[48]

Figura 8.

Estructura del Carbón Activado Granular (CAG)



Nota. En esta imagen se muestra como el carbón a través de sus poros permite el paso de partículas. Tomado de P. Por, J. Edward, and A. Correa, “Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del río Cauca,” 2009. Disponible en <https://cutt.ly/zz4iZe7>

El mecanismo de carbón activado granular se ubica con mayor frecuencia en una PTAR posteriormente a las tecnologías de filtración convencionales, o luego de un proceso que involucra floculación y sedimentación, el objetivo de implementar la filtración con carbón activado es eliminar sustancias orgánicas e inorgánicas específicas del vertimiento, incluyendo cloruro, metales pesados, taninos, subproductos de desinfección, toxinas creadas por algas y trihalometanos.[49]

El carbón activado tiene una gran superficie específica, lo cual hace que este medio sea apto para llevar a cabo el proceso de adsorción y con esto un tratamiento del agua exitoso. Entre las ventajas

de utilizarlo es su fácil obtención, ya que puede resultar como subproducto en la elaboración de algunos aceites.

Para el tratamiento de agua potable, el carbón activado es usado principalmente de dos formas: CAG en lecho fijo y CAG post filtro. Para comprender mejor los beneficios de cada sistema, en la **Tabla 15. Comparativo de las formas de usar el CAG** se muestran sus características.

Tabla 15.

Comparativo de las formas de usar el CAG.

| Filtro Adsorbente | Post Filtro Adsorbente |
|---|---|
| Fácilmente se adapta a filtros existentes | Posee una mejor adaptabilidad al medio |
| Necesita ser lavado frecuentemente | Más área para su instalación |
| Menor costo de inversión | Menor frecuencia en el lavado |
| Mayores costos operacionales porque hay menor absorbancia | Mayor costo de inversión inicial |
| Menor espacio de instalación | Mayor capacidad de adsorción del carbón |
| Mayor pérdida de CAG por la frecuencia del lavado | Previene la penetración microbiana, ya que forman una barrera adicional |
| Facilidad en el reemplazo | |

Nota. En la tabla se muestran las principales ventajas y desventajas de los procesos de CAG. Tomado de P. Por, J. Edward, and A. Correa, “Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del río Cauca,” 2009. Disponible en <https://cutt.ly/zz4iZe7>

Con esta información, se relacionará el funcionamiento general del tren de tratamiento de Centro Mayor Centro Comercial, para diagnosticar según la literatura, que variables están mostrando un comportamiento irregular.

3. DIAGNÓSTICO DE LA PTAR

En este capítulo se presentará información relacionada al estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales (Morado 8) de Centro Mayor Centro Comercial, para poder llegar a identificar cuáles son las variables o etapas críticas del proceso que afecta actualmente el funcionamiento de la PTAR con el fin de analizar en un capítulo posterior la posibilidad de mejora.

3.1. Caracterización del agua vertida

Para contener la información del vertimiento actual del agua residual fue necesario determinar a través de soportes apoyados en diferentes muestreos, las características del vertimiento por medio de la identificación de los parámetros físico-químicos que presentaban mayor desviación con respecto a lo estipulado por las resoluciones del ministerio de ambiente.

3.1.1. Estado actual de la PTAR

Para la primera parte del proyecto, se revisaron los informes proporcionados por Centro Mayor Centro Comercial con el fin de hacer un análisis de los parámetros físico-químicos estudiados a lo largo del tiempo; con la información proporcionada por estos documentos, teniendo en cuenta “el instructivo para la toma de muestras de aguas residuales del instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la República de Colombia” [14], se decide realizar un muestreo compuesto el cual se llevó a cabo durante 8 horas consecutivas de 11am a 7pm, esto con el fin de analizar cómo es una jornada laboral normal en el centro comercial, se escoge este horario teniendo en cuenta que: los vertimientos recibidos son de los establecimientos gastronómicos y el proceso de preparación inicia sobre esta hora del día; así mismo la PTAR cuenta con el caudal necesario para iniciar su funcionamiento.

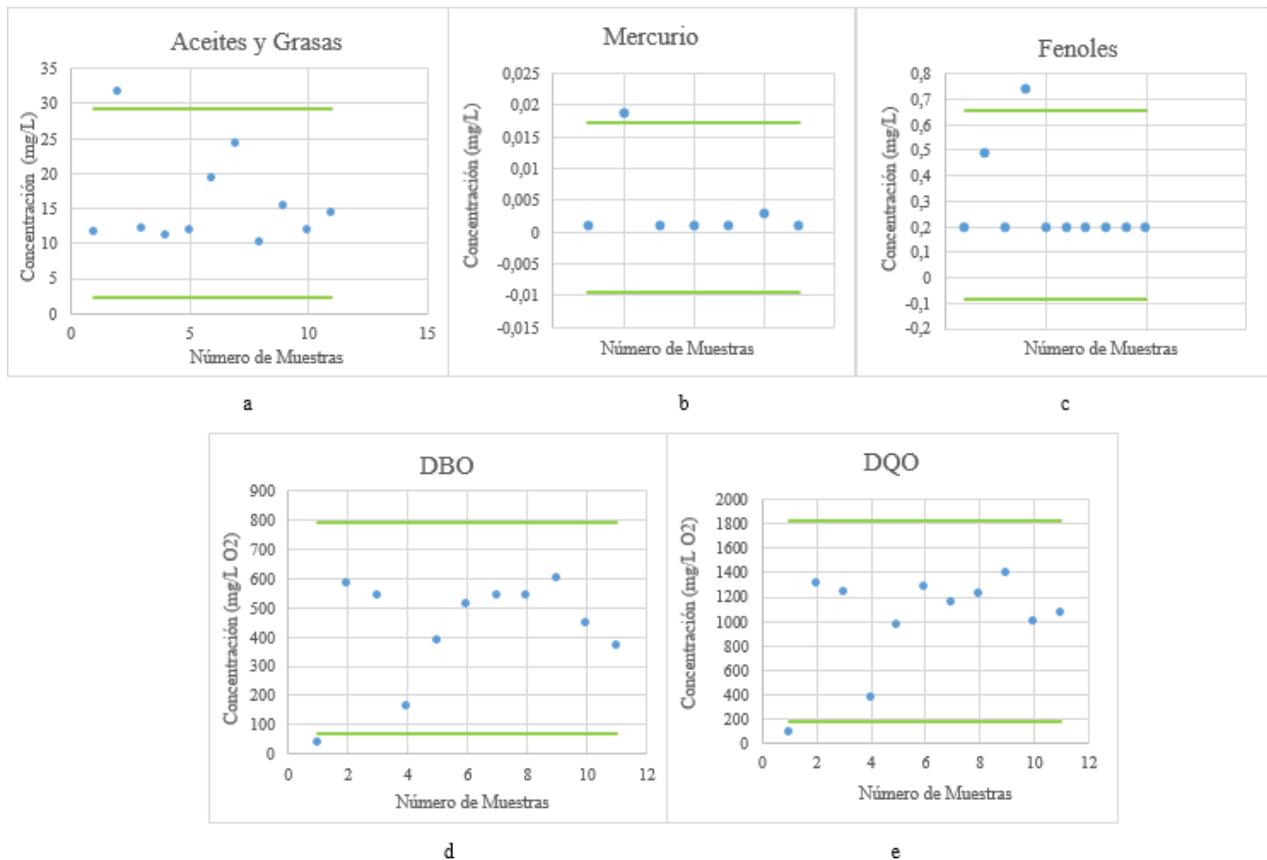
Se hace una toma de muestra cada media hora al final del tren de tratamiento. De forma inmediata se mide el pH, la temperatura y los sólidos sedimentables, para estos últimos se vertía la muestra en un cono imhoff y se dejaba precipitar. Posteriormente para medir los parámetros físico-químicos faltantes, el laboratorio Instituto de Higiene Ambiental S.A.S. se llevaba las muestras y alrededor de un mes después entregaban el informe completo.

Con base en los informes recolectados se hizo un comparativo con los muestreos del año 2018 (de los meses de octubre - noviembre - diciembre), 2019 (marzo – abril – junio – septiembre - diciembre), hasta el 2020 (noviembre - diciembre). Teniendo en cuenta estos valores se calculó un promedio, en el cual se utilizó la desviación estándar con el fin de eliminar los valores que se encontraban más dispersos, este método usa como límite máximo dos veces la desviación estándar más la media y como

límite mínimo la media menos dos veces la desviación estándar, esto se puede observar en la **Figura 9. Corrección de promedio para los parámetros fuera de norma.** Este promedio se utiliza para detectar cuáles eran los parámetros fisicoquímicos que no estaban cumpliendo con el valor más restrictivo de las resoluciones (3957-0631-1207).

Figura 9.

Corrección de promedio para los parámetros fuera de norma



Nota. En esta figura se observan las diferentes gráficas realizadas para la eliminación de los datos que se encontraban más desviados y así llevar a cabo la corrección adecuada para el promedio de los parámetros a) Aceites y grasas, b) Mercurio, c) Fenoles, d) DBO, e) DQO.

Por lo anterior se determinó que los parámetros que no están cumpliendo son: aceites y grasas, cadmio, cobalto, cromo total, DQO, DBO, fenoles, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, sulfuros y vanadio. Con esto se facilitó la elección de las variables específicas a medir en cada etapa del tren de tratamiento.

Tabla 16.*Comparativo del valor normativo más restrictivo vs. Promedio*

| Parámetro | Límite Máximo Permisible | Promedio | Unidades |
|------------------|---------------------------------|-----------------|---------------------|
| Aceites Y Grasas | 10 | 14 | mg/L |
| Cadmio | 0,01 | 0,04 | mg/L |
| Cobalto | 0,05 | 0,1 | mg/L |
| Cromo Total | 0,1 | 0,175 | mg/L |
| DQO | 200 | 1097 | mg/L O ₂ |
| DBO | 75 | 468 | mg/L O ₂ |
| Fenoles | 0,002 | 0,232 | mg/L |
| Hierro | 1 | 6 | mg/L |
| Manganeso | 0,2 | 0,2403 | mg/L |
| Mercurio | 0,001 | 0,0013 | mg/L |
| Molibdeno | 0,07 | 1 | mg/L |
| Sulfuros | 1 | 3 | mg/L |
| Vanadio | 0,1 | 1 | mg/L |
| Hidrocarburos | 1 | 8 | mg/L |

Nota: En esta tabla se muestran las variables que no están cumpliendo con los valores más restrictivos de las resoluciones (3957-0631-1207)

Para obtener mayor información de las variables evaluadas en el muestreo histórico (ver **Anexo 3**)

3.2. Identificación de las variables críticas

A continuación se describirán las variables que según el histórico de los reportes se encuentran fuera de norma, se establecen algunas hipótesis de las razones por las que se están viendo afectados estos parámetros así como los equipos y/o etapas en las que se tiene una mayor remoción de estos.

3.2.1. Relación DBO/DQO

La relación entre la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno muestra el grado de biodegradabilidad de la mezcla, esta propiedad permite que las aguas residuales puedan ser

depuradas por medio de microorganismos, estos utilizan el vertimiento como alimento y fuente de energía para su metabolismo y reproducción [50]. Esta aproximación cuantitativa permite obtener información sobre la viabilidad de tratar el efluente a partir de un proceso biológico.

Un cociente DBO/DQO inferior a 0,2 es característico de un vertimiento de tipo inorgánico (probablemente, aguas residuales industriales), donde los tratamientos más recomendados son los fisicoquímicos; mientras que a un valor mayor a 0,6 el vertimiento es orgánico (probablemente, aguas residuales urbanas, restos de ganado o industria alimenticia).

A continuación, se muestra una tabla con los valores de la relación DBO_s/DQO en un agua residual con su biodegradabilidad, para esto se utilizaron diversas fuentes como [33], [51], [52], [53] y [54]

Tabla 17.

Rangos para la Relación DBO_s/DQO y su carácter Biodegradable para la implementación de un Tratamiento Biológico

| DBO/DQO | Carácter |
|--|--|
| $\geq 0,4$ 0,2 - 0,4 $\leq 0,2$ | Muy Biodegradable Biodegradable Poco Biodegradable |
| $>0,8$ 0,7-0,8 0,3-0,7 $<0,3$ | Muy Biodegradable Biodegradable Poco Biodegradable No Biodegradable |
| $> 0,4$ 0,2 - 0,4 $< 0,2$ | Muy Biodegradable Biodegradable Poco Biodegradable |

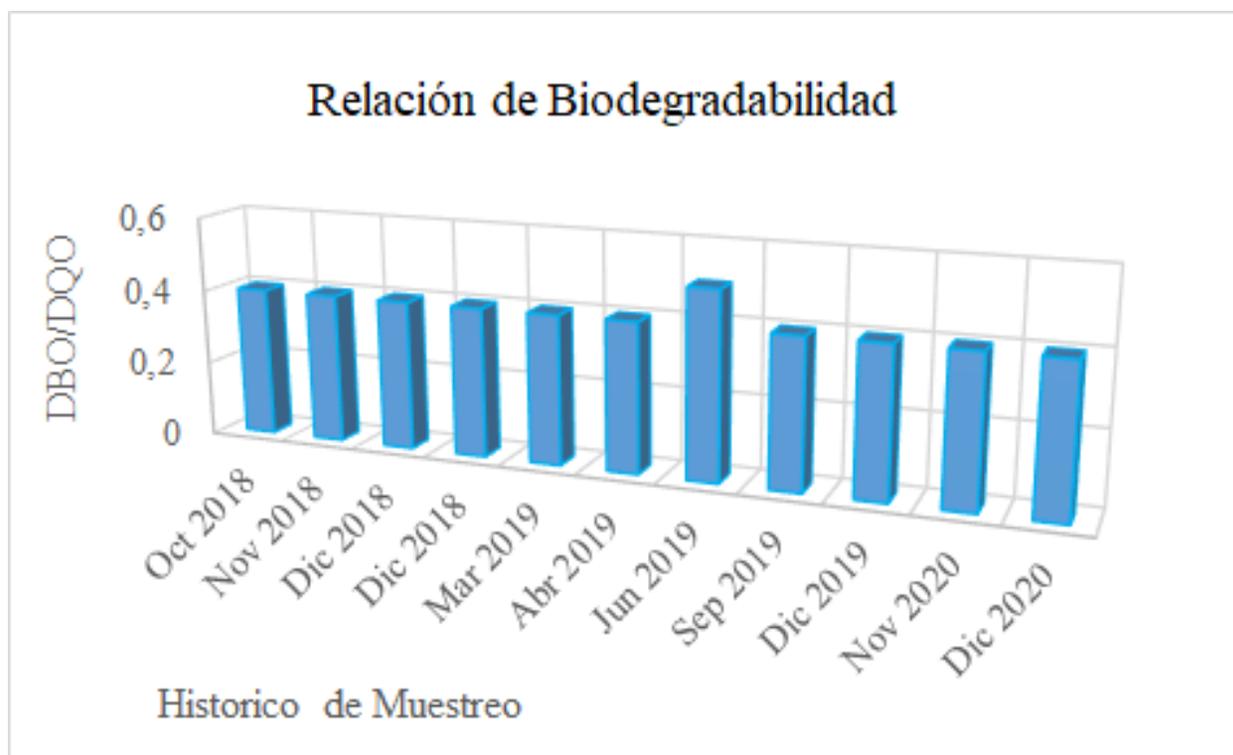
Tabla 17. Continuación

| | |
|------------|---------------------|
| >0,8 | Muy Biodegradable |
| 0,7-0,8 | Biodegradable |
| 0,3-0,7 | Poco Biodegradable |
| <0,3 | No Biodegradable |
| $\geq 0,4$ | Alta Biodegradable |
| 0,2 - 0,4 | Media Biodegradable |
| $\leq 0,2$ | Baja Biodegradable |

Nota. En esta tabla se muestran los rangos de biodegradabilidad del agua residual, teniendo en cuenta el valor obtenido en la relación DBO/DQO.

Figura 10.

Relación DBO/DQO para determinar la biodegradabilidad del vertimiento de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial



Nota. En esta gráfica se evidencia el comportamiento de la relación de DBO/DQO a través del tiempo.

Según lo mostrado en la **Figura 10. Relación DBO/DQO para determinar la biodegradabilidad del vertimiento de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial**, se puede analizar que la relación cuantitativa de biodegradabilidad del vertimiento generado por los establecimientos gastronómicos de Centro Mayor Centro Comercial, ha tenido un comportamiento constante a través del tiempo, lo que implica que el proceso de tratamiento a sido efectivo para conseguir un vertimiento con mayor grado de biodegradabilidad y así mismo viable para ser sometido a un proceso biológico y obtener unas mejores características fisicoquímicas.

3.2.2. Determinación de fenoles

Los Fenoles son compuestos orgánicos, formados por uno o más grupos funcionales hidroxilo (- OH) conectados a un anillo aromático (anillo de benceno). Según los datos evaluados en la matriz, se identifica que el valor más restrictivo está dado por la norma 1207 del 2014 de reuso para aguas industriales y con fines agrícolas para jardines no domiciliarios (ver los valores en la **Tabla 10. Parámetros con sus valores límites para agua de uso agrícola**); estos compuestos deben ser retirados del agua residual con el fin de evitar la formación de cianuros al mezclar el vertimiento industrial con un ácido nitroso [55]; por otro lado si se necesita obtener agua de reuso, el vertimiento debe ser sometido a tratamientos de desinfección como la cloración, pero si estos compuestos no han sido retirados, pueden causar problemas organolépticos [56]. Esto sucede en la etapa de filtración, en esta planta la mayor remoción se haría en el equipo del filtro de carbón, ya que los tratamientos mecánicos o por coagulación no tienen efecto sobre los fenoles; la filtración con carbón activado es lo más opcional aunque su eficiencia puede variar según su naturaleza, dosis, tipo de carbón y la concentración del medio. Los distintos tipos de carbón en grano tiene la facilidad de adsorber fácilmente los fenoles, aun después de agotados por materias orgánicas. [57]

Con la información expuesta anteriormente se decide llevar a cabo un análisis preliminar:

Los fenoles al ser compuestos orgánicos deberían ser retirados a partir de un tratamiento secundario, para reducir sus concentraciones, el método más usado es por medio de un tratamiento biológico, ya que los microorganismos utilizan estos compuestos como fuentes de carbono y energía generando productos finales inocuos [58]. La degradación de estos compuestos se puede realizar con organismos procariotas y eucariotas así como en condiciones aerobias (presencia O₂) y anaerobias (ausencia O₂) [59]; sin embargo la efectividad no es total para degradar este compuesto orgánico si se tienen valores elevados de DQO. [60]

En la PTAR del centro comercial centro mayor no se cuenta con este, ya que el tren de tratamiento que tienen hasta el momento es un proceso físico - químico donde han aumentado la carga orgánica, pero aún no se logra la remoción necesaria para cumplir con la norma de reuso. Por otro lado es viable la implementación de un tratamiento biológico, ya que la relación entre DBO/DQO que evalúa la biodegradabilidad del agua muestra que es apta para llevar a cabo este proceso.

3.2.3. Determinación del DQO

“La Demanda Química de Oxígeno (DQO) determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo”[61]. Se encuentra el valor más restrictivo en la resolución 0631 del 2015, art.14 para vertimientos que van al alcantarillado público; la importancia que el parámetro no tenga un valor alto radica en la relación que el DQO tiene con la carga contaminante en el agua, ya que son directamente proporcionales.

Con la información expuesta anteriormente se decide llevar a cabo un análisis preliminar:

Teniendo en cuenta que el DQO debe retirarse en su mayoría en el DAF, ya que este tratamiento permite una reducción de la demanda química de oxígeno (DQO) de un 50-75% según el apartado **2.3.3 DAF**, en la **Tabla 14. Parámetros con sus rangos de remoción**. Se considera la posibilidad de que los insumos químicos de este equipo sean los que no estén cumpliendo de forma correcta su función. Por lo tanto se evaluaría un cambio en el coagulante y floculante, basándonos en las ventajas y desventajas que estos presentan dependiendo el tipo de agua residual a tratar, considerando la **Tabla 3. Floculantes y Coagulantes** del capítulo uno.

3.2.4. Determinación del DBO

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) mide la cantidad de oxígeno requerido para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en una muestra de agua que es oxidada de forma aerobia [62]. Teniendo en cuenta la matriz comparativa hecha con la normativa relacionada a los vertimientos de aguas residuales, se encuentra que el valor más restrictivo para este parámetro está dado por la resolución 0631 del 2015, art. 15 y 16; es elemental tener controlada esta variable, ya que si su valor es muy alto implica que no hay oxígeno suficiente para degradar la materia orgánica presente, lo que se resume en que el agua va a seguir con alto contenido de contaminantes. Para analizar este parámetro a nivel laboratorio, se realiza a una temperatura de 20°C en un tiempo de 5 días, siendo expresado en mg/L O₂ y es conocido como DBO₅. Este procedimiento ha sido utilizado desde 1936 por la Asociación Americana de Salud Pública, y por esto ha permanecido como una

variable que indica el grado de contaminación del agua residual.[62]

Con la información expuesta anteriormente se decide llevar a cabo un análisis preliminar:

Partiendo de las características y la definición de este parámetro, se observa que en el tratamiento primario solo se logra remover un máximo del 40 % de la DBO; por lo tanto el tratamiento principal que se puede encargarse de aumentar el porcentaje de remoción es el proceso biológico, entre los que se encuentran: lodos activados, filtros percoladores, sistemas de lagunas y sedimentación. [63]

3.2.5. Determinación de aceites y grasas

Para llevar a cabo el estudio de aceites y grasas, se mide un grupo de sustancias que son susceptibles a disolverse en hexano, estas incluyen jabones, ceras, ácidos grasos, etc. Los aceites y grasas son compuestos orgánicos de origen vegetal y animal, que poseen características como: baja densidad; poca solubilidad en el agua; baja biodegradabilidad. Por lo anterior es que se presentan en forma de natas en la superficie del vertimiento. Según la matriz comparativa, el límite máximo para este parámetro está dado por la resolución 0631 del 2015, art. 14. Es necesario disminuir el valor de esta variable, ya que no permite el intercambio de gases (entrada de O₂ y salida de CO₂), lo que en condiciones extremas genera la acidificación del agua, así como bajas concentraciones de oxígeno disuelto. [64]

Con la información expuesta anteriormente se decide llevar a cabo un análisis preliminar:

Teniendo en cuenta el Capítulo 1 de este documento, la sección **1.3. PTAR de establecimientos gastronómicos y comerciales** en la cual se especifica cómo son los tratamientos de aguas residuales en restaurantes y centros comerciales, se pudo observar que la trampa de grasas es el eje fundamental del tratamiento para este tipo de vertimiento sin embargo la forma de mejorarlo se basa en la adición enzimática o bacteriana que permita una mejor remoción de contaminantes y así obtener un agua con mejores características a la salida de la trampa de grasas [33].

3.2.6. Determinación de metales

Los metales pesados constituyen un serio problema ambiental debido a su toxicidad y a sus repercusiones fisiológicas tanto en los seres humanos como en animales, tal es el caso de los peces [65]. Debido a esto es importante regular los vertimientos siguiendo la normativa. Para esto se tuvo en cuenta el comparativo de las resoluciones, que influyó en la construcción de la **Tabla 18. Metales que incumplen con el valor más restrictivo de la Normativa** donde se muestran los metales que están incumpliendo con los valores de la resolución más restrictiva.

Tabla 18.*Metales que incumplen con el valor más restrictivo de la Normativa*

| Metales | Resolución más Restrictiva |
|----------------|-------------------------------------|
| Cadmio | Res. 0631 art. 15, 16 - Res.1207 |
| Cobalto | Res. 1207 uso industrial – agrícola |
| Cromo total | Res. 0631 art. 15, 16 - Res. 1207 |
| Hierro | Res. 0631 art. 15, 16 |
| Manganeso | Res. 1207 uso industrial – agrícola |
| Mercurio | Res. 1207 para uso industrial |
| Molibdeno | Res. 1207 uso industrial – agrícola |
| Vanadio | Res. 1207 para uso agrícola |

Nota. En esta tabla se especifican las resoluciones por las que se rige los metales según la normativa colombiana para vertimientos y aguas de reuso.

La coagulación-floculación, así como las tecnologías tradicionales de precipitación química, intercambio iónico, adsorción en carbón activado y procesos de separación de membrana son técnicas que han servido para la eliminación de los metales pesados en el tratamiento de vertimientos [66], [67]. Para el caso de la PTAR (Morado 8), la tecnología que se utiliza actualmente es el DAF, en el cual se lleva a cabo un proceso de precipitación química acompañado de floculación-coagulación, con este se retiran los metales pesados que poseen mayor influencia negativa sobre la salud humana; mientras que la tecnología de adsorción con carbón activado, se hace a través de un filtro el cual permite retirar compuestos que generan olor, sabor, manchas y problemas de acumulación, como el hierro y el manganeso [68].

Con la información expuesta anteriormente se decide llevar a cabo un análisis preliminar:

Los metales pesados son aquellas sustancias que tienen una densidad superior a los cinco gramos por centímetro cúbico (cinco veces la densidad del agua) [69]. El pH es un factor esencial, ya que determina la disponibilidad, solubilidad y toxicidad de los metales pesados en el agua. Estos tienden a estar más disponibles y a ser más solubles a pH ácido, debido a que en medios de pH moderadamente alto se produce la precipitación como hidróxidos y en medios muy alcalinos, pueden nuevamente pasar a la solución como hidroxocomplejos. Si el pH es elevado entonces puede bajar la

toxicidad metálica por precipitación como carbonatos e hidróxidos. [66]

Figura 11.

Escala de pH



Nota. En esta figura se muestra el grado de acidez, basicidad y alcalinidad dependiendo del valor del potencial de H_2 que posea. Tomado de D. Barrios, “pH en las bebidas,” Nov. 27, 2015. <https://quimicageneralylaboratorio.wordpress.com/2015/11/27/ph-en-las-bebidas/> (accessed Mar. 29, 2021).

Basándonos en lo anterior y teniendo en cuenta que en el DAF es donde van a precipitar los metales pesados (mercurio, níquel, cobre, plomo, cromo, hierro, arsénico, cadmio, etc.), lo ideal sería manejar el pH en un rango entre 8-10 para garantizar que se mantenga en hidróxidos y no haya formación de hidroxocomplejos, ya que estos son más difíciles de degradar. Esto se realizaría con la ayuda de soda cáustica para facilitar la precipitación de los mismos, al disminuir la solubilidad en el agua y así llegar a cumplir los parámetros.

Para retirar cadmio, suele adicionarse en la etapa de precipitación con cal un agente de captación que está formado de silicatos, carbonatos y fosfatos de metales alcalinos. Esto permite obtener mejores rendimientos favoreciendo la decantación. Si se pretende retirar hierro o manganeso la cal empleada en la precipitación se puede sustituir por óxido de magnesio [70]. Los agentes de precipitación más utilizados en la industria son: cal ($Ca(OH)_2$), soda cáustica (NaOH), y sulfuros ($NaSH$, FeS). La cal es el reactivo más económico, pero genera mayor cantidad de lodo, mientras que la soda cáustica posee mayor valor aunque su producción de lodos es menor. [67]

Una regla general es que el agua oxigenada tendrá bajos niveles de hierro y manganeso. La razón es que el hierro y el manganeso reaccionan con el oxígeno para formar compuestos que no permanecen disueltos en agua [68]. Por lo anterior y teniendo en cuenta el comparativo de las resoluciones de los

vertimientos, se observa que manteniendo oxigenada el agua se facilita la remoción del hierro y el manganeso, compuestos que se encuentran fuera de norma. Por ende se propone mantener oxigenada el agua en el tanque homogeneizador, aumentando el flujo de aire através de la bomba, el vertimiento continúa su proceso en el DAF donde se mantiene la aireación por medio de las microburbujas y con esto se facilita la remoción de los compuestos.

El hierro se puede reducir del 30 al 90%, pero los filtros se colmatan rápido si el contenido de hierro es mayor a 1 mg/l por lo que es necesario empacar el filtro con un grano de arena más grande (~0.5 mm) que el normal (T.E. 0.3 mm). [71]

3.2.7. Determinación de sulfuros

Los sulfuros son compuestos que en su estructura poseen azufre acompañado de otro elemento químico. Se encuentra presente en la naturaleza en los minerales. En estos casos el azufre trabaja con su valencia de -2, es decir en su forma reducida [72], [73]. Según la resolución 0631 del 2015 art. 15 y 16, que posee el valor más restrictivo para este parámetro, se hace necesaria su remoción, ya que los sulfuros en disolución se encuentran como un ácido débil, según lo indican sus constantes de hidrólisis, sin embargo a medida que el pH se hace más alcalino, aumenta la proporción de la forma S^{2-} la cual es tóxica, debido a que afecta: la flora, disminuyendo la captación de nitrógeno y el crecimiento de las plantas; y la fauna se ve influenciada a tener problemas de respiración si se encuentra a exposiciones prolongadas y a concentraciones mayores de 250 ppm [74]. Adicionalmente la presencia de olores desagradables en el cauce y la notable disminución del oxígeno disuelto en el agua del afluente.[75]

Con la información expuesta anteriormente se decide llevar a cabo un análisis preliminar:

Tabla 19.

Rangos de pH para retirar sulfuros de agua residual basados en diferentes fuentes

| pH | Fuente |
|-----------|--|
| pH < 9 | Abia, Luis [72] |
| pH ≥ 8 | Ortiz Penagos, Nidia [74] |
| pH ≥ 8 | Jarrín Paz, Lorena De Los Ángeles [76] |

Nota. En esta tabla se muestran los diferentes pH para la remoción de sulfuros en aguas residuales

Teniendo en cuenta la **Figura 11. Escala de pH** y la **Tabla 19. Rangos de pH para retirar sulfuros de agua residual basados en diferentes fuentes**, la neutralización de los sulfuros se haría en un rango de pH de 8 a 9, ya que el medio oxidante es el alcalino [72] debido a que a valores más bajos se generan emisiones de gas sulfhídrico el cual al ser inhalado en determinadas concentraciones, puede llegar a ser mortal [77]. Mientras que a valores más altos limitan el poder del oxidante. Estos tratamientos transforman los sulfuros a sulfatos y azufre, este último precipita y separa de la disolución, ya que es insoluble.

Actualmente se utilizan estas tres tecnologías en la industria: insolubilización de sulfuros por formación de especies metálicas; inmovilización química; oxidación química. En el tren de tratamiento del centro comercial el mecanismo que está funcionando es el tercero, es decir la oxidación química, empleando como catalizador peróxido de hidrógeno, el cual es uno de los agentes oxidantes más energéticos y adicionalmente no aporta subproductos sólidos al residuo tratado.

Basándonos en la información recopilada anteriormente y en las visitas realizadas al centro comercial se llegó a un análisis preliminar en el cual se establece que la problemática puede estar en el tanque homogeneizador donde se oxida el agua, ya que según lo mencionado por los operarios el pH en esta etapa está entre 10 y 11 mientras que según la teoría un pH óptimo para llevar a cabo esta neutralización sería entre 8 y 9, para facilitar su posterior remoción en el DAF.

3.2.8. Determinación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH)

Los TPH son una mezcla de químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, a estos

se les llama hidrocarburos. Se encuentran en productos químicos en el hogar o el trabajo, o en ciertos pesticidas [78]. Este parámetro está fuera de norma y su valor más restrictivo lo da la resolución 1207 del 2014 de uso agrícola, para zonas verdes y jardines domiciliarios. Es necesario disminuir la concentración de este parámetro, ya que los hidrocarburos tienden a acumularse en los organismos a través de las cadenas alimenticias y esto genera un gran riesgo para los humanos, así como interfieren en el intercambio de gases entre el aire y el agua lo cual dificulta el abastecimiento de oxígeno para los animales [79].

Estas sustancias son de carácter no polar, por lo que suelen retirarse con carbón activado, ya que es un material poroso que atrae, captura y rompe las moléculas contaminantes. En la industria se utiliza normalmente sustancias como aceite mineral, polihidrocarburos aromáticos, cloro y derivados, sustancias halogenadas como I, Br, Cl, H, F, sustancias generadoras de malos olores y sabores en el agua, levaduras, materia orgánica, microorganismos, herbicidas, pesticidas, etc.[71]

Con la información expuesta anteriormente se decide llevar a cabo un análisis preliminar:

Según la teoría los tratamientos biológicos son los más adecuados para tratar estos compuestos, ya que a diferencia de los métodos químicos y físicos, existen procesos como la biorremediación que tiene varias ventajas como: un bajo costo, manejo seguro y no generan un impacto ambiental; por otro lado durante la biodegradación de los hidrocarburos del petróleo los microorganismos que se utilizan oxidan el petróleo y se obtienen compuestos como: dióxido de carbono, agua y energía. [80]

3.3. Caracterización del agua para la identificación de variables críticas

Para llevar a cabo esta sección del Capítulo 3 fue necesario hacer una serie de cotizaciones y un comparativo entre los límites de medida de cada laboratorio para obtener los resultados más acertados en lo que respecta a los parámetros detectados que estaban incumpliendo como lo dicta la sección 3.2. **Identificación de los parámetros fisicoquímicos** lo anterior puede justificarse con la siguiente tabla.

Tabla 20.*Comparativo de Laboratorios en cuanto al límite de detección*

| Parámetro | Límite de medición IHA | Límite de medición Quimicontrol | Límite de medición Hidrolab |
|------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|
| Cadmio | 0,05 | 0,0024 | 0,01 |
| Cobalto | 0,1 | 0,0098 | 0,1 |
| Cromo | 0,2 | 0,0108 | 0,1 |
| Mercurio | 0,001 | 0,0006 | 0,002 |
| Molibdeno | 1 | 0,0084 | 0,0073 |
| Vanadio | 2 | 0,11 | 1 |
| Fenoles | 0,2 | 0,049 | 0,2 |
| DBO | 5 | 10,28 | 75 |
| Manganeso | 0,1 | 0,0052 | 0,03 |
| Hierro | 0,1 | 0,01 | 1 |
| Hidrocarburos | 10 | 0 | 10 |

Nota. En esta tabla se muestran los valores límites de medición de tres laboratorios diferentes para los parámetros que se destacaban por estar incumpliendo en el ítem 3.2 Identificación de los parámetros fisicoquímicos.

Teniendo en cuenta la **Tabla 20. Comparativo de Laboratorios en cuanto al límite de detección** se decide realizar el muestreo a través del laboratorio Quimicontrol LTDA, ya que este posee dentro de sus equipos de medición los mejores límites de detección, lo cual nos proporcionará valores absolutos con un análisis de resultado más acertado.

Posteriormente para realizar la toma de aceites y grasas se hace un muestreo puntual para no incurrir en pérdidas de los contaminantes al hacer la mezcla [64]. Por otro lado, para el muestreo se estableció que para medir los parámetros cadmio, cobalto, cromo, mercurio, molibdeno, vanadio, manganeso, hierro, DBO, DQO, fenoles e hidrocarburos se hará un muestreo compuesto que consiste en la toma de alícuotas simples en un mismo sitio durante diferentes periodos de tiempo, para este caso será durante 8 horas tomando muestras cada media hora para observar las

concentraciones promedio de parámetros [81].

Para conformar el volumen total de la muestra a analizar se debe hallar el volumen de cada alícuota, el cual debe ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma, según la expresión:

Figura 12.

Volumen de una Alícuota

$$V_i = \frac{Q_i * V}{Q_p * n}$$

Nota. En esta imagen se muestra la ecuación con la que se puede calcular el volumen de una alícuota. Para el volumen total a componer no se tienen en cuenta los muestreos puntuales. Tomado de “Toma de muestras de aguas residuales instructivo para la toma de muestras de aguas residuales,” Sep.2007. Accessed: Apr. 19, 2021. [Online]. Available: http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428.

Composición de la muestra

V_i = volumen de la alícuota

V = volumen total a componer

Q_i = caudal inicial o instantáneo (L/s)

Q_p = caudal promedio (L/s)

n = # muestra

3.3.1 Muestreo puntual toma de aceites y grasas

El muestreo se realiza el día 21 de abril del 2021, para este parámetro corresponde un muestreo

puntual para entrada y salida de la trampa de grasas; este se llevó a cabo a las 2pm ya que es el pico más alto que presentan los establecimientos gastronómicos, como se muestra en la **Figura 13**. *Muestreo puntual para Aceites y Grasas tomado a la entrada y salida de la trampa* se llena un recipiente de vidrio completamente en ambos puntos (entrada- salida), el primero es tomado en la bajante proveniente de una caja de registro donde se interconectan las tuberías de las aguas residuales provenientes de los restaurantes, con el fin de que a la PTAR llegue un solo vertimiento. Mientras que en la salida la muestra que estamos obteniendo fue sometida a un pretratamiento, este punto es el desagüe que lleva el agua al homogeneizador.

Figura 13.

Muestreo puntual para Aceites y Grasas tomado a la entrada y salida de la trampa.



Nota. En esta figura se muestran los dos puntos en los que se llevó a cabo el muestreo puntual. (1) Entrada del agua al proceso de pretratamiento, (2) Recipiente con la alícuota tomada, (3) Salida de la trampa de grasas y (4) Envase con la muestra.

3.3.2 Muestreo a la entrada del tanque homogeneizador

El muestreo inicia el día 21 de abril del 2021 a las 11:00 de la mañana, la entrada será el tanque homogeneizador en dónde cómo se observa en la **Figura 14**. *Toma de alícuota a la entrada del tanque homogeneizador* se toma un volumen de 10L de agua en un balde mientras se mide el tiempo que se demora en tener el volumen total, con el fin de evaluar el caudal instantáneo de cada alícuota.

Figura 14.

Toma de alícuota a la entrada del tanque homogeneizador

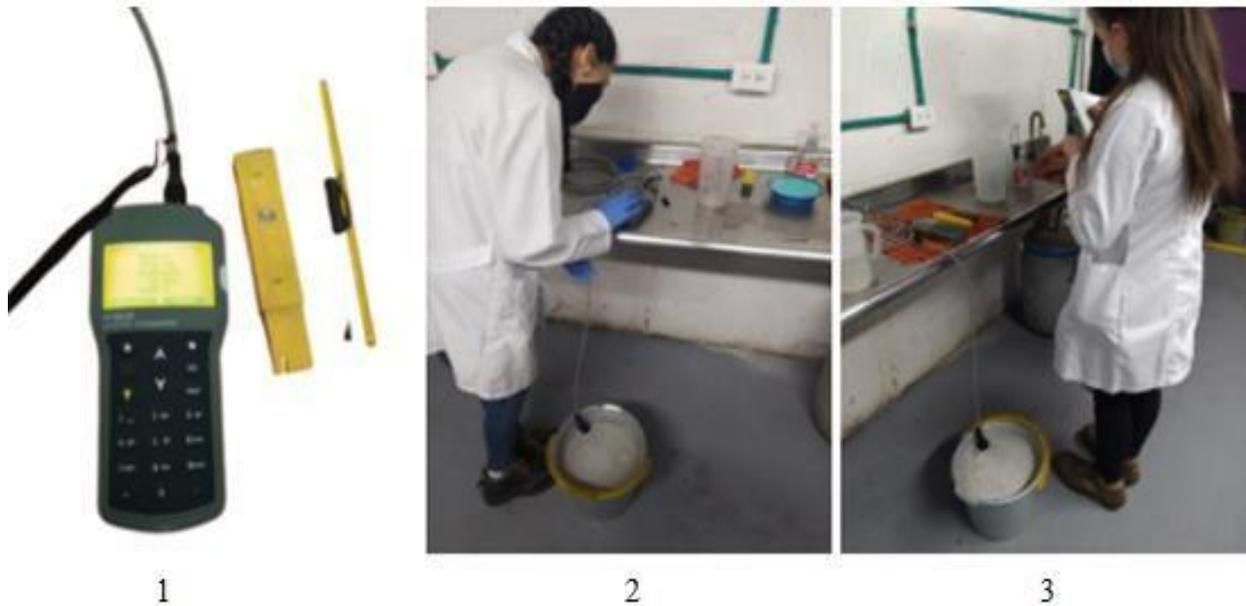


Nota. En esta figura se muestra la medición del caudal y la toma de la alícuota en el tanque homogeneizador. Este procedimiento se hará consecutivamente durante la jornada del muestreo (8 horas, cada media hora).

Como se observa en la **Figura 15.** *Lectura del equipo multiparámetro* el balde se lleva al lugar donde está el equipo multiparámetro con el fin de medir el pH, la temperatura y la conductividad de la muestra. Estos son registrados en el formato de caracterización in situ proporcionado por el laboratorio.

Figura 15.

Lectura del Equipo Multiparámetro

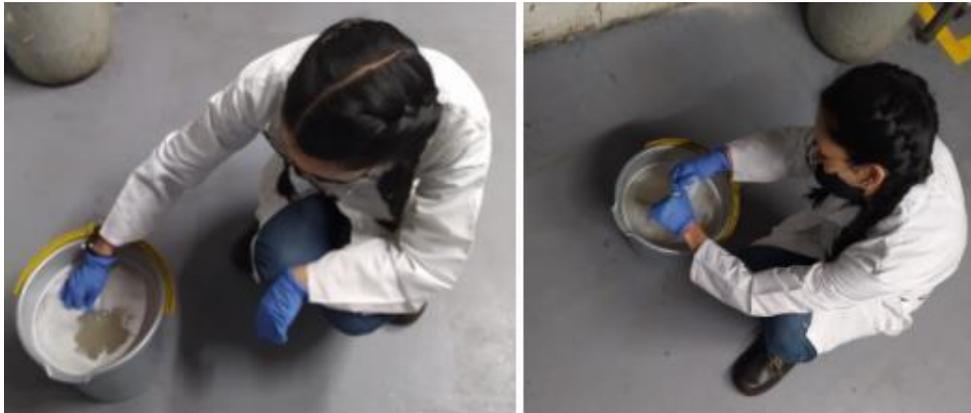


Nota. En esta figura se muestra el procedimiento que se lleva a cabo, (1) equipo multiparámetro, (2) lectura de las variables pH, temperatura y conductividad, (3) registro de los datos en el formato. Esto se implementa en toda la jornada de muestreo.

Posteriormente se procede a llenar los recipientes totalmente y taparlos como se observa en la **Figura 16. Toma de alícuotas**, estas se almacenan en neveras para no alterar las condiciones de la muestra e incurrir en fallos en los resultados. Con la sumatoria del volumen de estos recipientes se calcula el volumen total a componer y con ayuda de la ecuación que aparece en la **Figura 12. Volumen de una alícuota**.

Figura 16.

Toma de alícuotas



Nota. En esta imagen se observa cómo se toman las muestras en recipientes que posteriormente servirán para medir la composición de la mezcla.

3.3.3 Muestreo a la salida del tren de tratamiento

El muestreo inicia el día 21 de abril del 2021 a las 11:10 de la mañana, a la salida del tren de tratamiento como se observa en la **Figura 17** *Toma de la muestra de salida del vertimiento de agua tratado por la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial* en esta parte del muestreo se realiza el mismo procedimiento que a la entrada del tanque homogeneizador; se hará una muestrade 10 L para determinar: caudal instantáneo a la salida, pH, temperatura y conductividad; seguidode esto se lleva a cabo la toma de la alícuota.

Figura 17.

Toma de la muestra de salida del vertimiento de agua tratado por la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial



Nota. En esta figura se puede observar el punto en el cual se tomabala muestra al final del tren de tratamiento.

Lo siguiente a medir son los sólidos sedimentables estos solo se tienen en cuenta para la muestra a la salida del tratamiento, para este parámetro se vierte hasta la línea de aforo sobre el cono imhoffparte de la muestra que queda en el balde como se observa en la **Figura 18. Medición de sólidos sedimentables en el cono imhoff**, esto se deja sedimentar alrededor de media hora y luego los datosse registran en el formato.

Figura 18.

Medición de sólidos sedimentables en el cono imhoff



Nota. Esta figura muestra el cono imhoff en reposo, para determinar la lectura de los sólidos sedimentables.

Según el procedimiento que se llevó a cabo en la **Figura 16**. *Toma de alícuotas*, se recolectaron 16 alícuotas para efectuar el muestreo compuesto, en el horario de 11 de la mañana a 7 de la noche.

Figura 19.

Alícuotas de Entrada y Salida para el muestreo compuesto y puntual.



Nota. En esta figura se pueden apreciar de izquierda a derecha, primero las alícuotas de entrada, después las de salida del muestreo compuesto y por último las del muestreo puntual.

A continuación se muestra en la **Figura 20. Recipientes con la muestra compuesta por las 16 alícuotas recolectadas durante toda la jornada**, la suma de estos 5 envases determinaron el volumen total el cual se utilizó en los cálculos para la composición de la muestra compuesta **Figura**

12. Volumen de una Alícuota; el primero es un frasco con capacidad de 1L para medir los hidrocarburos, este trae como preservante H_2SO_4 ; el segundo es de 1L, para medir los parámetros fisicoquímicos, este debe procurar que su almacenamiento sea a menos de $6^{\circ}C$ con el fin de no alterar las características del vertimiento; el tercero es para medir metales y tiene como preservante HNO_3 , su capacidad también es de 1L; el cuarto es para medir fenoles y DQO, posee como preservante H_2SO_4 y volumen de 0,5L; el último recipiente tiene un volumen de 0,25 L, su variable a medir es el DBO y se debe mantener refrigerado a menos de $6^{\circ}C$ para garantizar que no ocurran errores en los resultados.

Figura 20.

Recipientes con la muestra compuesta por las 16 alícuotas recolectadas durante toda la jornada



Nota. En esta figura se muestran los recipientes que serán llevados al laboratorio para ser analizados, en el lado izquierdo están los que componen el muestreo a la entrada y en el lado derecho a la salida.

Después de llevar a cabo el muestreo, y hacer la composición del vertimiento, es necesario acondicionar las muestras para que puedan ser llevadas al laboratorio evitando que los parámetros fisicoquímicos varíen. Esta preservación debe ser hecha con hielo en neveras de icopor como se muestra a continuación en la **Figura 21. Muestras acondicionadas para ser llevadas al Laboratorio Quimicontrol LTDA**

Figura 21.

Muestras acondicionadas para ser llevadas al Laboratorio Quimicontrol LTDA



Nota. En esta figura se muestra inicialmente como son organizados los recipientes dentro de una nevera de icopor, son protegidos con bolsas de gel alrededor, para posteriormente introducir hielo y con esto garantizar la cadena de frío para la preservación de las muestras, llegando en las mejores condiciones al laboratorio para ser analizadas.

4. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES CRÍTICAS SEGÚN EL ÚLTIMO MUESTREO

En este capítulo se mostrará cuál fue el comportamiento en el último muestreo, relacionado a las variables críticas identificadas en el capítulo 3. DIAGNÓSTICO DE LA PTAR, **Tabla 16. Comparativo del valor normativo más restrictivo vs. promedio**, con el fin de identificar cuál es la parte del proceso que está impidiendo el buen funcionamiento de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial.

4.1. Variables críticas del proceso

Teniendo en cuenta que el muestreo realizado se dividió en dos etapas, se inicia con los resultados obtenidos del muestreo puntual, el cual se hace en la trampa de grasas para identificar el porcentaje de remoción en la concentración de aceites y grasas. Mientras que en la segunda fase es el muestreo compuesto que inicia a la entrada del tanque homogeneizador hasta la salida del tren de tratamiento, en este se analizarán los porcentajes de remoción para las demás variables, relacionadas con los equipos que intervienen en la reducción de la carga contaminante.

4.1.1. Muestreo puntual - trampa de grasas

Teniendo en cuenta el histórico de los muestreos de octubre del 2018 hasta diciembre del 2020, se identificó que solo en el muestreo de septiembre del 2019, el parámetro de aceites y grasas cumplió con su valor más restrictivo según la resolución 0631 del 2015; por tal razón se decidió llevar a cabo un muestreo a la entrada y a la salida de la trampa de grasas con el fin de verificar qué porcentaje de remoción se tenía en este equipo, según el manual de TAOX S.A.S. (ver Anexo 4) se debería tener una remoción del 95%.

Los resultados obtenidos del muestreo realizado el día 21 de abril del 2021 nos dieron una concentración de 212,3 mg/L a la entrada de la trampa de grasas mientras que a la salida se obtuvieron un valor de 218,3 mg/L. Con estos resultados se evidenció que en vez de obtener una remoción se está generando una mayor concentración de aceites y grasas, este parámetro incrementó en un 2,8 %.

Tabla 21.

Datos del Muestreo Puntual de la Trampa de Grasas, Concentración de Aceites y Grasas, entrada y salida

| núm. | Variable | Unidad | Método | Fecha análisis | Resultado | Incertidumbre |
|------|------------------|--------|-------------------------------|----------------|-----------|---------------|
| 1 | Grasas y aceites | mg/L | SM 5520 D, Extracción Soxhlet | 2021-04-23 | 212,3 | ±7.4305 |

| núm. | Variable | Unidad | Método | Fecha análisis | Resultado | Incertidumbre |
|------|------------------|--------|-------------------------------|----------------|-----------|---------------|
| 1 | Grasas y aceites | mg/L | SM 5520 D, Extracción Soxhlet | 2021-04-23 | 218,3 | ±7.6405 |

Nota. En esta tabla se muestran dos cuadros, el de la parte superior hace referencia a los datos de la concentración de aceites y grasas a la entrada de la trampa de grasas, mientras que el de la parte inferior hace referencia a los valores de la salida. Para mayor información (ver Anexo 5)

El aumento en este parámetro se puede explicar a través de diferentes parámetros, como: en la ausencia de un mantenimiento periódico, la falta de limpieza oportuna, la eliminación de las películas de grasa sobrenadantes del agua.

La acumulación de natas de grasas y aceites retenidos, impiden la correcta oxigenación del vertimiento y el paso del CO₂ del agua a la atmósfera; como consecuencia se produce una acidificación y una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto. Esto conlleva a obtener un aumento de la DQO; adicionalmente una mala aireación del agua, genera la muerte de los microorganismos, provocando la descomposición de la materia orgánica; por otro lado el vertimiento posee concentraciones de sulfatos los cuales con la fermentación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno son transformados en sulfuros, como el H₂S, repercutiendo así en malos olores. [64]

4.1.2. Muestreo compuesto: entrada tanque homogeneizador - salida del tren de tratamiento

Para llevar a cabo el análisis de este apartado, primeramente, se hizo una evaluación con respecto al límite de medición, para terminar con la incertidumbre que se presentaba en el promedio del muestreo histórico; posteriormente se establecerá la matriz de comparación entre los parámetros que siguen incumpliendo con respecto al porcentaje de remoción que se tiene actualmente y el porcentaje de remoción teórica que debía cumplir.

Tabla 22.

Comparativo de las Variables Críticas Medidas en el Último Muestreo, con respecto al Promedio del Histórico

| Variable | Límite Máximo Permisible | Promedio | Salida MF | Cumple/ No cumple |
|---------------|--------------------------|----------|-----------|-------------------|
| Cadmio | 0,01 | 0,04 | < 0,002 | Cumple |
| Cobalto | 0,05 | 0,1 | < 0,01 | Cumple |
| Cromo Total | 0,1 | 0,175 | < 0,011 | Cumple |
| DBO | 75 | 428 | 664,6 | No cumple |
| DQO | 200 | 1005 | 884,8 | No cumple |
| Fenoles | 0,002 | 0,2828 | 0,13 | No cumple |
| Hidrocarburos | 1 | 8 | 1,72 | No cumple |
| Hierro | 1 | 6 | 0,996 | Cumple |
| Manganeso | 0,2 | 0,2403 | 0,38 | No cumple |
| Mercurio | 0,001 | 0,004 | 0,0016 | No cumple |
| Molibdeno | 0,07 | 1 | < 0,008 | Cumple |
| Vanadio | 0,1 | 1 | < 0,11 | Cumple |

Nota. En esta tabla se observa la variación en el cumplimiento de algunos parámetros, relacionada al límite de detección.

Teniendo en cuenta la **Tabla 22. Comparativo de las Variables Críticas Medidas en el Último Muestreo, con respecto al Promedio del Histórico**, se evidencia que algunos parámetros presentan cumplimiento con respecto al promedio histórico considerado anteriormente en el **capítulo 3. DIAGNÓSTICO DE LA PTAR, Tabla 16. Comparativo del valor normativo más restrictivo vs. Promedio**; esta variación se explica teniendo en cuenta que estos resultados no manejaban un valor absoluto, sino que consideraban un rango menor o igual a un valor determinado, por tal razón se hizo una revisión exhaustiva entre algunos laboratorios con el fin de encontrar la institución que contará con los equipos con el mejor límite de detección, esto se puede observar en la **Tabla 20. Comparativo de Laboratorios en cuanto al límite de detección**; al hacer un cambio de laboratorio, se obtuvieron límites de detección que permitieron una medición más precisa, lo cual sirvió para concluir que estos parámetros se encontraban dentro de norma.

Por otro lado, según lo expuesto anteriormente, las variables cadmio, cobalto, cromo total, hierro y molibdeno ya no son considerados parámetros críticos dentro del proceso de la PTAR. Por tal

razón no se tendrán en cuenta dentro de la matriz de comparación, así como tampoco se mencionarán en el **capítulo 5**.

Para el parámetro de Vanadio en los resultados se tiene tanto para entrada como para salida una concentración de $< 0,11$ mg/L, debido a que los equipos no pueden realizar mediciones menores ya la ambigüedad del resultado se tomará que la variable se encuentra dentro de norma.

A continuación se muestra una matriz comparativa con las variables críticas, el límite máximo permisible relacionado a las resoluciones (3957 – 0631 - 1207), el promedio histórico, los valores de entrada y salida del muestreo final, con el % de remoción identificado, así como los % de remoción teórica - diseño, para los cuales se utilizaron diferentes fuentes de información, entre las que se encuentran.[82],[83],[84],[85],[86],[87],[88]

Tabla 23.

Matriz comparativa para los % Remoción actual vs. % Remoción teórica- diseño

| VARIABLE | LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE | Promedio | Entrada MF | Salida MF | Unidades | % Remoción en la PTAR | % Remoción Teórica – Diseño |
|------------------|--------------------------|----------|------------|-----------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|
| ACEITES Y GRASAS | 10 | 16 | 212,3 | 218,3 | mg/L | -2,83 | 95 |
| DBO | 75 | 428 | 1039,9 | 664,6 | mg/L O ₂ | 36,09 | 65 |
| DQO | 200 | 1005 | 1205,8 | 884,8 | mg/L O ₂ | 26,62 | 75 |
| FENOLES | 0,002 | 0,2828 | 0,194 | 0,13 | mg/L | 32,99 | 76 |
| HTC | 1 | 8 | 56,4 | 1,72 | mg/L | 96,95 | 98,33 |
| MANGANESO | 0,2 | 0,2403 | 0,105 | 0,38 | mg/L | -261,90 | 60 |
| MERCURIO | 0,001 | 0,004 | 0,0021 | 0,0016 | mg/L | 23,81 | 50 |

Nota. En esta tabla se presentan las variables que se encuentran fuera de norma, con los respectivos valores tanto a la entrada como a la salida registrados en el último muestreo, por medio de estos se calculó el porcentaje de remoción actual, mientras que en la última columna se registra el porcentaje de remoción teórica o de diseño que debía cumplir para cada parámetro.

Cómo se puede observar en la tabla anterior ningún parámetro está cumpliendo con el % de remoción teórica, lo cual evidencia fallas dentro de los equipos que se encargan de realizar la respectiva disminución en la concentración de las variables.

Cómo ya se había mencionado en la sección **4.1.1. Muestreo puntual - trampa de grasas**, la variable aceites y grasas tiene un aumento en su concentración inicial del 2,8%, lo mismo sucede para el Manganeseo el cual aumenta un 261,9% este aumento se debe a un posible problema de corrosión presente en los equipos del tren de tratamiento o en las tuberías, ya que estos están hechos de acero, el

cual es un material que posee en su composición manganeso, y al corroerse forma incrustaciones, que con el paso del agua a presión genera que el vertimiento desprenda dichas incrustaciones y la concentración de este parámetro aumenta con respecto al valor de inicial.

5. POSIBILIDAD DE MEJORA

En este apartado se van a narrar detalladamente las alternativas de mejora que se pueden llevar a cabo dentro de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial, para ello se tendrán en cuenta los aspectos técnicos y ambientales que favorezcan la viabilidad de la propuesta, esto con el fin de mejorar los parámetros que no cumplen con la normatividad vigente.

5.1. Ajuste de pH y oxigenación del agua, en el tanque homogeneizador y en el DAF

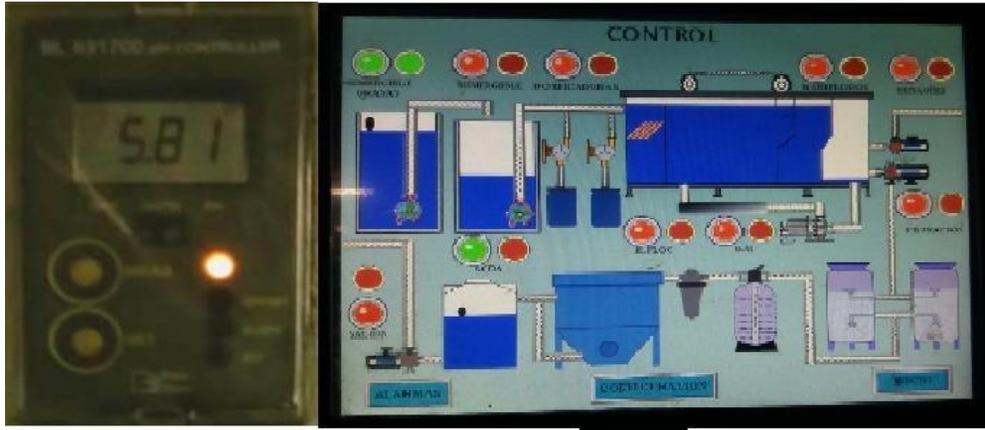
Teniendo en cuenta los análisis preliminares realizados en el capítulo **3 DIAGNÓSTICO DE LA PTAR**, exactamente en la sección **3.2.6. Determinación de metales**, se establece que lo ideal es mantener un pH entre 8 y 10. Por otro lado en la sección **3.2.7. Determinación de sulfuros**, se observa que es necesario mantener el pH en el tanque homogeneizador de 8-9, esto basándonos en la **Tabla 19. Rangos de pH para retirar sulfuros de agua residual basados en diferentes fuentes**, con el fin de facilitar la neutralización de los sulfuros y así se puedan retirar más fácilmente.

Actualmente la planta de tratamiento maneja un pH el cual se encuentra en el rango de 10-11 en el tanque homogeneizador (ver **Anexo 6**); esto se observó luego de una jornada de 8 horas, durante el muestreo compuesto, para esta variable se lleva a cabo una medición con el equipo multiparámetro, el cual es suministrado por el centro comercial; para comprobar que el equipo se encontrará en las mejores condiciones de calibración y evitar así mediciones erróneas, se monitorea constantemente el tablero del PLC donde se registra el valor del pH, evidenciando que ambos datos eran consistentes.

Por lo anterior, dentro de la posibilidad de mejora se considera mantener un pH en el rango de 8-9, tanto en el tanque homogeneizador como en el DAF, para facilitar la precipitación de los metales y la neutralización de los sulfuros. Es posible hacer esta mejora manteniendo controlado la cantidad de soda cáustica (NaOH) suministrada, teniendo en cuenta que el pH que se está trabajando en la PTAR es superior al recomendado, por tal razón se sugiere disminuir la dosificación de NaOH.

Figura 22.

Tablero del Controlador Lógico Programable (PLC), identificando el control de pH



Nota. En esta figura se logra apreciar en la parte superior, en donde se registra el valor del pH en el tanque homogeneizador, el cual se mide a través de un sensor de pH. Mientras que en la parte inferior se aprecia el diagrama del tren de tratamiento.

Por otra parte, para la precipitación de los metales es necesario mantener el agua oxigenada, ya que esto permite que los compuestos que permanecen disueltos en el agua se oxiden, facilitando su remoción. Así se propone aumentar el flujo de aire a través del compresor en el tanque homogeneizador, mientras que en el DAF se mantendrá la aireación a través de las micro burbujas.

Es importante tener en cuenta que dentro del funcionamiento del tanque homogeneizador, su base fundamental gira en torno a los difusores y el tamaño de burbuja que este posea, este oscila entre 2 y 5 mm para burbujas simple o fina, de 6 a 10 mm para burbuja intermedia y pregúntale a chorromayor a 10 mm. Entre mayor sea el tamaño de la burbuja menor transferencia de oxígeno se generará por lo tanto entre menor sea el tamaño de la burbuja mayor eficiencia en la transferencia de masa se obtendrá.[89]

Teniendo en cuenta lo anterior, lo ideal es manejar un tipo de burbuja fina. Para verificar el diámetro de esta, se utiliza la ecuación de la determinación del diámetro de los agujeros de los difusores **Figura 23.** Ecuación para calcular el diámetro de burbuja, para evaluar esta ecuación se necesita conocer: el diámetro de los difusores (D_0); gravedad (g); densidad del líquido (ρ_l);

densidad del aire (ρ_g); tensión superficial de la película gas - líquido (σ). Con estos datos se despeja el diámetro de burbuja (D_b).

Figura 23.

Ecuación para calcular el diámetro de burbuja

$$D_o = \frac{D_b^3 * g * (\rho_l - \rho_g)}{6 * \sigma}$$

Nota. En esta imagen se puede observar la fórmula que se debe aplicar, para poder calcular el diámetro de burbuja y así comprobar si se está manejando una burbuja de tamaño fino; que permita llevar a cabo un proceso más eficiente. Tomado de D. M. Colorado Vargas and M. P. Herrera Barrera, “propuesta para el diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Bituima, Cundinamarca,” Fundación Universidad de América, Bogotá D.C., 2017.

5.1.1. Criterios técnicos y ambientales

Con esta posibilidad de mejora, se busca que su aplicación sea fácil de llevar a cabo, ya que dentro de la investigación se sugieren otros tratamientos que serían efectivos para las variables, pero su aplicación implicaría la adquisición de equipos llevando consigo un alza en los costos. Adicionalmente los equipos necesarios para esta mejora ya se tienen en la planta de tratamiento.

Ambientalmente es una mejora viable, ya que la soda cáustica (NaOH) utilizada como agente de precipitación y regulador de pH, genera menor cantidad de lodos en comparación con otros precipitantes [67], aunque es más costosa que la cal ($Ca(OH)_2$), es más fácil de manejar y de alimentar al proceso debido a que la cal debe triturarse, estar en suspensión y almacenarse en un tanque agitado para evitar aglomeraciones, este acondicionamiento genera un costo adicional en comparación a la otra. Su valor adicional no se considera una desventaja, ya que el proceso no es a gran escala lo que justifica su aplicación. [90]

5.2. Cambiar los filtros de arena

Actualmente la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial posee dos filtros de arena los cuales están

hechos de hierro, este es un material que tiende a oxidarse fácilmente, este riesgo incremental al trabajar de manera continua en el tratamiento de agua residual, ya que el agua es un agente corrosivo y más cuando posee contaminantes; adicionalmente como su principio de funcionamiento se basa en un aumento de presión, esto contribuye a que se genere una reacción de oxidación. Por lo anterior, el vertimiento puede aumentar su concentración de hierro, al transferirse las partículas de óxido de hierro, que se desprenden de la superficie del filtro al agua.

Figura 24.

Vista de la Cara Superior del Filtro de Arena, después de 3 años de Funcionamiento en Centro Mayor Centro Comercial



Nota. En esta figura se puede apreciar la corrosión formada en la superficie interna del filtro de arena, donde encontramos corrosión uniforme y por picaduras.

Esto se evidencia en el capítulo 3. DIAGNÓSTICO DE LA PTAR, en la **Tabla 16. Comparativo del valor normativo más restrictivo vs. promedio**, donde se muestran algunas de las variables críticas, entre ellas la medición del hierro promedio, entre el rango de tiempo, de octubre de 2018 a diciembre del 2020; para el muestreo realizado en la sección 3.3, se hizo un cambio por el filtro de repuesto, ya que el equipo que se venía utilizando, mostraba un incremento exponencial en el parámetro hierro, razón por la cual la empresa deciden reemplazarlo, ya que como se evidencia en la **Figura 24. Vista de la Cara Superior del Filtro de Arena, después de 3 años de Funcionamiento en Centro Mayor Centro Comercial**, el filtro estaba bastante corroído.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el capítulo 4. VARIABLES CRÍTICAS DEL PROCESO, en la **Tabla 22. Comparativo de las Variables Críticas Medidas en el Último Muestreo, con respecto al Promedio del Histórico**, se muestra que el hierro está cumpliendo con un valor de 0,996 mg/L, sin embargo, al ser tan cercano al límite máximo permisible más restrictivo que es 1 mg/L, se evidencia que si se presenta nuevamente la corrosión en el filtro, este valor podría aumentar y quedar fuera de norma.

En vista de los problemas de corrosión que pueden presentar los filtros de arena actuales, se propone implementar unos equipos nuevos para lo cual se comparan los materiales de los filtros más usados para el tratamiento de aguas residuales; primeramente se evalúan los filtros de acero inoxidable y al carbón la diferencia entre estos dos radica en el porcentaje de cromo presente, esto es lo que permite la formación de una capa inerte de óxido de cromo la cual da el origen a la resistencia a la corrosión en este caso el que posee mayor resistencia del acero inoxidable [91]. Para procesos de filtración en plantas de tratamiento se fabrican en acero tipo 304 o 316 de acuerdo con los requerimientos y características de las aguas [92], la diferencia radica en la adición de molibdeno la cual influye de forma positiva a mejorar la aleación y por lo tanto su resistencia a la corrosión que en este caso la más adecuada sería de tipo 316, ya que puede manejar soluciones con cloruros y entre sus usos más comunes encontramos recipientes a presión como lo son los filtros de arena [93], ya que este material soporta presiones superiores en comparación a los demás.[94]

Por otro lado se consideran los filtros fabricados con resinas de poliéster y fibra de vidrio los cuales también son usados para la filtración de agua con alta concentración de sales [95]. Sin embargo para esta propuesta de mejora se decide que los filtros de acero inoxidable son los más adecuados teniendo en cuenta las características del agua y que estos trabajan a altas presiones.

5.2.1. Criterios técnicos y ambientales

Para el desarrollo de esta propuesta, se tuvo en cuenta que el acero inoxidable tiene un tiempo de vida útil superior en comparación a los demás materiales evaluados, esto implica que no deberán ser cambiados en un periodo de tiempo prolongado.

Asimismo se tiene en cuenta que el valor de un filtro en fibra de vidrio es mayor en comparación al de acero inoxidable. La inversión no estaría justificada teniendo en cuenta que los filtros de fibra de vidrio son más utilizados para aguas con grandes concentraciones de sales, lo cual no aplica para este vertimiento.

En el eje ambiental esta mejora es esencial, ya que si los filtros siguen desprendiendo corrosión al agua, la variable del hierro podría presentar un aumento, impidiendo que el vertimiento pueda ser reutilizado. Adicionalmente esta agua al ser vertida al alcantarillado estaría contaminando el efluente, dificultando el objetivo de desarrollo responsable y sostenible que caracteriza a la entidad Centro Mayor Centro Comercial.

5.3. Plan de mejora en la gestión de operación y mantenimiento de la PTAR

En esta sección profundizaremos en la importancia de llevar a cabo un seguimiento riguroso del funcionamiento de los equipos, así como en la ejecución de los mismos, para esto se tendrán en cuenta aspectos relacionados con el manejo que le dan los operarios, la periodicidad de los mantenimientos y la limpieza, etc.

En vista de que el proceso de la PTAR no está automatizado en su totalidad, implica un control constante por parte del operario en donde hay mayor riesgo de que exista una manipulación inadecuada de los insumos, afectando la eficiencia del proceso.

A medida que se han realizado las visitas en la PTAR, se ha logrado identificar que los operarios que manejan la planta de tratamiento están capacitados para resolver los inconvenientes que se les presenten.

Usualmente se recomienda llevar a cabo un mantenimiento preventivo, elaborado y de forma periódica, con esto se podrían evitar fallas que puedan llegar a retrasar el proceso.

Es necesario tener en cuenta que el funcionamiento de los equipos se puede ver deteriorado a medida que pasa el tiempo si no se lleva a cabo una limpieza y un mantenimiento oportuno por lo anterior es que se decide profundizar en lo que recomienda la literatura para realizar estas actividades.

Es elemental que en el tren de tratamiento se tenga en cuenta el mantenimiento de los accesorios y equipos de control hidráulico (cómo bombas, compresores y válvulas) en esencia el hecho de verificar que estos equipos funcionen de manera adecuada depende en gran medida de una lubricación de las partes mecánicas así como en un mantenimiento correcto, ya que no son los protagonistas del tratamiento, pero sí son fundamentales en el funcionamiento de la planta.

- Trampa de Grasas: Este equipo a partir de procesos físicos, se encarga de llevar a cabo un pretratamiento, su función es la remoción de aceites y grasas, sólidos suspendidos; por lo tanto es importante cumplir con un mantenimiento periódico, para controlar la concentración de contaminantes y con esto evitar acumulaciones u obstrucciones en el equipo, así como malos olores y exceso de grasas y aceites [98]. Para esto es necesario hacer una limpieza en el equipo, teniendo en cuenta las características del vertimiento a tratar en la PTAR morado 8, lo recomendado sería hacer mínimo una limpieza diaria, con el fin de evitar obstrucciones de los contaminantes.

Las acumulaciones generan que el tiempo de separación se reduzca, lo que puede ocasionar un desbordamiento o un taponamiento. A su vez la descomposición de las grasas lleva a cabo un proceso de acidificación del agua generando un aumento en el DQO del vertimiento [89]. Estos ácidos también corroen los componentes internos del tanque reduciendo la vida útil de la trampa de grasas y generando mayores gastos de mantenimiento [99].

- Tanque Homogeneizador: Este equipo cuenta con una bomba sumergible la cual inicia su operación por una señal dada por un flotador de nivel bajo y se detiene cuando el nivel es alto. Es necesario llevar a cabo un mantenimiento para garantizar el buen funcionamiento de la bomba y así mismo del tanque homogeneizador; diariamente se verifica que la bomba no esté obstruida en la entrada y la salida, también se debe comprobar la conexión de voltaje del motor, normalmente para este tipo de bombas es de 220V y por su importancia maneja un sistema de respaldo eléctrico. Por otro lado, estar pendientes de algún ruido o vibración anormal en el equipo, para efectuar un reporte [100]. Se recomienda que cada equipo tenga un récord de horas de trabajo, con el fin de cambiar: el sello mecánico (cada 2000 horas); los rodamientos (cada 10000 horas). Por último, programar un reemplazo anual de los principales componentes para evitar averías [101].

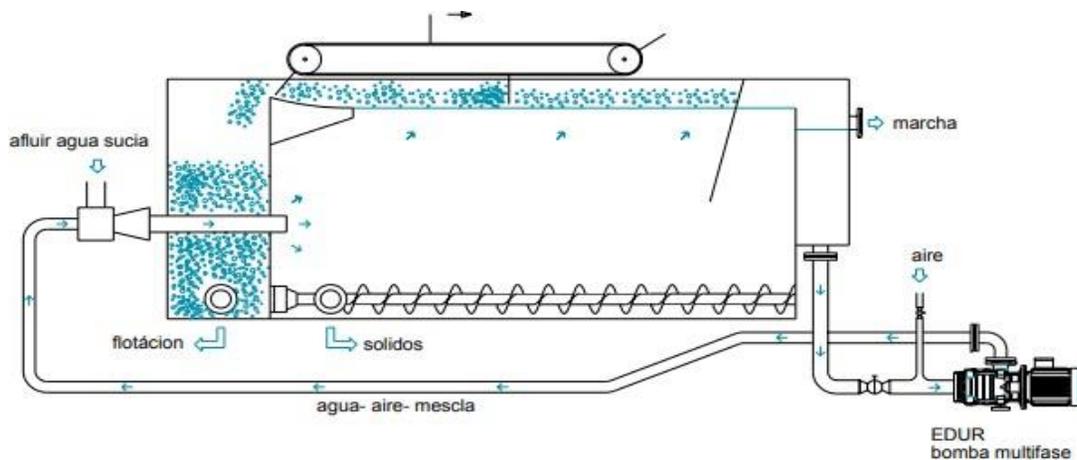
Adicionalmente el tanque homogeneizador cuenta con un compresor que se encarga de inyectar aire a través de difusores, este equipo es esencial para mantener aireada el agua y evitar malos olores así como una disminución en el pH, por lo anterior es necesario verificar que las burbujas de aire se encuentren en ascenso, esto se observa por medio de los sopladores, ya que si están obstruidos no van a funcionar de manera adecuada. La forma de proceder es limpiar los difusores y verificar que no aumente el pH; si estas medidas de mantenimiento no solucionan el problema los difusores pueden ser cambiados según sea el caso [102].

- DAF: Teniendo en cuenta el manual suministrado por la empresa TAOX S.A.S. (ver Anexo4) este

equipo funciona con una bomba EDUR, la cual es conocida como una bomba multifase, ya que es la encargada de formar las microburbujas a partir de una mezcla de aire y agua. Entre las ventajas de esta se encuentra que el número de componentes es reducido, no cuenta con compresor, ni tanques de presión, ni bombas, ni control, ni válvulas; esto implica que existan menos pérdidas por fricción lo cual genera un grado solubilidad de hasta el 100%. Por otro lado esta bomba es un equipo que no requiere de un mantenimiento exhaustivo dadas sus características de funcionamiento [103].

Figura 25.

Sistema EDUR del DAF de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial



Nota. En esta figura se muestra como es el funcionamiento de una bomba EDUR, para comprender mejor cómo se lleva a cabo el proceso de generar microburbujas. Tomado de Pumpenfabrik Eduard Redlien GmbH & Co. KG, “Presentación de bombas multifase.”

También dentro del manual se habla de él barre lodos, en este se debe realizar una inspección semanal asegurando que los eslabones que soportan la paleta y los tornillos deben estar bien asegurados, así como los piñones deben estar bien sujetos a la varilla que funciona como eje primario y secundario; adicionalmente en este mismo periodo de tiempo (1 semana) se debe limpiar con agua y un cepillo las cadenas para remover los residuos de lodo. Siguiendo atentamente estas instrucciones este equipo funcionará adecuadamente.

Por otra parte dentro del sistema DAF, se tienen dos bombas dosificadoras para los insumos químicos, es decir el floculante y el coagulante, estas son la base de este proceso, por tal razón elemental

verificar que no se presenten acumulaciones que pueden taponar las mangueras de succión, es necesario hacer un mantenimiento periódico mensual para limpiar la válvula de aspiración/expulsión y así evitar la formación de cristales, cuando los insumos químicos a trabajartienen a formarlos [104]. Por último se requiere cambiar el kit (partes) de las bombas dosificadoras cada dos años [105].

- Filtro de Arena: Según el manual de la empresa TAOX S.A.S. el lecho filtrante debe cambiarse cada 6 meses; su limpieza debe hacerse por medio de un retrolavado el cual se recomienda hacer diariamente o cuando la presión indicada en el manómetro del filtro sea igual o superior a 50 psi (ver Anexo 4). Teniendo en cuenta la literatura no se tiene un tiempo determinado para hacer el retrolavado, lo que se recomienda es observar la presión interna del mismo; tomar en consideración la presión que marca el manómetro con el filtro limpio y cuando esta presión aumente en un rango de 5 a 10 psi es señal que está empezando a saturarse de suciedad [106]. Actualmente la entidad está haciendo cambio de lecho filtrante una vez al año, por lo expuesto anteriormente se recomienda que hagan el cambio dos veces por año y de esta forma no se vea perjudicada la eficiencia del equipo.
- Filtro de carbón: El principio de funcionamiento de este equipo es adsorber a través de un flujo a presión, por lo anterior es que cada 10.000 horas de trabajo se debe cambiar el lecho filtrante. Para realizar el retrolavado se recomienda que se lleve a cabo cuando la caída de presión alcance de 0.5 a 0.7 Kg/cm² (7-9 psi) [107].

5.4. Implementación de un tratamiento secundario, de carácter biológico para la PTAR Morado 8 de Centro Mayor Centro Comercial

Teniendo en cuenta los contaminantes reportados en la **Tabla 23. Matriz comparativa para los % Remoción actual vs. % Remoción teórica - diseño**, los parámetros relacionados a la materia orgánica, que son los que no se han podido remover en su totalidad, dado que los procesos fisicoquímicos ya no son efectivos para retirarlos; se decide formular un tratamiento biológico que contribuya con la remoción de dichas variables. En vista de que la materia no se destruye, solo se transforma, hace que se tengan que evaluar los tratamientos aerobios y anaerobios, dado que hay una generación de subproductos y residuos, en donde se tendrá en cuenta la cantidad que se genera, si son tóxicos o no, el manejo que requieran, los costos de implementación, las necesidades de insumos (energía y microorganismos) [108], con el fin de cumplir con la calidad especificada de descarga, en relación a lo que sea más conveniente para la PTAR (Morado 8) de Centro Mayor Centro Comercial.

Con lo mencionado en el párrafo anterior, se elabora la tabla que aparece a continuación, donde se

evidencia la consulta de diferentes fuentes, como [109], [110], [31], [111], [112]; con el fin de extraer las características más importantes de los tratamientos biológicos aerobios y anaerobios

Tabla 24.

Características de los tratamientos biológicos para aguas residuales domésticas en condiciones aerobias y anaerobias

| Tratamiento | Características |
|------------------|--|
| Anaerobio | <ul style="list-style-type: none"> • Conversión de la materia orgánica a metano y de CO₂, en ausencia de oxígeno (Biogás). • Producción de malos olores, atribuida a la generación de compuestos azufrados como el H₂S en el biogás. • Requiere de un adecuado y efectivo sistema de recolección, tratamiento y disposición del biogás y de los gases generados. • Baja tasa de crecimiento de los microorganismos anaerobios, el proceso de arranque del reactor requiere de un periodo de tiempo que dependerá de la calidad y cantidad de inóculo utilizado, en condiciones críticas nunca se alcanza la estabilidad. • Requiere la intervención de diversos grupos de bacterias facultativas y anaerobias estrictas, las cuales utilizan en forma secuencial los productos metabólicos generados por cada grupo. Involucra tres grandes grupos tróficos (Gr. I: bacterias hidrolíticas y fermentativas, Gr. II: bacterias acetogénicas, Gr. III: bacterias metanogénicas) y cuatro pasos de transformación (Hidrólisis, Acidogénesis, Acetogénesis, Metanogénesis). • Necesita de un gran espacio para que ocurran los 4 procesos de transformación. • Menor cantidad de lodo producido. • Eficiente para la remoción de materia orgánica, pero tiene poco efecto sobre la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo), y sobre la remoción de patógenos es apenas parcial. • Por lo general, se requiere de un pos-tratamiento ya sea para descargar en los cuerpos receptores o para su reuso. • Más tiempo de aclimatación lo que impide el tratamiento de grandes volúmenes de aguas residuales y dificultades para tratar aguas residuales con bajas cargas orgánicas. Eficiencia tratamiento ARD 65-80 % |

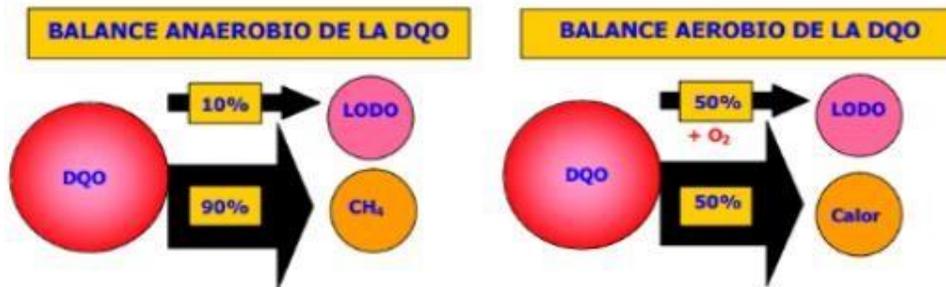
Tabla 24. Continuación

| | |
|----------------|---|
| Aerobio | <ul style="list-style-type: none"> • La contaminación orgánica se convierte en dióxido de carbono y agua. • El proceso requiere una biomasa aeróbica activa y el suministro de una cantidad significativa de oxígeno al reactor para que el tratamiento tenga lugar. • El suministro del oxígeno necesario a menudo consume mucha energía, • Producción sustancial de lodo en exceso • Lodos no estabilizados que deben ser tratados posteriormente • Se considera un tratamiento con alto costo de implementación • Posee tolerancia a altas cargas orgánicas • Eficiencia tratamiento ARD >80 % Impacto ambiental (olores) Bajo Moderado |
|----------------|---|

Nota. En esta tabla se exponen las variables principales de los procesos de tratamiento de agua residual doméstica, para la degradación de materia orgánica en condiciones aerobias y anaerobias.

Figura 26.

Balance comparativo entre el tratamiento biológico en condiciones anaerobias y aerobias para la DQO



Nota. En esta figura se presentan los diferentes balances y los subproductos que se obtienen en la degradación de la DQO, al llevar a cabo un tratamiento secundario biológico ya sea por medio anaerobio o aerobio. Tomado de J. A. Rodríguez V, “Tratamiento anaerobio de aguas residuales,” Cali. Accessed: Jun. 14, 2021. [Online]. Available: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>.

Partiendo de la información recopilada en la **Tabla 24. Características de los tratamientos biológicos para aguas residuales domésticas en condiciones aerobias y anaerobias**, decidimos que el tratamiento más adecuado para implementar en la PTAR (morado 8) de Centro Mayor Centro Comercial es por medio aerobio, ya que este tiene una mayor eficiencia de tratamiento relacionada a la degradación de materia orgánica en agua residual doméstica, por otro lado el área de instalación necesaria es menor, en comparación al proceso en condiciones anaerobias dada la altura disponible. Como se observa en la **Figura 26. Balance comparativo entre el tratamiento biológico en condiciones anaerobias y aerobias para la DQO**, para el proceso anaerobio el 90% de la degradación de la DQO se da en la producción de biogás (H_2S y CH_4) el cual genera malos olores al expulsar compuestos azufrados, teniendo en cuenta que la PTAR está instalada en el parqueadero, que es subterráneo, no posee una ventilación adecuada para manejarlos, el tiempo de retención es menor en comparación con el proceso anaerobio, ya que la tasa de crecimiento de estos microorganismos es más lenta, adicionalmente si no se cuentan con las condiciones óptimas el proceso no se estabiliza.

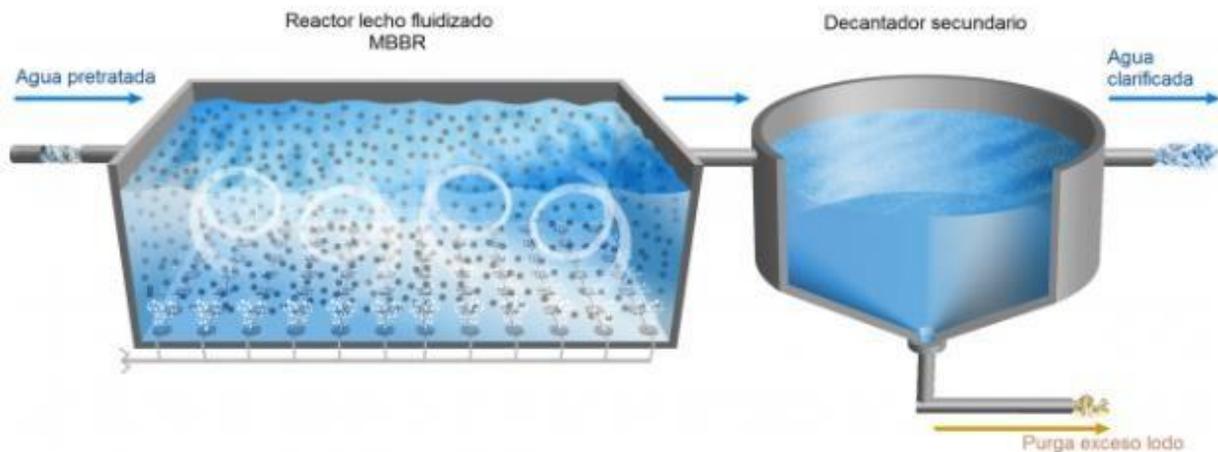
5.4.1. Procesos aerobios

Estos procesos se clasifican en dos grupos teniendo en cuenta el medio donde se encuentre el microorganismo: Los sistemas con biomasa suspendida, son aquellos en donde los reactores no poseen un medio de soporte y los microorganismos forman flóculos, por ejemplo los lodos activados (CAS); mientras que si el reactor tiene un medio, ya sea natural o sintético, que se utiliza de soporte para desarrollar la comunidad microbiana en forma de película, se llama reactor de biomasa fija, donde encontramos los sistemas con biorreactores de membrana MBR y biorreactor de lecho móvil (MBBR)[113]

- **MBBR:** Es un biorreactor de lecho móvil, que se utiliza en el tratamiento biológico, funciona por medio de bacterias aerobias que degradan la materia orgánica. El relleno filtrante es la superficie de soporte a la cual va adherida la biopelícula con el cultivo bacteriano. Estos soportes se encuentran sumergidos y en movimiento en el reactor biológico.[114]

Figura 27.

Esquema de funcionamiento del bioreactor MBBR y un decantador secundario.



Nota. En esta figura se muestran los equipos involucrados en un tratamiento biológico, secundario, que cuenta con un sistema MBBR y un decantador secundario. Tomado de GEDAR – Tratamiento de Aguas y D. Filtros, “Bioreactor lecho móvil MBBR - GEDAR - Tratamiento de Aguas.” <https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/bioreactor-lecho-movil-mbbr.htm> (accessed Jun. 16, 2021).

El agua necesita tener un pretratamiento antes de ingresar en el reactor biológico. Posteriormente al cumplir con su tiempo de retención dentro del reactor, se produce una separación sólido - líquido, en un decantador secundario. Como el principio de funcionamiento del decantador es por diferencia de densidad, los flóculos que se desprenden de la biopelícula, sedimentan por gravedad y quedan en la parte inferior del decantador.

Este sistema necesita una cantidad específica de materia orgánica, ya que cantidades excesivas, metales pesados y/o sales pueden causar la inhibición o destrucción del microorganismo.[114]

- **MBR:** El bioreactor de membrana es una mezcla entre el tratamiento biológico de lodos activados y la filtración. Este degrada los contaminantes del vertimiento con el uso de bacterias y microorganismos. Después de ser sometido al tratamiento, el lodo producido se filtra del agua, utilizando como medio una membrana de ultra/microfiltración.[115] Existen dos configuraciones MBR, dependiendo si la filtración del agua se hace dentro o fuera del reactor, denominándose filtración sumergida o externa respectivamente.[116]

Figura 28.

Esquema de funcionamiento de un MBR en sus dos configuraciones a) MBR membrana sumergida. b) MBR membrana externa.



Nota. En esta figura se muestran las configuraciones de llevar a cabo un sistema MBR para un tratamiento biológico. Tomado de GEDAR – Tratamiento de Aguas and D. Filtros, “Bioreactor de membrana MBR - GEDAR - Tratamiento de Aguas. ”<https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/bioreactor-membrana-mbr.htm> (accessed Jun. 16, 2021).

Este sistema de tratamiento de aguas residuales presenta baja transferencia de oxígeno, lo que influye en los altos costos energéticos; bajo flujo de caudal a través de la unidad de membrana, lo que implicaría que cuando el centro comercial esté en sus horas pico, no funcione el proceso de manera adecuada, ya que el equipo tendría que trabajar a condiciones de sobre diseño; otro aspecto está relacionado con el ensuciamiento de la membrana debido a la formación de una capa de lodo, coloides y soluto que se acumulan sobre la superficie de la membrana, impidiendo el comportamiento adecuado de esta [117], repercutiendo en altos costos operativos y de mantenimiento; son los procesos más indicados para el tratamiento de aguas residuales industriales.[118]

- **CAS:** El sistema de lodos activados consiste en poner en contacto el vertimiento con una población microbiana mixta, la cual se encuentra en suspensión con un sistema aireado y agitado. Con ayuda de la adsorción y al obtener una acumulación de flóculos, la materia en suspensión y la coloidal se eliminan rápidamente del vertimiento. Los nutrientes y la materia disueltos se estabilizan al descomponerse por metabolismo microbiano. Ocurre una oxidación que suministra la energía a los procesos anteriores; al obtener los lodos, se separa del agua tratada en un sedimentador, en donde el agua tratada queda en la parte superior libre de lodos. Por medio de una

bomba se recirculan algunos sólidos al tanque de aireación, para mantener un cultivo de bacterias en suspensión adecuado en el reactor biológico.[119]

Las bacterias utilizan la materia orgánica para realizar su proceso metabólico, generando nuevo tejido celular. Los productos de la degradación de la materia orgánica con oxígeno son el CO₂, H₂O y nuevos microorganismos.[120]

El sistema de aireación, aparte de oxigenar para asegurar las condiciones aerobias, permite la correcta agitación del licor mezcla y así evita la sedimentación en forma de flóculos.[120]

Tabla 25.

Porcentajes de remoción de un sistema de lodos activados.

| Parámetro | Porcentaje de remoción (%) |
|-------------------------------|---|
| DQO (mg O ₂ / L) | 85 – 95 |
| DBO5 (mg O ₂ / L) | 90 – 98 |
| Sólidos Suspendidos (mg SS/L) | 85 – 98 |
| Nitrógeno (mg N / L) | 15 - 30 Tratamiento Secundario |
| | 70 - 90 con desnitrificación |
| Fósforo (mg P / L) | 10 - 25 Tratamiento Secundario |
| | 70 a 90 con Remoción de Nitrógeno y Fósforo |
| Coliformes Fecales | 60 - 90 |

Nota. En esta tabla se muestran los porcentajes de remoción que se consiguen al aplicar un tratamiento secundario, de carácter biológico, de lodos activados para el tratamiento de aguas residuales. Tomado de J. F. Luque Tumiri, “¿Qué son los lodos activados?,” Jun.27, 217AD.<http://natzone.org/index.php/areas-de-investigacion/contaminacion-y-tratamiento/item/86-que-son-los-lodos-activados> (accessed Jun. 16, 2021).

La principal ventaja de este proceso, es su amplia aplicación en los tratamientos de aguas residuales, debido a su uso a gran escala, fácil operación, mejor control de variables y porque representa menores costos [122]; por esto es que posee gran variedad en la aplicación de diferentes tipos de aguas residuales; este posee gran tolerancia para tratar altas cargas orgánicas, por lo cual no se vería afectado en condiciones extremas de operación [119]. Normalmente el reactor biológico y el decantador secundario son dos equipos independientes. Sin embargo, puede llevarse a cabo este proceso en un único equipo, actuando alternativamente como reactor y decantador.[120]

Tabla 26.

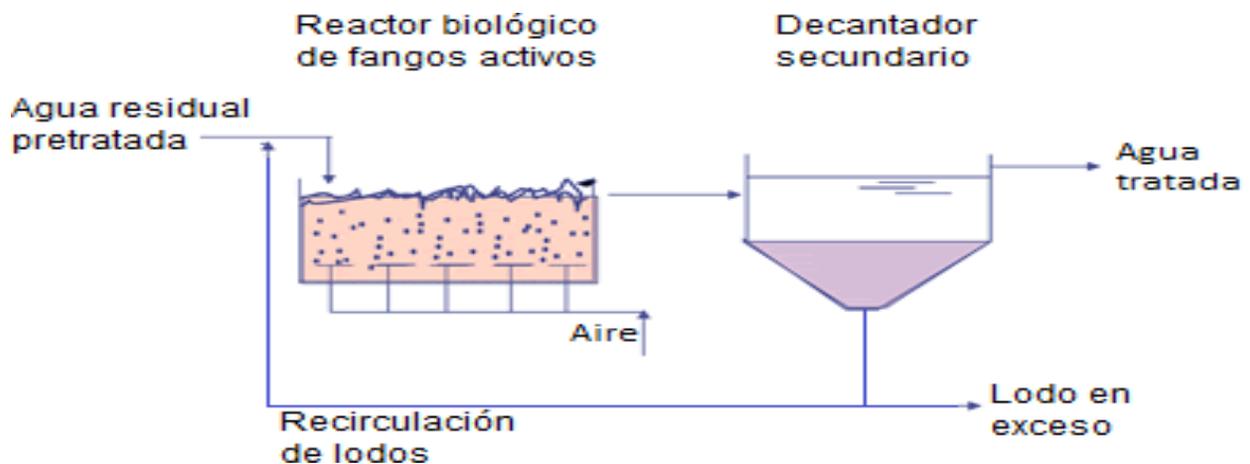
Ventajas y desventajas del tratamiento de lodos activados.

| Ventajas | Desventajas |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Funcionamiento sencillo.• Altas eficiencias de remoción• Requiere de áreas reducidas.• Baja producción de olores.• Puede implementarse procesos adicionales como la desnitrificación.• Reuso de los lodos producidos. | <ul style="list-style-type: none">• Altos costos por obra civil• Problemas con el almacenamiento de los lodos• Riesgos de taponamiento en el proceso.• Altos costos operacionales• Muy baja remoción de coliformes fecales. |

Nota. En esta tabla se muestran los beneficios e inconvenientes del sistema de tratamiento biológico por medio de lodos activados. Tomado de J. F. Luque Tumiri, “¿Qué son los lodos activados?,” Jun.27,217AD.<http://natzone.org/index.php/areas-de-investigacion/contaminacion-y-tratamiento/item/86-que-son-los-lodos-activados> (accessed Jun. 16, 2021).

Figura 29.

Esquema de funcionamiento del Bioreactor de fangos activos y un decantador secundario



Nota. En esta figura se muestra como es el funcionamiento de un tratamiento secundario, de tipo biológico, a través de fangos activos. Tomada de GEDAR – Tratamiento de Aguas and D. Filtros, “Fangos activos - GEDAR - Tratamiento de Aguas.” <https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/fangos-activos.htm> (accessed Jun. 16, 2021).

5.4.2. Criterios técnicos y ambientales

Teniendo en cuenta la información recopilada anteriormente, se decide evaluar los % de remoción de la DQO para los tres procesos mencionados CAS, MBR y MBBR donde se logra tener una eficiencia de 83%, 91%, 82% respectivamente para los procesos. Con esto se evidencia un % de remoción de DQO mayor para los procesos MBR sin embargo estos presentan desventajas como: si no se mantiene correctamente la membrana se puede ensuciar fácilmente, dificultando la operación y el mantenimiento de estos sistemas, limitando su vida útil; costos más altos asociados a las membranas y al sistema de aireación; mayor complejidad operativa y un requisito de aireación superior.

Otro parámetro importante que se tuvo en cuenta fue el capex, el cual se determinó que era menor para el CAS en comparación con los otros dos sistemas; teniendo en cuenta un estudio realizado para la implementación de estos tratamientos en una planta textil, donde los costos de implementación eran: cero para el sistema CAS; 366,153€ para el MBR, estos están relacionados al costo e instalación de la membrana; 115,500 € para el MBBR, estos asociados al costo de los carrier, los cuales son el medio de transporte de los microorganismos. Así mismo para el opex de los tres tratamientos, se tuvieron en cuenta el consumo energético y los impuestos ambientales, el de mayor valor fue para el CAS con un valor de 1,41 €/m³, ya que este tiene gran generación de lodos repercutiendo en el costo de los impuestos; mientras que el MBR y el MBBR se ven afectados por el costo de mantenimiento y reemplazo del lecho fijo. No obstante, el costo total (capex + opex), en donde se tienen en cuenta los costos relacionados con el reactor, la membrana y la aireación dentro del proceso, muestra que es menor para el CAS. [123], [124], [125].

Por los parámetros evaluados anteriormente, se decide escoger el CAS, ya que posee el menor costo total y logra un porcentaje de remoción de DQO significativo y no muy lejano en comparación al MBR. En relación con la parte ambiental, esta mejora contribuye a que el agua esté más cerca de cumplir con la resolución 1207 de reuso lo cual implica una disminución en el gasto hídrico y a su vez ayuda con la responsabilidad social y ambiental que tiene Centro Mayor Centro Comercial en el desarrollo sostenible.

6. EVALUACIÓN DE COSTOS

6.1. Ajuste de pH y oxigenación del agua, en el Tanque Homogeneizador

Teniendo en cuenta que, para la regulación de pH, ya se está utilizando un reactivo como el hidróxido de sodio (NaOH), no es necesario incurrir en una inversión adicional, ya que el ajuste de pH solo implica una optimización de la dosificación actual del reactivo y con esto se facilita la neutralización de los sulfuros.

Se establece que el ajuste en la dosificación, genera un ahorro, aproximado del 5% en el insumo, teniendo en cuenta que se desea disminuir el pH por lo tanto la cantidad de NaOH empleado disminuirá. Esto se puede observar evaluado en la economía y el rendimiento del producto, el valor de un bulto de 25Kg es de aproximadamente \$128.000, teniendo en cuenta que se utilizaría un 5% menos, se estaría consiguiendo un ahorro de \$6.400 por cada 25Kg de NaOH adquiridos por la empresa.

La oxigenación del agua en el tanque homogeneizador se da por medio de difusores de disco, según lo mencionado en el capítulo 5 POSIBILIDAD DE MEJORA. Ítem 5.1. Ajuste de pH y oxigenación del agua, en el Tanque Homogeneizador y en el DAF; lo que se relaciona al tamaño de las burbujas de agua y teniendo en cuenta lo mencionado por los encargados de Centro Mayor Centro Comercial, este parámetro está directamente relacionado con el tamaño de los orificios del disco de los difusores, por tanto se tendría que evaluar en las fichas técnicas si estos discos tienen el tamaño adecuado para formar burbujas finas y con aumentar el flujo de oxígeno al agua se cumpliría con el objetivo de precipitar correctamente los metales pesados o si por el contrario los discos no están logrando el tamaño de burbuja adecuado y es necesario realizar un cambio por unos que sí consigan el diámetro necesario para la formación de burbujas finas (2-5 mm).

6.2. Cambiar los Filtros de Arena

En relación con la propuesta generada en el capítulo 5 POSIBILIDAD DE MEJORA, se establece que el mejor material para llevar a cabo el cambio en los filtros de arena es el acero inoxidable, ya que cuenta con las mejores características para tratar este tipo de aguas residuales, por lo anterior se establece la evaluación de los costos, para esto inicialmente se hizo una cotización con fines académicos, al ingeniero químico Harvey Arévalo, el cual pertenece a la empresa Industrias Protón Ltda., para llevar a cabo esta labor, se tuvo en cuenta el caudal actual de operación de los filtros, que es de 60 - 70 LPM, el lecho filtrante con el que va a contar, será el mismo que actualmente está en

los filtros de hierro, el cual es un lecho multimedia de arena antracita, con estas especificaciones se dio un valor de \$35.000.000.

6.3. Plan de Mejora en la Gestión de Operación y Mantenimiento de la PTAR

Dentro de la propuesta de mejora de la PTAR de Centro Mayor Centro Comercial, esta sección será elemental, ya que se encargará del seguimiento riguroso del funcionamiento de los equipos; por ende, se tendrán en cuenta los aspectos relacionados con el manejo que le dan los operarios a la planta, la periodicidad de los mantenimientos y la limpieza, etc. Con esto se comprueba que no habrá un gran impacto en los costos, ya que son labores de seguimiento, por otro lado los posibles gastos serían en el área de servicios, dado que las limpiezas serían con un menor intervalo de tiempo, sin embargo estos valores no serían relevantes, dadas las consecuencias que puede traer en los equipos la ausencia del mantenimiento o de limpieza, ya que al permitir que los equipos se colmaten de contaminantes, esto puede generar el crecimiento de microorganismos indeseados así como la reducción de la vida útil de cada equipo, sin contar con que la calidad del efluente también se vería deteriorada. Teniendo en cuenta el mantenimiento preventivo mencionado en el capítulo anterior, los equipos que necesitaran repuestos en periodos de tiempo definidos, con su respectivo valor anual como se observa a continuación.

Tabla 27.

Costos asociados al mantenimiento de la maquinaria de la PTAR

| Maquinaria | Repuestos | Valor | Periodicidad |
|--|------------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Bomba sumergible del tanque homogeneizador | Rodamientos y sellos mecánicos | \$100.000 - 150.000 | Semestral |
| Bombas dosificadoras (2) DAF | Kit de partes | \$200.000 - 250.000 | Bienal |
| Filtro de arena | Lecho filtrante de arena y sílice | \$170.000 - 190.000 | Semestral |
| Filtro de carbón | Lecho filtrante de carbón activado | \$400.000 - 450.000 | Anual |
| Mano de obra | ---- | \$300.000 - 400.000 | Semestral |
| Total de Mantenimiento | ---- | \$1'640.000 - 2'055.000 | Anual |

Nota. En esta tabla se establecen los repuestos necesarios para realizar el mantenimiento a los equipos involucrados en el tratamiento de aguas, los valores y la periodicidad con que serán ejecutados.

Adicionalmente la implementación de esta mejora con lleva a gastos adicionales relacionadas a la capacitación de los operarios de la PTAR, para esto se tiene un costo aproximado de \$2.000.000 - \$3.000.000, los cuales cubrirán la enseñanza del capacitador, este valor es el que suelen manejar las

entidades prestadoras de este servicio, para esto las empresas necesitan cumplir con las normas ISO 14001 y 9001, dado su carácter ambiental y lo relacionada a la gestión de calidad.

6.4. Tratamiento Biológico

Para la cotización de la implementación del tratamiento biológico, fue necesario evaluar algunos parámetros de diseño elementales de los equipos que se involucraron para determinar los costos energéticos, para esto se hizo un balance de materia para establecer la concentración de DBO a la entrada del reactor biológico, para esto se tuvieron en cuenta los dos equipos involucrados en la remoción de este parámetro, en la trampa de grasas según la teoría mencionada se espera una remoción del 10%, mientras que en el DAF, el menor porcentaje de remoción será del 30%; por lo tanto la concentración inicial para el reactor biológico se establece en $(25,943 \cong 26)$ Kg DBO_s/día. (ver **Anexo 7**).

Con el valor de la altura disponible del parqueadero donde se encuentra ubicada la PTAR Morado⁸, la cual es de 2,2 m, se decidió darle una altura al reactor biológico de 1,8 m para facilitar el transporte y la instalación del equipo en el estacionamiento; la altura de la lámina del agua será de 1,6 m, esto con el fin de evitar que se desborde el vertimiento al ser sometido a la constante aireación.

Tabla 28.

Parámetros de Diseño en Lodos Activados

| Parámetro | Sistema convencional |
|--|----------------------|
| MLVSS reactor(mg/L) | 1500-3000 |
| Edad de lodos (días) | 5-15 |
| Tiempo de retención hidráulico (horas) | 4-8 |

| Modificación del proceso | θ_c , días | U, kg DBOs/kg SSVLM-día | Carga Volumétrica, kg DBOs/m ³ | SSVLM, mg/l | V/Q, hora | Qr/Q |
|------------------------------|-------------------|-------------------------|---|----------------|-----------|-----------|
| Convencional | 5-15 | 0.2-0.4 | 0.32-0.64 | 1500-3000 | 4-8 | 0.25-0.5 |
| Mezcla Completa | 5-15 | 0.2-0.6 | 0.8-1.92 | 3000-6000 | 3-5 | 0.25-1.0 |
| Aireación Escalonada | 5-15 | 0.2-0.4 | 0.64-0.96 | 2000-3500 | 3-5 | 0.25-0.75 |
| Aireación Modificada | 0.2-0.5 | 1.5-5.0 | 1.20-2.40 | 200-500 | 1.5-3 | 0.05-0.75 |
| Contacto* y Estabilización** | 5-15 | 0.2-0.6 | 0.96-1.20 | (1000-3000)* | (0.5-1)* | 0.25-1.0 |
| | | | | (4000-10000)** | (3-6)** | |
| Aireación Prolongada | 20-30 | 0.05-0.15 | 0.16-0.4 | 3000-600 | 18-36 | 0.75-1.5 |
| Proceso Kraus | 5-15 | 0.3-0.8 | 0.64-0.16 | 2000-3000 | 4-8 | 0.5-1.0 |
| Aireación alta carga | 5-10 | 0.4-1.5 | 1.6-16 | 4000-10000 | 0.5-2 | 1.0-5.0 |
| Sistemas oxígeno puro | 8-20 | 0.25-1.0 | 1.6-4 | 6000-8000 | 1-3 | 0.25-0.5 |

θ_c = Tiempo de retención celular, U = utilización específica de sustrato,

Qr = Flujo en la recirculación, Q = Flujo de entrada

Nota. En esta tabla se puede apreciar los parámetros teóricos que se deben aplicar para llevar a cabo el diseño de un tratamiento secundario, de carácter biológico, específicamente de lodos activados. Tomado de J. A. Romero Rojas, *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño* / Jairo Alberto Romero Rojas - Librería de la U. E. Colombiana de Ing.

Teniendo en cuenta la **Tabla 28. Parámetros de diseño en lodos activados**, se trabaja con una carga orgánica volumétrica de 0,48 Kg DBO₅/m³*día, considerando que es el valor promedio entre el mínimo y el máximo (0,32- 0,64) para el diseño teórico del proceso convencional de lodos activados [126], al aplicar la ecuación expresada en la **Figura 30. Cálculo de la Carga Orgánica Volumétrica** [127], el resultado obtenido para el volumen del reactor es de 54,05 m³.

Figura 30.

Cálculo de la Carga Orgánica Volumétrica

$$COV = \frac{Q}{V}, \quad 0,48 \text{ Kg DBO}_5 / \text{m}^3 \text{ dia} = \frac{39,6 \text{ m}^3 / \text{dia}}{V}, \quad V = 54,05 \text{ m}^3$$

Nota. En esta figura se presenta la ecuación para realizar el cálculo de la carga orgánica volumétrica, donde COV: Carga Orgánica Volumétrica (Kg DBO₅/m³*día), Q: Caudal, V: Volumen del Reactor

Otro parámetro importante fue la carga másica, la cual teniendo en cuenta la **Tabla 28. Parámetros de diseño en lodos activados** su rango óptimo de diseño está entre 0,2- 0,4 [126]; la cantidad de biomasa escogida para ingresar al reactor fue de 1,5 kg/ m³(1500 ppm), ya que al realizar los cálculos con el máximo de 3000 ppm, el valor de la carga másica sería de 0,16 estandofuera de los rangos óptimos de diseño; lo cual al ser menor implicaría que el volumen del reactor es superior al necesario para el tratamiento del vertimiento. Adicionalmente la cantidad de microorganismos, es proporcional a la producción de lodos. Para el cálculo de la carga másica se utilizó la **Figura 31. Ecuación para el cálculo de la carga másica** [128], se obtuvo un valor de carga másica de 0,32 kg DBO₅/ kg SSMLV *día el cual se encuentra dentro de los rangos teóricos para el tratamiento biológico.

Figura 31.

Ecuación para el cálculo de la carga másica

$$U = \frac{C \text{ DBO}_5}{SSVLM * V} = \frac{26 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{dia}}}{1,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 54,05 \text{ m}^3} = 0,32 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{kg SSVLM} * \text{dia}}$$

Nota. En esta figura se presenta la ecuación para el cálculo de la carga másica del reactor biológico, donde U: Carga másica del reactor, C DBO₅: Concentración de DBO a la entrada del reactor biológico, SSVLM: Cantidad de Biomasa, V: Volumen del reactor.

Posteriormente con estos valores y especificando algunas otras variables relacionadas al modelo del difusor, el cual se estableció de burbuja fina, para conseguir una mayor transferencia de masa, como se menciona en el capítulo 5. Se incluyó la temperatura del vertimiento la cual extrajimos del muestreo compuesto, que tenía un valor de 19°C (ver Anexo 6). Con estos datos, la ayuda del ingeniero Harvey Arévalo y el simulador SSI Aeration SMART IDEAS FOR WATER, se calculó el costo energético del reactor biológico, para esto fue necesario verificar el valor del kWh, según el tarifario de la empresa de energía Enel Codensa se maneja un aproximado de 600 \$/kWh. El simulador mostró un valor de US\$ 973 como costo operativo anual, lo que equivale a \$3.667.237. (ver **Anexo 8**).

Por último, para complementar el diseño del proceso biológico, es necesario tener un clarificador, sin embargo, para hacer una reducción de los costos de inversión, se propone una adecuación al clarificador secundario que posee actualmente la PTAR Morado 8, con esto se facilita la instalación, disminuyen los costos de inversión y se hace la mejor disposición de los recursos existentes en la planta. Para generar un valor total, se solicitó al ingeniero químico Harvey Arévalo una cotización con fines académicos que incluyera el reactor biológico y la adecuación del clarificador, el valor fue de \$180.000.000.

7. CONCLUSIONES

En la caracterización que se realizó a la PTAR (Morado 8), se identificó que las unidades que contemplan procesos químicos, son el tanque homogeneizador, donde se regula el pH y el DAF, en el cual se lleva a cabo el proceso de coagulación - floculación. Adicionalmente con la matriz comparativa del muestreo histórico, los parámetros que presentan incumplimiento son aceites y grasas, cadmio, cobalto, cromo total, DQO, DBO, fenoles, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, sulfuros y vanadio. Esta información sirvió de sustento para reconocer los equipos con posibles problemas en su porcentaje de remoción y a su vez para establecer un análisis preliminar de cada variable.

Basándonos en el muestreo realizado, se evidenció que las variables críticas son Aceites y Grasas, DBO, DQO, Fenoles, Hidrocarburos, Manganeso y Mercurio; teniendo en cuenta que no cumple con los parámetros más restrictivos entre las resoluciones (3957 del 2009 - 1207 del 2014 - 631 del 2015). Estas se encuentran relacionadas directamente a varios de los equipos del tren de tratamiento (Tanque Homogeneizador, DAF, Filtros de Arena). Por lo tanto, dentro de la propuesta de mejora se decide hacer un consolidado con varias reformas al proceso, como la modificación del rango de pH, en el tanque homogeneizador; el cambio en el material de los filtros de arena; un plan de monitoreo y mantenimiento del tren de tratamiento y la posibilidad de llevar a cabo un tratamiento biológico; con el fin de lograr los mejores porcentajes de remoción.

Dentro de las propuestas de mejora, uno de los puntos claves es mantener un control en la oxigenación y un rango de pH entre 8 - 9 para el tanque homogeneizador y la entrada del DAF, con esto se garantiza que se dé la neutralización de los sulfuros y la precipitación de los metales.

Después de evaluar el estado físico de los equipos, se concluye que es necesario cambiar los filtros de arena, por unos en acero inoxidable, debido a la alta corrosión que presentan actualmente. Asimismo, se planteó una rutina de mantenimiento y limpieza, para todos los equipos involucrados en el tren de tratamiento, con el fin de no afectar el efluente con contaminación cruzada, así como contribuir a una mejor operación de los equipos y que esto se refleje en una vida útil más larga.

Finalmente, para la elección del tratamiento biológico, se tuvieron en cuenta los procesos aerobios y anaerobios, donde se evidenció que el más adecuado para suplir la necesidad de remover los contaminantes existentes y por la ubicación actual de la PTAR Morado 8, fue el tratamiento aerobio, más específicamente por medio de lodos activados, en el cual podemos resaltar un menor costo total, en donde se evaluaron los índices capex y opex.

Dentro de las variables críticas analizadas, se observó que en el equipo DAF se presenta un % importante de remoción, por esto se recomienda llevar a cabo un test de jarras en donde se analicen si el floculante y coagulante utilizados actualmente realmente son los mejores para trabajar este tipo de vertimientos o si hay una mejor alternativa; si los tiempos de retención y de reacción están siendo suficientes; si la dosificación es adecuada, etc. En este trabajo las circunstancias pandémicas no permitieron llevar a cabo este proceso y dada la confidencialidad de los reactivos utilizados actualmente en la PTAR, no fue posible evaluar a través de la teoría si el principio activo era el adecuado para los insumos.

Los costos relacionados con la propuesta de mejora se estimaron en \$250'000.000, teniendo en cuenta que solo dos de las modificaciones necesitan una inversión asociada a la adquisición de equipos, estas son el cambio de los filtros de arena y el tratamiento biológico. Mientras que en el mantenimiento se tendrá un valor anual entre \$3'640.000 - \$5'055.000. Con lo establecido a lo largo de esta investigación, se proyecta que, en un plazo de 2 a 3 años, se implemente el 100% de las mejoras propuestas, contribuyendo al desarrollo de un proceso autosostenible, que permita el aprovechamiento de las aguas tratadas, manteniendo la responsabilidad social, ambiental y empresarial por la que se caracteriza Centro Mayor Centro Comercial.

Con el fin de enriquecer el proyecto de investigación, se socializó con la empresa la propuesta de mejora, la cual fue recibida de manera positiva y se proyecta a llevar a cabo las recomendaciones en otros proyectos de grado, implementando la propuesta de mejora descrita en este trabajo, para que a futuro puedan alcanzar el funcionamiento óptimo de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “CAR | Río Bogotá.” https://www.car.gov.co/rio_bogota/vercontenido/9 (accessed Mar. 24, 2021).
- [2] Enrique Arriols, “Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican - descúbrelo aquí,” 2018. <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html> (accessed Mar. 24, 2021).
- [3] Zarza Laura, “¿Qué son las aguas residuales? | iAgua.” <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales> (accessed Mar. 24, 2021).
- [4] Puigcaldes Jordi, “Conoce los tipos de aguas residuales – deagua,” 2020. <http://blogdeagua.es/conoce-los-tipos-de-aguas-residuales/> (accessed Mar. 24, 2021).
- [5] Fibras y Normas de Colombia S.A.S., “▷ Tipos de aguas residuales ★ términos y definiciones.” <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/tipos-de-agua-residuales/> (accessed Mar. 24, 2021).
- [6] “Tipologías Aguas Residuales | Cyclus ID.” <https://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tipologias/> (accessed Mar. 24, 2021).
- [7] R. Ramalho. (1996). *Introduction to Wasterwater Treatment Processes* (2nd ed). [Online]. <https://cutt.ly/MQURx2c>. (accessed Mar. 24, 2021).
- [8] “Pretratamiento | Cyclus ID.” <https://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/pretratamiento/> (accessed Mar. 24, 2021).
- [9] J. Milena Lizarazo Becerra Código and M. Isabel Orjuela Gutiérrez Código, “Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia,” 2013. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20486>.
- [10] I. Carlos and J. Collazos, “Tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales universidad nacional de Colombia facultad de ingenieria catedra internacional.” UN, Bogotá DC, 2008. [Online]. Available: <https://cutt.ly/nQUTDHj> (accessed Mar. 24, 2021).
- [11] W. A. Arismendi Espinosa, “Evaluación y comparación de la capacidad floculante de

- taninos modificados (quebracho, acacia, castaño) y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales,” Pontificia Universidad Javeriana, 2016. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/34503>.
- [12] R. Rojas, “Curso Internacional ‘Gestión integral de tratamiento de aguas residuales’ 25 al 27 de septiembre de 2002 Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.”. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División, 2002. [Online]. Available: <https://cutt.ly/qQUQUI0> (accessed Mar. 11, 2021).
- [13] “Tratamiento Primario | Cyclus ID.” <https://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamiento-aguas/tratamiento-primario/> (accessed Mar. 11, 2021).
- [14] “Tratamiento primario de aguas residuales | Acuatecnica.” <https://acuatecnica.com/tratamiento-primario-aguas-residuales/> (accessed Mar. 11, 2021).
- [15] M. A. Bravo Gallardo, “*Coagulantes y Floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados.*”, Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias y Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá DC, Colombia, 2017. [Online]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5609/BravoGallardoMon?sequence=1> (accessed Mar. 23, 2021).
- [16] “Proceso de Coagulación / Floculación en el tratamiento del agua Sulfato de aluminio Sulfato de aluminio.” Silicatos y Derivados SA. [Online]. Available: <https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Sulfato%20de%20aluminio%20SIDESA.pdf> (accessed Mar. 23, 2021).
- [17] M. Meza-Leones, K. Riaños Donado, I. Mercado Martínez, R. Olivero Verbel, and M. Jurado Eraso, “Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleífera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 17, no. 2, pp. 95–104, Jun. 2018, doi: 10.18273/revuin.v17n2-2018009. 1 (accessed Mar. 23, 2021).
- [18] “Cuáles son las ventajas y desventajas de la purificación de agua mediante coagulantes.” [Online]. Available: <https://bebederosyenfriadores.com/cuales-son-las-ventajas-y-desventajas-de-la-purificacion-de-agua-mediante-coagulantes/> (accessed Mar. 24, 2021).

- [19] C. F. Rodríguez Salcedo, “*Uso y control del proceso de coagulación en plantas de tratamiento de agua potable*”. Tesis de pregrado. Facultad de ingenierías, U. de Sucre, Sucre, Colombia, 2008. [Online]. Available: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/298/628.162R696.pdf;jsessionid=382E9D0EBEB3534206395678F4C4F281?sequence=2>. (accessed Mar. 24, 2021).
- [20] H. A. Restrepo Osorno, “*Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable*”, facultad de minas, Universidad Nacional Colombia, Medellín, 2009. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2561>. (accessed Mar. 24, 2021).
- [21] D. M. Murillo Castaño and Q. Industrial, “Análisis de la influencia de dos materias primas coagulantes en el aluminio residual del agua tratada,” Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2011. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/2081>.
- [22] M. G. Sánchez Tique, “Compositos poliméricos de Poli (ácido acrílico) con hidróxido férrico para el tratamiento de efluentes contaminados con arsénico,” 2018, Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.ipicyt.edu.mx//handle/11627/4051>.
- [23] I. Inchausti, P. M. Sasía, and I. Katime, “*Floculantes poliméricos no iónicos obtenidos en emulsión inversa: síntesis y caracterización.*” Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco, Bilbao, España.. [Online]. Available: <https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/08/previos-inchausti.pdf> (accessed Mar. 24, 2021).
- [24] “Manual de biogás,” MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF M, Santiago, Chile, 2011[Online]. Available: <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf> (accessed Mar. 24, 2021).
- [25] J. K. Miranda “Capítulo 3 depuración biológica de las aguas residuales urbanas.”, pp. 08 – 49.
- [26] J. G. Macías, “*Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso?*,” Tesis de Posgrado. Facultad de ingenierías. Guadalajara, Jalisco, México DF, 2013. [Online]. Available: https://www.ai.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingreso_s/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf (accessed Mar. 24, 2021).

- [27] Tratamiento de aguas residuales, 1ª ed. Belzona, 2010. [Online]. Available: https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf. (accessed Mar. 24, 2021).
- [28] “¿Qué Es El Intercambio de Ion? | Fluence.” [Online]. Available: <https://www.fluencecorp.com/es/que-es-el-intercambio-ionico/> (accessed Mar. 24, 2021).
- [29] Ecopreneur, “Osmosis Inversa en la Purificación del Agua | Ecopreneur,” Apr. 11, 2018. [Online]. Available: <https://www.ecopreneur.pe/osmosis-inversa-en-la-purificacion-del-agua/> (accessed Mar. 24, 2021).
- [30] Doménech Javier, (2004) “Ozono frente a cloro | Offarm,” (5ª ed.) [Online]. vol. 23 Available:<https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-ozono-frente-cloro-13061803> (accessed Mar. 24, 2021).
- [31] P. Torres, “Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo,” *Rev. EIA*, vol. 18, pp. 115–129, 2012. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372012000200010 (accessed Mar. 24, 2021).
- [32] M. L. Robles Rojas, *Diseño de interceptor de sólidos y grasas para controlar el exceso de concentración de los valores máximos admisibles de las descargas de aguas residuales en el sistema dealcantarillado sanitario de los restaurantes de la ciudad de huánuco*, Tesis de posgrado, Universidad Nacional “Hermilio Valdizán”, Huánuco, Perú, 2017. [Online]. Available: <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/2091>. (accessed Abr. 12, 2021)
- [33] Y. P. Vizcardo Delgado, *Desarrollo de un programa integral de disminución de valores máximos admisibles en aguas residuales de establecimientos de comida en un centro comercial de Lima*, facultad de ciencias naturales y formales, Universidad nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú, 2019 [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10647/UPvideyp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (accessed Abr. 12, 2021)
- [34] H. J. Espinoza Rodríguez, *Procesos constructivos en la planta de tratamiento para la reutilización de aguas residuales del Mall El Quinde de Ica*, Tesis de pregrado, facultad de ingeniería, Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2018. [Online]. Available:

- https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38600/Espinoza_RHJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y. (accessed Abr. 12, 2021)
- [35] M. de A. y D. Sostenible, “Resolución 0631: Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.” Mar. 2015. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf.
- [36] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Resolución 1207: Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.” Jul. 2014. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-1207-de-2014.pdf>.
- [37] Secretaría Distrital de Ambiente, “Resolución 3957 de 2009”, Secretaria del Hábitat, [Online]. Available: <https://www.habitatbogota.gov.co/resolucion-3957> (accessed Mar. 24, 2021).
- [38] Centro Mayor Centro Comercial. GoogleMaps. [Online]. Available: <https://cutt.ly/wQO6usr> (accessed Mar. 24, 2021).
- [39] T. Rodriguez, D. Botelho, and E. Cleto, “Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta Treatment of industrial effluents of recalcitrant nature using ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation,” Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.º 46. diciembre, 2008. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302008000400003
- [40] “Tratamiento ecológico de aguas residuales a base de Peróxido de Hidrógeno – SUN S.A.,” AGUA, Dec. 2017, Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: <https://sunsa.cl/tratamiento-ecologico-de-aguas-residuales-a-base-de-peroxido-de-hidrogeno/>.
- [41] C. P. Bosque, “Diseño y dimensionamiento de la línea de agua de una PTAR procedente de un matadero porcino,” 2016. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/165304/TFG_2016_PallaresBosqueC

- ristina.pdf?sequence=1.
- [42] J. E. Forero, J. Díaz, and V. R. Blandón, “Diseño de un nuevo sistema de flotación para tratamiento de aguas industriales,” Instituto Colombiano del Petróleo, 1999. Accessed: Mar. 17, 2021. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5563672&info=resumen&idioma=ENG>.
- [43] A. Rodríguez Fernández-Alba *et al.*, “Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales,” 2006. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: www.madrimasd.org.
- [44] R. Rojas, “Curso Internacional ‘Gestión integral de tratamiento de aguas residuales’ 25 al 27 de septiembre de 2002 Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.”. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División, 2002. [Online]. Available: <https://cutt.ly/qQUQUI0> (accessed Mar. 17, 2021).
- [45] M. Fuentes Diaz, “Identificación de sistemas terciarios para el tratamiento de aguas residuales,” Comisión Nacional del Agua, CNA, Mexico D.F. Accessed: Mar. 30, 2021. [Online]. Available: <http://201.116.60.182/conagua07/Noticias/SistemasTerciarios.pdf>.
- [46] “Sistemas de Flotación de Aire Disuelto (DAF) | Fluence.” [Online]. Available: <https://www.fluencecorp.com/es/flotacion-aire-disuelto/> (accessed Mar. 17, 2021).
- [47] *iagua*, “Filtración (II): selección del equipo de filtrado,” [Online]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/filtracion-ii-seleccion-equipo-filtrado> (accessed Mar. 24, 2021).
- [48] J. E. Arana Correa, *Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del río Cauca*, Tesis de pregrado, facultad de ingeniería, Escuela de ingeniería de los recursos naturales y del ambiente, Santiago de Cali, Colombia, 2016. [Online]. Available: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/9337/3754-0505547.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed Mar. 24, 2021)
- [49] “¿Qué es la Filtración de Carbón Activado? | Fluence,” *fluence*, Jul. 27, 2020. [Online]. Available: <https://www.fluencecorp.com/es/que-es-la-filtracion-con-carbon-activado/> (accessed Mar. 24, 2021).
- [50] P. Cisterna Osorio and D. Peña, “Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas

- residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región.”
 Accessed: Apr. 12, 2021. [Online]. Available:
[https://nanopdf.com/download/determinacion-de-la-relacion-dqo-dbo5-en-aguas-residuales -de_pdf](https://nanopdf.com/download/determinacion-de-la-relacion-dqo-dbo5-en-aguas-residuales-de_pdf)
- [51] A. Nelly Ardila Arias, J. Reyes Calle, E. Arriola Villaseñor, and J. Alfredo Hernández, “Remoción fotocatalítica de dqo, dbo5 y cot de efluentes de la industria farmacéutica,” vol. 8, no. 9, pp. 9–17, 2012. [Online]. Available:<https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/316> (accessed Mar. 24, 2021).
- [52] L. Martínez Soza, Estudio de la evolución de una ETAP para la adecuación legislativa, Tesis de postgrado, Facultad de Ingeniería Química, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España, 2010, [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/10383> (accessed Apr. 12, 2021).
- [53] A. N. Ardila Arias, E. Arriola, J. Reyes Calle, E. Berrio Mesa, and G. Fuentes Zurita, “Mineralización de etilenglicol por foto-fenton asistido con ferrioxalato,” *Rev. Int.Contam. Ambient.*, vol. 32, no. 2, pp. 213–226, 2016, Accessed: Apr. 12, 2021. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/370/37045328007/html/index.html>.
- [54] J. J. Salas, “El tratamiento de las aguas en comprimidos de fácil asimilación (I) ,” Sep. 03, 2018. [Online]. Available: <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/tratamiento-aguas-comprimidos-facil-asimilacion-i> (accessed Apr. 12, 2021).
- [55] D. M. Mendez Yusunguaira and N. Bolivar Madrigal, Evaluación de los mecanismos de remoción de fenoles en un reactor híbrido de flujo a pistón con medio de soporte espuma de poliuretano, Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Unisalle, Bogota, Colombia , 2009, [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/492/ (accessed Mar. 18, 2021)
- [56] C. H. RODRÍGUEZ M., “Fenoles en agua por destilación, extracción con cloroformo y determinación espectrofotométrica”, IDEAM, 2007, [Online]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Fenoles+por+Destilaci%C3%B3n%2C+Extracci%C3%B3n+con+CHCL3+y+Espectrofotometr%C3%ADa.pdf/3de90b8a-b7aa-419d-b8b5-4f71892f696e> (accessed Mar. 30, 2021)
- [57] J. Orellana, “Tratamiento de las aguas,” 2005, [Online]. Available: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf (accessed Mar. 17, 2021).

- [58] G. Buitrón, G. Moreno, and I. Moreno-Andrade, “Eliminación biológica de altas concentraciones de fenol presente en aguas residuales,” *Rev. AIDIS Ing. y Ciencias Ambient. Investig. Desarro. y práctica*, vol. 1, no. 2, Accessed: Mar. 18, 2021. [Online]. Available: <http://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/14395>.
- [59] A. Díaz et al., “Degradación de fenoles totales mediante reactores SBR en aguas de producción petroleras”, Universidad del Zulia, Maracaibo, 2005, [Online]. Available: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/diazve.pdf> (accessed Mar. 18, 2021).
- [60] L. Yu, M. Han, and F. He, “A review of treating oily wastewater,” *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 10. Elsevier B.V., pp. S1913–S1922, May 01, 2017, doi: 10.1016/j.arabjc.2013.07.020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535213002207> (accessed Mar. 18, 2021).
- [61] C. H. Rodriguez. M, “Demanda química de oxígeno por reflujo cerrado y volumetría.” Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Química+de+Oxígeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841cc124b9ab5adb>.
- [62] E. Raffo Lecca and E. Ruiz Lizama, “Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno,” *Fac. Ing. Ind. Univ. Nac. Mayor San Marcos*, vol. 17, pp. 71–80, Jun. 2014, Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>.
- [63] N. Y. Ascanio Suárez and W. O. Rodríguez Salazar, Comparación del manejo de aguas residuales domesticas de la ciudad de ibagué, con las tecnologías empleadas en la ciudad de Sao Carlos Brasil, Tesis de pregrado, Facultad de Ingenieria, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2017, [Online]. Available: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14495/1/tesis_grado_comparativo_ptars_colombia_brasil.pdf (accessed Abr. 07, 2021).
- [64] A. Luisa Arce Velázquez and L. Miguel Rivera Chávez, “Muestreo y preservación de grasas y aceites, y determinación en campo de ph, temperatura y materia flotante,” Mexico D.F. Accessed: Mar. 24, 2021. [Online]. Available: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/5.2.3%20Muestreo%20y%20preservaci%C3%B3n%20de%20grasas.ppsx>
- [65] J. B. Contreras Pérez, C. L. Mendoza, and A. Gómez, “Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del río Haina,” *Cienc. Soc.*, vol. XXIX, no. 1, pp. 38–71, 2004,

- Accessed: Mar. 29, 2021. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87029103>.
- [66] J. M. Rebollo Soto, Eliminación de cadmio(ii) de efluentes urbanos tratados mediante procesos de bioadsorción: el efecto competitivo de otros metales pesados, Tesis de postgrado, Facultad de Ingeniería Química, Universidad politécnica de Cartagena, Cartagena, Colombia, 2012, [Online]. Available: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/2862/tfm115.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed Mar. 29, 2021).
- [67] D. A. Torres León, Remoción de arsénico, cromo y vanadio de agua residual mediante un proceso combinado de ferroxidación y precipitación química, Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias e Ingeniería Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, 2020, [Online]. Available: http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/6853/Remocion_de_arsenico_Torres_Leon_D_A_2020.pdf?sequence=1 (accessed Mar. 30, 2021).
- [68] “Remoción de fierro y manganeso,” Carbotecnia, Nov. 17, 2020. <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/eliminadores-de-fierro-y-manganeso/fierro-y-manganeso-en-el-agua/> (accessed Mar. 29, 2021).
- [69] N. A. Cuizano, Ú. F. Reyes, S. Domínguez, B. P. Llanos, and A. E. Navarro, “Relevancia del ph en la adsorción de iones metálicos mediante algas pardas relevance of the ph on the adsorption of metallic ions by brown seaweeds,” 2010. Accessed: Mar. 29, 2021. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/3719/371937617002.pdf>.
- [70] Remtavares, “Los metales pesados en las aguas residuales,” El Agua Madrid, Feb. 2008, Accessed: Mar. 29, 2021. [Online]. Available: <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/02/83698>.
- [71] I. R. Avila Bareño and M. A. Moreno Figueroa, Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima, Tesis de pregrado, Facultad de ingenierías, Universidad libre, Bogotá D.C, Colombia, 2016, [Online]. Available: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10401/anteproyecto_seminariofiltro_arena_ultima_entrega_junio_11.pdf?sequence=1 (accessed May. 05, 2021).
- [72] L. A. Águila, M. V. Rejo Coira, and R. Vieira Miguel, “El tratamiento de aguas industriales contaminadas con sulfuros – Intacta,” Feb. 14, 2017. [Online]. Available:

- <http://intacta.es/el-tratamiento-de-aguas-industriales-contaminadas-con-sulfuros/> (accessed Mar. 30, 2021).
- [73] J. G. Afanador, “Sulfuro en Agua por volumetria.” Accessed: Mar. 30, 2021. [Online]. Available:<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Sulfuro+en+agua+por+volumetría.pdf/769f14b4-55fc-4107-beb6-de229e33ea71>.
- [74] N. E. Ortiz Penagos, J. Ayala Esquivel, A. J. León Luque, and L. C. Mahecha Cepeda, “Extracción y recuperación de sulfuros de aguas residuales de curtiembres Extraction and recovery of sulphides from tanneries wastewater” *Ing. y Desarrollo*, vol. 36, no. 2, 2018, doi: 10.14482/inde.36.2.10033, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.14482/inde.36.2.10033> (accessed Apr. 06, 2021).
- [75] R. N. Agudelo Valencia, D. P. Ovalle González, L. F. Rodríguez Rodríguez, G. D. J. Camargo Vargas, and L. Y. Almonacid Jimenez, “Remoción de sulfuros presentes en el agua residual del proceso de curtido mediante cavitación hidrodinámica,” *Rev. ION*, vol. 32, no. 1, pp. 21–33, Aug. 2019, doi: 10.18273/revion.v32n1-2019002, [Online]. Available: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/articl> (accessed Apr. 07, 2021).
- [76] L. Á. Jarrín Paz, “Reducción de sulfuros en el agua residual de la industria de la curtiembre”, Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Química, Universidad central del Ecuador, Quito, 2016, [Online]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6907/1/T-UCE-0017-0019-016.pdf> (accessed Apr. 07, 2021).
- [77] G. Salas, “Eliminación de sulfuros por oxidación en el tratamiento del agua residual de una curtiembre,” *Rev. Per. Quím. Ing. Quím*, vol. 8, no. 1, 2005. [Online]. Available: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/ing_quimica/v08_n1/pdf/a08v8.pdf (accessed Apr. 07, 2021).
- [78] “ToxFAQs™: Hidrocarburos totales de petróleo (Total Petroleum Hydrocarbons) | ToxFAQ | ATSDR,” May 06, 2016. [Online]. Available: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts123.html (accessed Apr. 07, 2021).
- [79] S. B. Estrella Moreira and P. Guevara, “Análisis de hidrocarburos de petróleo en agua mediante cromatografía de gases”, Escuela politécnica del ejército, Ecuador, [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4655/2/T-ESPE-032766-A.pdf> (accessed Apr. 07, 2021).
- [80] J. García, D. Peñafiel Heredia, and R. Rodríguez, “Bioremediación de hidrocarburos en aguas residuales con cultivo mixto de microorganismos: caso Lubricadora Puyango,”

- Enfoque UTE, vol. 10, no. 1, pp. 185–196, Mar. 2019, doi: 10.29019/enfoqueute.v10n1.312. [Online]. Available: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext &pid=S1390-65422019000100185](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422019000100185)
- [81] “Protocolo de toma de muestras de agua residual”, Instituto de toxicología de la defensa, Nov. 2016. Accessed: Apr. 19, 2021. [Online]. Available: https://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/protocolo_de_toma_de_muestras_de_agua_residual_ver_2.pdf.
- [82] M. Novelo, N. López, C. Peraza, C. Borges, and S. Riancho, “Remoción de materia orgánica y metales pesados de lixiviados por flotación con aire disuelto,” *Ing. Rev. Académica la FI-UADY*, pp. 13–19, 2008, Accessed: Jun. 11, 2021. [Online]. Available: https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen12/remosion_de_materia.pdf.
- [83] G. Delgadillo Gamboa, D. Rosario, and S. Kou, “Adsorción de fenol con carbones activados preparados a partir de pepas de níspero de palo por activación química adsorption of fenol with activated carbon prepared from common medlar stones, by chemical activation.”, *Rev. de la Sociedad Química del Perú*, vol. 75, núm. 1, enero- marzo, 2009, pp. 64-75 , Accessed: Jun. 11, 2021. [Online]. Available: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2009000100009
- [84] Diego Ivan Caviedes Rubio, Ramiro Adolfo Muñoz Calderon, Alexandra Perdomo Gualtero, Daniel Rodríguez Acosta, and Ivan Javier Sandoval Rojas, “Treatments for removal of heavy metals commonly found in industrial wastewater.,” *Rev. Ing. y Región.*, May 2015, Accessed: Jun. 03, 2021. [Online]. Available: <https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/710/1359>.
- [85] D. I. Caviedes Rubio, R. A. Muñoz Calderon, A. Perdomo Gualtero, D. Rodriguez Acosta, and I. D. Sandoval Rojas, “Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales.,” *Rev. Ing. y Región*, vol. 1, no.13, pp. 73–90, 2015, Accessed: Jun. 11, 2021. [Online]. Available: <https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/710/1359>.
- [86] G. M. Tuse Criollo, Eficiencia de un biofiltro con escamas de pescado y carbón activado para la remoción de aceites y grasas en aguas residuales del lavadero de autos Solís S.A.C. Puente Piedra, Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería, Universidad César Vallejo, Lima, Peru, 2019. [Online]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/51971>

- (accessed Jun. 14, 2021)
- [87] J. H. Ramírez Franco, Ó. M. Martínez Ávila, and L. M. Fernández Ospina, “Remoción de contaminantes en aguas residuales industriales empleando carbón activado de pino pátula,” *Rev. Av. Investig. en Ing.*, vol. 10, no. 1, pp. 42–49, 2013, [Online]. Available:http://www.unilibre.edu.co/revistaavances//avances101/Tema_05_carbon_activado_pino.pdf. (accessed Jun. 17, 2021)
- [88] I. V. Niño Arias and D. Ortiz Ramírez, *Evaluación de dos clases de carbón activado granular para su aplicación efectiva en la remoción de fenoles en los vertimientos de una empresa de jabones*, Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería ambiental y sanitaria, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia, 2008, [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria (accessed Jun. 17, 2021)
- [89] D. M. Colorado Vargas and M. P. Herrera Barrera, *Propuesta para el diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Bituima, Cundinamarca*, Tesis de pregrado, Facultad de Ingenierías, Fundación Universidad De América, Bogotá D.C., Colombia, 2017, [Online]. Available:<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6586/1/6092259-2017-2-IQ.pdf> (accessed May. 12, 2021)
- [90] *Procesos fisicoquímicos que se utilizan para el tratamiento de residuos peligrosos*, [Online]. Available:<http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril2006/CD1/pdf/spa/doc8196/doc8196-b1.pdf> (accessed Apr. 28, 2021).
- [91] “Ventajas de los depósitos de acero inoxidable frente a los depósitos de acero al carbono,” HERPASA. [Online]. Available: <https://herpasa.com/es/blog/3/23/ventajas-de-los-depositos-de-acero-inoxidable-frente-a-los-depositos-de-acero-al-carbono> (accessed Apr.28, 2021).
- [92] N. Larrea, “Filtros acero inoxidable - DistrisolucionesMC S.A.S”, [Online]. Available: <https://distrisolucionesmc.com/product/filtros-acero-inoxidable/> (accessed Apr. 28, 2021).
- [93] “Acero Inoxidable 304 vs 316 | Blog de Moldes,” 2021. [Online]. Available: <https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-inoxidable-304-vs-316-es> (accessed Apr.28, 2021).
- [94] “Filtros de acero y fibra de vidrio,” Aguatec S.A.S. [Online]. Available:<https://www.aguatec.com.co/filtros-acero-y-fibra/> (accessed Apr. 28, 2021).
- [95] Sefiltra, “Filtro de Arena y Carbón Activo”, [Online]. Available: <https://www.sefiltra.com/productos/filtros-arena-y-carbon-activo/> (accessed Apr. 28,

- 2021).
- [96] Filtro de arena Multimedia para planta de tratamiento de agua de alta calidad, Alibaba, [Online]. Available: https://m.spanish.alibaba.com/amp/p-detail/465947088.html?spm=a2706.amp_promotion (accessed Jun. 04, 2021).
- [97] Multimedia filtro mecánico de acero inoxidable filtro de arena de cuarzo de filtro de carbono activado, Alibaba, [Online]. Available: <https://m.spanish.alibaba.com/amp/p-detail/62152678090.html> (accessed Jun. 04, 2021).
- [98] S. Navia, “Limpieza e Instalación de trampas de grasa - Biodynamic Group”, [Online]. Available: <http://www.biodynamicgroup.com/trampas-de-grasa/> (accessed May 11, 2021).
- [99] S. Aguirre Moreno and J. E. Olgún Tiznado, “Programa General de Mantenimiento para conservar en buen estado la trampa de grasas”, Universidad Autónoma de Baja California, 2014. [Online]. Available: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/5549/proyecto%20limpieza%20de%20trampas%20de%20grasa.pdf?sequence=1&isallowed=y> (accessed May 11, 2021).
- [100] I. Vega Patiño and N. Fernández Montagut, Optimización de las condiciones de operación de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas tipo red fox, Tesis de pregrado, Facultad de ingenierias, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia, 2015. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/544 (accessed May 12, 2021).
- [101] “Mantenimiento de Bombas Sumergibles | De Máquinas y Herramientas,” 2018. [Online]. Available: <https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/bombas-de-agua-sumergibles-mantenimiento-y-cuidados-preventivos> (accessed May 12, 2021).
- [102] P. C. Cardona Quintero and A. Villegas Monsalve, Documentación del manual de procedimientos para la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa PAN GLO SERVICES de Colombia, Tesis de pregrado, Facultad de tecnologia, Universidad tecnologica de Pereira, Risaralda, Colombia, 2016. [Online]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7554/658306C268d.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed May 12, 2021).
- [103] Presentación de bombas multifase. EDUR Pumpenfabrik Eduard Redlien GmbH & Co.KG, [Online]. Available: <https://docplayer.es/91327488-Presentacion-de-bombas-multifase-edur-pumpenfabrik-eduard-redlien-gmbh-co-kg.html> (accessed May 05, 2021).
- [104] Manual de Instalación y Mantenimiento Bomba Dosificadora FD, ACQUATRON S.A.

- [Online]. Available: <https://www.acquatron.com.ar/man/esp/FD.pdf> (accessed May 12, 2021).
- [105] Manual de Operación Planta de Potabilización, HIDROCORP. [Online]. Available: <https://community.secop.gov.co/Public/Archive/RetrieveFile/Index?DocumentId=88591471> (accessed May 06, 2021).
- [106] “¿Cuándo y cómo debo retrolavar mi filtro de arena? – HidroShop.mx,” Nov. 05, 2015. [Online]. Available: <https://hidroshop.mx/cuando-y-como-debo-retrolavar-mi-filtro-de-arena/> (accessed May 06, 2021).
- [107] “Retrolavados o limpieza de los filtros de agua - Carbotecnia,” Nov. 17, 2020. [Online]. Available: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/equipos-con-carbon-activado/retrolavados-o-limpieza-de-los-filtros-de-agua/> (accessed May 06, 2021).
- [108] A. Noyola, “Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales,” México DF, 2015. Accessed: Jun. 14, 2021. [Online]. Available: www.worldbank.org/data/countrydata/countrydata.html.
- [109] C. M. López Vázquez, G. Buitrón Méndez, H. A. García, and F. J. Cervantes Carrillo, “Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño,” *Water Intell. Online*, vol. 16, 2017, doi: 10.2166/9781780409146. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/321145597_Tratamiento_biologico_de_aguas_residuales_principios_modelacion_y_diseno (Accessed: Jun. 11, 2021)
- [110] J. A. Rodríguez V, “Tratamiento anaerobio de aguas residuales”, UniValle, Cali, [Online]. Available: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>. (Accessed: Jun.14, 2021)
- [111] “Tratamiento aerobio | Aguas Residuales”. [Online]. Available: <https://www.globalwe.com/es/soluciones/aguas-residuales/tratamiento-aerobio/> (accessed Jun. 14, 2021).
- [112] S. Crombet Grillet, A. Abalos Rodríguez, S. Rodríguez Pérez, and N. Pérez Pompa, “Evaluación del tratamiento anaerobio de las aguas residuales de una comunidad universitaria,” *Rev. Colomb. Biotecnol.*, vol. 18, no. 1, May 2016, doi: 10.15446/rev.colomb.biote.v18n1.57715. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34752016000100005&script=sci_abstract&tlng=es. (Accessed:Jun.14, 2021)
- [113] C. G. Calderón Mólgora, “Identificación y descripción de los sistemas secundarios de tratamiento de aguas residuales”. [Online]. Available: <http://201.116.60.182/conagua07>

- /Noticias/Sistemas_secundarios.pdf. (Accessed: Jun. 14, 2021)
- [114] GEDAR – Tratamiento de Aguas and D. Filtros, “Bioreactor lecho móvil MBBR -GEDAR -Tratamiento de Aguas”. [Online]. Available: <https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/bioreactor-lecho-movil-mbbr.htm> (accessed Jun. 16, 2021).
- [115] Toray MBR, [Online]. Available: <https://www.water.toray/products/mbr/> (accessed Jun.16, 2021).
- [116] GEDAR – Tratamiento de Aguas and D. Filtros, “Bioreactor de membrana MBR -GEDAR -Tratamiento de Aguas”. [Online]. Available: <https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/bioreactor-membrana-mbr.htm> (accessed Jun. 16, 2021).
- [117] “Implantación de Bioreactor de Membranas para aguas industriales,” aguas industriales, [Online]. Available: <http://aguasindustriales.es/implantacion-de-bioreactor-de-membranas-para-aguas-industriales-ventajas-y-desventajas-de-un-mbr/> (accessed Jun. 14,2021).
- [118] M. González Benítez, C. Sierra Garriga, and R. G. Ferré, “bioreactores de membrana (MBR).” Accessed: Jun. 16, 2021. [Online]. Available: https://www.aepro.com/files/congresos/2002barcelona/ciip02_1037_1045.1990.pdf.
- [119] E. M. Serrano Arcos and G. Fernández Villagómez, “Sistema nacional de proteccion civil centro nacional de prevencion de desastres procesos biologicos de tratamiento para la estabilizacion de residuos liquidos toxicos.” Accessed: Jun. 16, 2021. [Online]. Available: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/153-procesosbiologicosdetratamientoparalaestabilizacinderesiduosliquidostxicos.pdf>.
- [120] GEDAR – Tratamiento de Aguas and D. Filtros, “Fangos activos - GEDAR – Tratamiento de Aguas”. [Online]. Available: <https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/fangos-activos.htm> (accessed Jun. 16, 2021).
- [121] J. F. Luque Tumiri, “¿Qué son los lodos activados?,” Jun. 27, 217AD. [Online]. Available: <http://natzone.org/index.php/areas-de-investigacion/contaminacion-y-tratamiento/item/86-que-son-los-lodos-activados> (accessed Jun. 16, 2021).
- [122] M. L. Urrego Nava, R. Sánchez Gasperín, and A. Durán Moreno, “Comparación de un reactor de biomasa suspendida y un reactor de biomasa adherida para la biodegradación de compuestos tóxicos presentes en aguas residuales de refinerías de petróleo,” Rev.

- Int.Contam. Ambie, vol. 30, no. 1, pp. 101–112, Dec. 2014, Accessed: Jun. 14, 2021. [Online]. Available: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n1/v30n1a9.pdf>.
- [123] X. Yang, V. López-Grimau, M. Vilaseca, and M. Crespi, “Treatment of textilewaste water by CAS, MBR, and MBBR: a comparative study from technical, economic, and environmental perspectives,” *water* (Switzerland), vol. 12, no. 5, May 2020, doi: 10.3390/W12051306. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/5/1306/pdf> (Accessed: Jun. 15, 2021)
- [124] D. Smith, Treating wastewater in a conventional activated sludge (CAS) system or a Membrane Bioreactor (MBR). A comparison of capital and operating costs, Tesis de postgrado, Facultad de ingenierias, University of Cape Town, South African, 2019. [Online]. Available: [https://open.uct.ac.za/bitstream/handle/11427/32399/thesis_ebe_2020_smith delwin.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://open.uct.ac.za/bitstream/handle/11427/32399/thesis_ebe_2020_smith%20delwin.pdf?sequence=4&isAllowed=y) (Accessed: Jun. 16, 2021)
- [125] L. Dalri-Cecato, A. A. Battistelli, and F. R. Lapolli. (2020). CAPEX and OPEX evaluation of a membrane bioreactor aiming at water reuse, pp. 137–152.[Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-57235-8_12 (Accessed: Jun. 16, 2021)
- [126] J. A. Romero Rojas.(2005). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. (2 a ed.). [Online]. Available: [eno-e-colombiana-de-ingenieria-ingenieria-ambiental/p](http://www.colombiana-de-ingenieria-ingenieria-ambiental/p) (Accessed: Jun. 19, 2021)
- [127] J. C. Vargas Rojas and J. A. Torres Vergara, Diseño, implementación y estudio hidrodinámico de un reactor biológico de cargas secuenciales de flujo a pistón para tratar aguas residuales sintéticas, Tesis de pregrado, Facultad de ingenierias, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia, 2008. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/255/ (Accessed: Jun. 19, 2021)
- [128] J. P. Cabrera Rodríguez, Diseño, construcción y modelación de un reactor biológico de membranas (MBR) a escala piloto para la evaluación del tratamiento de aguas residuales de una industria farmacéutica, Tesis de pregrado, Facultad de ingenierias, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia, 2021. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1893/ (Accessed: Jun. 19, 2021).
- [129] Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, “Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento basico RAS - 2000,” in RAS - 2000, vol. 2, BOGOTA D.C, 2000. [Online]. Available:

https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf
(Accessed: Jun. 04, 2021).

- [130] Manual Estructuración del Trabajo de Grado. Fundación Universidad de América, 2021 [PDF].

GLOSARIO

Afluente: agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento. [129]

Aguas residuales: agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria. [129]

Aireación: “proceso de transferencia de masa, generalmente referido a la transferencia de oxígeno al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido)”. [129]

Alcantarillado de aguas residuales: sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales. [129]

Biodegradación: “degradación de la materia orgánica por acción de microorganismos sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales”. [129]

Carbón activado: “forma altamente adsorbente del carbón usado para remover olores y sustancias tóxicas de líquidos o emisiones gaseosas. En el tratamiento del agua este carbón se utiliza para remover materia orgánica disuelta del agua residual”. [129]

Bioquímica de oxígeno (DBO): “cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable”. [129]

Demanda química de oxígeno (DQO): “medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas”. [129]

Desarenadores: cámara diseñada para permitir la separación gravitacional de sólidos minerales (arena). [129]

Desinfección: proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua. [129]

Disposición final: disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados. [129]

Clarificador: tanque de sedimentación rectangular o circular usado para remover sólidos sedimentables del agua residual. [129]

Cloración: “aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua residual para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores”. [129]

Concentración: “denominase concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene”. [129]

Eficiencia de tratamiento: “relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje”. [129]

Efluente final: líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales. [129]

Floculación: aglutinación de partículas inducidas por una agitación lenta de la suspensión coagulada. [129]

Lodo: “suspensión de materiales en un líquido proveniente del tratamiento de aguas residuales, del tratamiento de efluentes líquidos o de cualquier actividad que lo genere”. [129]

Metales pesados: “son elementos tóxicos que tienen un peso molecular relativamente alto. Usualmente tienen una densidad superior a $5,0 \text{ g/cm}^3$ por ejemplo, plomo, plata, mercurio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, molibdeno, níquel, zinc”. [129]

Muestra compuesta: “mezcla de varias muestras alícuotas instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma”. [129]

Muestra puntual: “muestra de agua residual tomada al azar en un momento determinado para su análisis. Algunos parámetros deben determinarse in situ y otros en el laboratorio”. [129]

Oxígeno disuelto: concentración de oxígeno medida en un líquido, por debajo de la saturación. Normalmente se expresa en mg/L. [129]

pH: logaritmo, con signo negativo, de la concentración de iones de hidrógeno, en moles por litro. [129]

Planta de tratamiento de agua residual (PTAR): conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales. [129]

Pretratamiento: procesos de tratamiento localizados antes del tratamiento primario. [129]

Proceso biológico: “proceso en el cual las bacterias y otros microorganismos asimilan la materia orgánica del desecho, para estabilizar el desecho e incrementar la población de microorganismos (lodos activados, filtros percoladores, digestión, etc.)”. [129]

Rejilla de gruesos: “por lo general, de barras paralelas de separación uniforme (4 a 10 cm), utilizado para remover sólidos flotantes de gran tamaño”. [129]

Rejilla de finos: “artefacto de barras paralelas de separación uniforme (2 a 4 cm), utilizado para remover sólidos flotantes y en suspensión. Son las más empleadas en el tratamiento preliminar”. [129]

Sedimentación: “proceso físico de clarificación de las aguas residuales por efecto de la gravedad. Junto con los sólidos sedimentables precipita materia orgánica del tipo putrescible”. [129]

Sistemas de agitación mecánica: sistemas para mezclar el contenido de digestores por medio de turbinas. [129]

Sólidos no sedimentables: materia sólida que no sedimenta en un período de 1 hora, generalmente. [129]

Sólidos sedimentables: materia sólida que sedimenta en un periodo de 1 hora. [129]

Tanque de aireación: cámara usada para inyectar aire dentro del agua. [129]

Trampa de grasas: “son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior”. [129]

Tratamiento primario: “tratamiento en el que se remueve una porción de los sólidos suspendidos y de la materia orgánica del agua residual. Esta remoción normalmente es realizada por operaciones físicas como la sedimentación. El efluente del tratamiento primario usualmente contiene alto contenido de materia orgánica y una relativamente alta DBO”. [129]

Tratamiento secundario: es aquel directamente encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos. [129]

Vertimiento: el vertimiento es la disposición controlada o no de un residuo líquido doméstico, industrial, urbano agropecuario, minero, etc. [129]

ANEXOS

ANEXO 1.

RECOMENDACIONES

Según lo mencionado alrededor de estas propuestas se sugiere que el orden de implementación sea comenzar con el plan de gestión y mantenimiento de los equipos, ya que es un factor fundamental para evitar la contaminación cruzada; posteriormente hacer el ajuste de pH y oxigenación en el tanque homogeneizador para facilitar la precipitación de los metales y la neutralización de los sulfuros; continuando con la implementación del tratamiento biológico, con el fin de remover la mayor concentración de DBO del vertimiento; por último el cambio de los filtros de arena para evitar el aporte de hierro al agua, esto teniendo en cuenta que hace tres meses se llevó a cabo el cambio de estos equipos. Con esto garantizar el correcto funcionamiento de la planta y el cumplimiento de la normativa más restrictiva.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente en el trabajo, se llegó a la conclusión que es necesario profundizar en el equipo de la Trampa de Grasas, ya que no está cumpliendo su porcentaje de remoción, por lo cual se sugiere hacer un análisis exhaustivo de este, en donde se incluyan los parámetros de diseño, inicialmente se recomienda implementar un desnatador, que contribuya con la remoción de las grasas de forma mecánica y con esto evitar colmataciones; si esta alternativa no llega a ser viable teniendo en cuenta los parámetros de diseño será necesario crear un equipo desde el inicio. Por otro lado, también se propone el evaluar un tratamiento adicional, con la implementación de enzimas o bacterias para que intervengan en la descomposición de grasas y demás contaminantes, esto para mejorar el equipo y así mismo la calidad del efluente. Sin embargo, en este trabajo no se profundizó en estas alternativas dado que era necesario llevar a cabo el componente de limpieza, mantenimiento y gestión de operación, antes de incurrir en otro aspecto.

Después de observar el comportamiento del manganeso en el último muestreo de la PTAR (Morado 8) de Centro Mayor Centro Comercial, se recomienda llevar a cabo un muestreo por etapas, es decir, al ingreso y salida de cada equipo, esto con el fin de identificar cuáles son los que están aportando este metal al vertimiento; adicionalmente en las tuberías que se encuentran dentro de la planta se tendría que seguir el mismo procedimiento, con esto se lograría averiguar de dónde provienen las concentraciones adicionales de manganeso, para así mismo poder tratarlas.

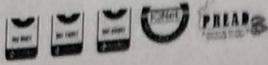
Partiendo de las mejoras propuestas en el capítulo 5, relacionadas con el plan de gestión de operación y mantenimiento de la planta, se sugiere realizar un manual metodológico con la información

necesaria para llevar a cabo buenas prácticas de mantenimiento; lo ideal sería relacionar lo expuesto en este trabajo, en conjunto con el conocimiento y la experticia de los operarios, para que a partir de la teoría y la experiencia, se logre un consolidado de datos que permitan que el funcionamiento de la PTAR sea el más óptimo posible.

Otra variable a tener en cuenta es el vanadio, ya que por los límites de medición de los laboratorios se ha encontrado en la incertidumbre de si cumple o no con el parámetro normativo más restrictivo, por ende, se sugiere buscar un laboratorio con límites de detección inferiores a 0,1 con el fin de eliminar cualquier incertidumbre que se pueda presentar al respecto.

ANEXO 2.

HOJAS DE SEGURIDAD DEL FLOCULANTE Y COAGULANTE



1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO
 - 1.1. Nombre: solmed wáter1
 - 1.2. Otros medios de identificación:
 - Sinónimos: polímero floculante aguas.
 - Número CAS: 6381-92-6.
 - Número UN: 3264
 - 1.3. Usos recomendados:
Usado en el tratamiento y clarificación de aguas potables, residuales o industriales y en La industria de cuidado del aire.
 - 1.4. Datos del proveedor: Solmed sas

15. Teléfono en caso de emergencia: 01 – 8000 – 941414 SISTEMA ARL SURA

2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO O PELIGROS

21. Clasificación de la sustancia o mezcla según SGA: Corrosivo para los metales (Categoría 1), H290.
Corrosión/irritación cutánea (Categoría 1A), H315.

22. Elementos de la etiqueta:

Pictogramas:



Palabra de advertencia: PELIGRO

Indicaciones de peligro: H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H315 Provoca irritación cutánea

H315 Provoca lesiones oculares graves

Consejos de Prudencia:

Prevención

- | | |
|------|---|
| P260 | No respirar nieblas. Si durante la utilización pueden producirse partículas inhalables. |
| P264 | Lavarse cuidadosamente después de la manipulación. El fabricante/proveedor o la autoridad competente especificarán las partes de cuerpo que se deben lavar después de la manipulación |
| P280 | Llevar guantes/ropa de protección/gafas de protección/máscara de protección. |



Intervención

| | |
|--------------------|---|
| P301 + P330 + P331 | EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. No provocar el vómito. <small>TEL. 830.514.597-2</small> |
| P303 + P361 + P353 | EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagarse la piel con agua o ducharse. Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar. |
| P363 | EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. |
| P304 + P340 | Llamar inmediatamente a un centro de toxicología/médico. Tratamiento específico. El fabricante/proveedor o la autoridad competente especificarán un producto de limpieza apropiado según proceda. |
| P310 | EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar los lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado. |
| P321 | Absorber el vertido para prevenir daños materiales. |
| P305 + P351 + P338 | |
| P390 | |

Almacenamiento

| | |
|------|---|
| P406 | Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión/en un recipiente con revestimiento interior resistente a la corrosión. El fabricante/proveedor o la autoridad competente especificarán otros materiales compatibles. |
|------|---|

23 . Clasificación de acuerdo a las directrices EU 67/548/EEC o 1999/45/EC Ci, Corrosivo

R-frases: (34): Provoca quemaduras

24 . Otros peligros que no conducen a una clasificación o que no están cubiertos por el SGA: No se cuenta con información disponible

3. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES 3 .1. Sustancias

Identidad química: polímero, coliflor, EDTA
Nombre común/sinónimos: Polímero
tratamiento de aguas Número CAS: 6381-92-6.

Impurezas y aditivos estabilizadores que estén a su vez clasificados y contribuyan a la clasificación de la sustancia:
N/A

4. PRIMEROS AUXILIOS

4.1 . Descripción de las medidas necesarias:

Inhalación: Si la víctima ha inhalado grandes cantidades del producto, llevarla a un sitio confortable, ventilado y fresco. Lavar nariz y boca con agua abundante y mantener en reposo y abrigado. Si su respiración es dificultosa suministre oxígeno. Consultar al médico lo más pronto posible.

Piel: Lave de inmediato con abundante agua, bajo la ducha remueva la ropa contaminada y zapatos, se debe continuar con el lavado con agua durante 20 minutos. Si la irritación u enrojecimiento persiste acudir al médico. **Ojos:** Lave los ojos inmediatamente con agua corriente por un mínimo de 20 minutos. Mantenga los párpados abiertos durante el enjuague y gire los ojos. Si persiste la irritación, repita el lavado. Remita al médico inmediatamente.

En caso de Ingestión: NO INDUZCA AL VÓMITO. Si la víctima está consciente y alerta, darle a beber agua. Consultar al médico lo más pronto posible.



42 . Síntomas/efectos más importantes, agudos y retardados:

Inhalación: Puede producir irritación en las vías respiratorias y dolor de garganta

Contacto con La Piel: Corrosivo. Produce irritación o enrojecimiento. Lavar inmediatamente. Ojos: Produce ardor, Irritación y enrojecimiento. Lavar inmediatamente

Ingestión: Causa irritación gastrointestinal, los síntomas son náuseas y vómito.

43 . Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y tratamiento especial requerido en caso necesario:

En caso de corrosión en la piel y en las membranas llamar a un centro médico.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

51 . Medios de extinción apropiados: Este producto no es inflamable, utilice medidas de extinción apropiadas para las circunstancias locales y el medio ambiente circundante.

52 . Peligros específicos de los productos químicos: No combustible.

53 . Equipo protector especial y precauciones especiales para los equipos de lucha contra incendios: Use equipo de seguridad adecuado para situaciones de fuego, use un equipo de respiración autónomo.

6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

61 . Precauciones individuales, equipos de protección y procedimientos de emergencia:

- Evite la inhalación y el contacto con la piel y los ojos. Se recomienda un aparato de respiración autónomo en caso de un derrame importante.
- Restrinja el área hasta que personal entrenado limpie completamente el derrame.
- Ventile el área.
- Use ropa adecuada y el equipo de protección personal recomendado, guantes, botas, traje de caucho (no use algodón ni cuero), casco, máscara de gases. No toque el producto derramado.
- Lave completamente.

62 . Precauciones medioambientales: Evitar verter el producto en la red de alcantarillado o a través de ríos o cauces públicos.

63 . Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:

- Detenga la fuga si es posible, construya un dique de arena.
- Absorba el producto en arena o un material absorbente del producto (Ej. Vermiculita), recójalo en un recipiente plástico, almacénelo, luego lave el lugar afectado y todas las herramientas usadas. Para su disposición cumpla las regulaciones gubernamentales.

Desactivación: Para la neutralización puede usarse Cal apagada o Carbonato de Sodio, recoja los residuos en un recipiente de plástico debidamente etiquetado y disponga según la regulación local.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

71 . Precauciones para una manipulación segura: Mantenga el equipo de emergencia siempre disponible. El personal debe estar bien entrenado en el manejo seguro del producto. Los recipientes deben estar debidamente etiquetados y alejados de fuentes de calor. Evitar también la congelación. Evite el contacto con los ojos o la piel, no lo ingiera. No respire sus neblinas, vapores o gases.

72 . Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas cualesquiera incompatibles: El área de almacenamiento debe estar adecuadamente ventilada con dique de protección, no compartido. En esta área se debe contar con ducha y lavaojos. El área de almacenamiento y el sistema de iluminación deben construirse de materiales resistentes a la corrosión y mantenerse bien ventilado y alejado de sustancias incompatibles como oxidantes y productos que desprenden gases en medio ácido. Almacénelo en un lugar bien ventilado, fresco y seco.



8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN

PERSONAL 8.1. Parámetros de control:

Límites de exposición: Información no disponible
8.2. Controles de ingeniería apropiados

Provea ventilación general y/o local. Asegúrese de contar con una ducha y un lavaojos próximo a las estaciones de trabajo.

8.3. Medidas de protección individual:

Mantenga disponibles una ducha y una fuente para el lavado de los ojos en el área de trabajo Para operación normal:

-Protección para los ojos: Use gafas de seguridad Para muestreo, mantenimiento y trasvase: Protección para los ojos: Use monogafas químicas

-Protección para la piel: Use guantes de nitrilo Para emergencia:

Ojos
Piel

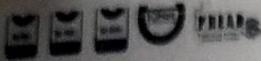
Monogafas químicas
Traje de protección antiácido (Overol, chaqueta-Pantalón),
guantes de nitrilo y botas antiácido.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS PROCESO DE PRODUCCIÓN

| PROPIEDAD | VALOR |
|--|--|
| a. Estado Físico | Líquido |
| b. Color | Ámbar claro - oscuro |
| c. Olor | Ligeramente pungente |
| e. Punto de fusión/punto de congelación | Información no disponible |
| f. Punto inicial e intervalo de ebullición | Información no disponible |
| g. Inflamabilidad | No aplica. No inflamable |
| h. Límite superior/inferior de inflamabilidad / explosión. | Información no disponible |
| i. Punto de inflamabilidad | Ninguno |
| j. Temperatura de ignición espontánea | No aplica. No inflamable |
| k. Temperatura de descomposición | Información no disponible |
| l. pH | 2.3 – 3.5 unidades de pH |
| m. Viscosidad cinemática (15.6 °C) | Información no disponible |
| n. Solubilidad | Soluble en agua e insoluble en solventes orgánicos comunes |
| o. Coeficiente de reparto n-octanol/agua | No aplicable para compuestos inorgánicos |
| p. Presión de vapor | Información no disponible |
| q. Densidad y/o densidad relativa | 1.95 g/cm ³ a 20 °C |
| r. Densidad de vapor relativa | Información no disponible |
| s. Datos pertinentes en lo que respecta a las disponibles clases de peligro físico | No hay información |

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD:

- 101. Reactividad: Sufre reacción exotérmica con las bases.
- 102. Estabilidad química: Estable a temperatura y presión normal.
- 103. Posibilidad de reacciones peligrosas: La polimerización peligrosa no ocurre.



- 104 . Condiciones que deben evitarse: Evite temperaturas excesivamente altas.
- 105 . Materiales incompatibles: Reacciona con bases produciendo desprendimiento de calor, reacciona con oxidantes y productos que desprenden gases en medio ácido (Cloritos, Hipocloritos, Sulfitos, Sulfuros etc.).
- 106 . Productos de descomposición peligrosos: N/A

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA:

11.1 . Información sobre las vías probables de exposición:

| | |
|--|--|
| Toxicidad oral aguda: | Concluyente pero no suficiente para clasificación DL50 Rata: 9.187 mg / kg (Fuente: Echa Europa) |
| Toxicidad aguda por inhalación: | Concluyente pero no suficiente para clasificación. |
| Toxicidad cutánea aguda: | Concluyente pero no suficiente para clasificación. DL50 Rata: 2.000 mg / kg (Fuente: Echa Europa) |
| Corrosión/Iritación de la piel: | Puede causar corrosión si el contacto es prolongado |
| Serío daño ocular/Iritación ocular: | Causa serío daño en los ojos en caso de contacto continuo |
| Sensibilización: | Concluyente pero no suficiente para clasificación |
| Peligro de aspiración: | Concluyente pero no suficiente para clasificación. |
| Toxicidad a la reproducción: | Concluyente pero no suficiente para clasificación. |
| Mutagenicidad en células germinales: | Concluyente pero no suficiente para clasificación. |
| Carcinogenicidad: | No se encuentra clasificado dentro de la lista de carcinógenos de la organización mundial de la salud. |
| Teratogenicidad: | Concluyente pero no suficiente para clasificación. |
| Toxicidad específica en órganos diana exposición única: | Concluyente pero no suficiente para clasificación |
| Toxicidad específica en órganos diana exposición repetida: | Concluyente pero no suficiente para clasificación |

112 . Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas: No se encuentran datos disponibles

12. INFORMACIÓN

ECOTOXICOLÓGICA: 12 .1.

Ecotoxicidad:

No se encontró información disponible

122 . Persistencia y degradabilidad:

No se cuenta con estudios disponibles

123 . Potencial de bioacumulación:

No se cuenta con estudios disponibles.

124 . Movilidad en suelo:

No se cuenta con estudios disponibles

125 . Resultados de valoración PBT y mPmB:

De acuerdo con el anexo XIII del Reglamento REACH 1907/2006 la valoración PBT y mPmB no se aplica a las sustancias inorgánicas.

126 . Otros efectos adversos: no conocidos.



13. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE LOS PRODUCTOS:

Sus residuos son considerados como no peligrosos, sin embargo no lo maneje como un desecho normal. No lo disponga en los drenajes, el suelo o fuentes de agua. Neutralizar con Cal o Carbonato de Sodio. Siga las regulaciones locales para su disposición.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL

TRANSPORTE: 14 .1. Número ONU:

UN 3264

14 .2. Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas: Solución de EDTA.

14 .3. Clases relativas al transporte: 8

144 . Grupo de embalaje/envase, si se aplica: III

145 . Peligros para el medio ambiente: No es

contaminante marino 14 .6. Transporte a Granel: TP2-TP27

14 .7. Precauciones especiales: El producto se transporta en tambor/contenedor plástico, los cuales deben estar perfectamente cerrados y sin fugas, identificados con: la información suministrada en 2B

15. INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN:

Esta hoja de seguridad cumple con los requerimientos del Sistema Globalmente armonizado. Seguridad, salud y regulaciones medioambientales/legislación específica para la sustancia o la mezcla: sin datos disponibles Evaluación de la seguridad química: Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

16. OTRAS INFORMACIONES:

La información de esta hoja de seguridad de producto fue obtenida de fuentes serias y es digna de confianza, sin embargo, no constituye garantía tácita, ni explícita.

Las condiciones de manejo, uso, almacenamiento y disposición están más allá de nuestro control y conocimiento por esta razón, no se asume responsabilidad, ni implicaciones por pérdidas, daños, lesiones o gastos debidos al manejo, almacenamiento, uso o disposición de este producto.

Los datos contenidos en esta hoja de seguridad se basan en nuestros conocimientos y experiencia actuales y describen el producto considerando los requerimientos de seguridad. Los datos no describen en ningún caso las propiedades del producto (especificación de producto) . la garantía en relación a ciertas propiedades o a la adecuación del producto para una aplicación específica no pueden deducirse a partir de los datos de la hoja de seguridad. Es responsabilidad del receptor de nuestros productos asegurar que se observen los derechos de propiedad y las leyes y reglamentaciones existentes.



FICHA TÉCNICA DE SOLMED WATER 1

Código: SGI- FT-01

Versión: 01

Fecha: 15/11/2020

NOMBRE: SOLMED WATER 1

DESCRIPCIÓN

Es una mezcla de polímeros, coliflor, zanahoria y EDTA que se desempeña efectivamente como coagulante orgánico para aguas tanto potables como residuales.

VENTAJAS:

- Económico, efectivo a dosis muy bajas.
- Trabaja en rango amplio de pH.
- No altera el pH del sistema.
- Velocidad de alta sedimentación.
- Bajo volumen de lodos.
- Mayor carrera de filtros.
- Fácil de dosificar y manejar.
- No requiere el uso de alcalinizantes.

FORMULA: Mezcla de polímero, coliflor, zanahoria y EDTA.

ESPECIFICACIONES:

| | |
|------------------------------|------------------|
| Basicidad (%): | ≥ 70 |
| Acidez (%): | 11.0 – 12.5 |
| Turbiedad (NTU): | 50 máximo |
| Densidad: | 1.30 – 1.40 g/ml |
| Fecha de vencimiento: | 12 meses |

PRESENTACIÓN: SOLMED WATER 1 se despacha en isotanques, tambores plásticos, garrafas y a granel.

USO DEL PRODUCTO: Empleado como coagulante-floculante en clarificación para condiciones de alta turbiedad sin disminuir el pH. En la industria del papel para el proceso de encolado, piscinas, en la industria petrolera y tratamiento de aguas residuales industriales.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO: Se debe almacenar en tanques cerrados de fibra de vidrio, polietileno, polipropileno, en garrafas, tambores y contenedores plásticos.

FICHA TÉCNICA DE SOLMED WATER 1

| |
|--------------------|
| Código: SGI- FT-01 |
| Versión: 01 |
| Fecha: 15/11/2020 |

PRECAUCIONES PARA EL USO Y SEGURIDAD: Es astringente, se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos. No es un producto tóxico, pero puede producir leve resequedad e irritación en la piel y ojos por tratarse de un producto de carácter ácido.

La información contenida en este documento se basa en datos considerados exactos proporcionados por nuestros proveedores, sin embargo, las condiciones de uso y manejo pueden involucrar situaciones especiales, el uso indebido, manipulación, o combinación del producto, es responsabilidad exclusiva del usuario y debe ser consultada con un profesional en la materia antes de usar el producto, SOLMED S.A.S , no será responsable por daños, pérdidas, o lesiones derivadas de la manipulación de este producto, no se garantiza la exactitud de los datos para un fin específico, pues es responsabilidad exclusiva del usuario o cliente, conocer la información y asegurarse que la misma sea completa, útil y pertinente para el fin que se va a utilizar, el usuario con la compra del producto, acepta que conoce el mismo y el uso que se le va a dar y exonera a SOLMED S.A.S de cualquier tipo de responsabilidad civil, penal o administrativa, que pueda ocasionar el producto al usuario, cliente, o terceros.



MATRIZ DE COMPATIBILIDAD DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

V1.P1.SOL.FP 07/01/2021
 Versión 1
 Clasificación de la Información Pública

| | |
|-----------------------|-------------------------------|
| BEDE: | CENTRO COMERCIAL CENTRO MAYOR |
| FECHA DE ELABORACIÓN: | 07/01/2021 |
| QUIEN ELABORO: | FERNANDO PINEDA |
| LUGAR: | CENTRO COMERCIAL CENTRO MAYOR |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE COMÚN | | Solmed Water 1 | Solmed Water 2 | Hidroxido de Sodio | Peroxido de Hidrogeno | | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------|--|--|--|--|
| | CLASE SGA | | Irritación ocular/cutánea corrosivo | Irritación ocular/cutánea corrosivo | Corrosivo | comburente | | | | |
| | CLASE SGA | PICTOGRAMA SGA | | | | | | | | |
| Solmed Water 1 | Irritación ocular/cutánea corrosivo | | Green | Green | Yellow | Green | | | | |
| Solmed Water 2 | Irritación ocular/cutánea corrosivo | | Green | Green | Yellow | Green | | | | |
| Hidroxido de Sodio | Corrosivo | | Yellow | Yellow | Green | Red | | | | |
| Peroxido de Hidrogeno | comburente | | Green | Green | Red | Green | | | | |

| CONVERSIÓN | |
|------------|--|
| | Pueden almacenarse juntos. Verificar reactividad individual utilizando la Hoja de Seguridad. Estas sustancias pueden ser utilizadas como separadores de sustancias no compatibles. |
| | Precaución, posibles restricciones. Revisar incompatibilidades individuales utilizando Hoja de Seguridad, pueden ser incompatibles o pueden requerirse condiciones específicas. |
| | Se requiere almacenar por separado. Son incompatibles. |

| NOMBRE DE LA SUSTANCIA | RESTRICCIONES DE ALMACENAMIENTO |
|------------------------|--|
| hidroxido de sodio | Líquidos y pelets corrosivos que se deben almacenar en un lugar bien ventilado. Guardar el recipiente cerrado. Mantener mínimo a 0,5 metros de distancia de solmed water 1 y solmed water 2., y mantener mínimo a un (1) metro de distancia del peroxido de hidrogeno. |
| peroxido de hidrogeno | Líquidos comburentes que se deben almacenar en un lugar bien ventilado. Guardar el recipiente cerrado. Mantener mínimo a un (1) metro de distancia del hidroxido de sodio. |
| NOTAS | En caso de emergencia comuníquese con las líneas: Centro de control PENTAGONO |



1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

- 1.1. Nombre: solmed wáter2
1.2. Otros medios de

identificación:

Sinónimos: polímero floculante clarificador
de aguas. Número CAS: 6381-92-6.
Número UN: 3264

13. Usos recomendados:

Usado en el tratamiento y clarificación de aguas potables, residuales o industriales y en La industria de cuidado del aire.

14. Datos del proveedor: Solmed sas

15. Teléfono en caso de emergencia: 01 – 8000 – 941414 SISTEMA ARL SURA

2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO O PELIGROS

21. Clasificación de la sustancia o mezcla
según SGA: Corrosivo para los metales
(Categoría 1), H290.
Corrosión/irritación cutánea (Categoría 1A), H315.

22. Elementos de la etiqueta:

Pictogramas:



Palabra de advertencia: PELIGRO

Indicaciones de peligro: H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H315 Provoca irritación cutánea

H315 Provoca lesiones oculares graves

Consejos de Prudencia:

Prevención

P260

No respirar nieblas. Si durante la utilización pueden producirse partículas inhalables.

P264

Lavarse cuidadosamente después de la manipulación. El fabricante/proveedor o la autoridad competente especificarán las partes de cuerpo que se deben lavar después de la manipulación

P280

Llevar guantes/ropa de protección/gafas de protección/máscara de protección.



Intervención

| | |
|--------------------|---|
| P301 + P330 + P331 | EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. No provocar el vómito. <small>TEL. 830.514.597-2</small> |
| P303 + P361 + P353 | EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagarse la piel con agua o ducharse. |
| P363 | Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar. |
| P304 + P340 | EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. |
| P310 | Llamar inmediatamente a un centro de toxicología/médico. |
| P321 | Tratamiento específico. El fabricante/proveedor o la autoridad competente especificarán un producto de limpieza apropiado según proceda. |
| P305 + P351 + P338 | EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar los lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado. |
| P390 | Absorber el vertido para prevenir daños materiales. |

Almacenamiento

| | |
|------|---|
| P406 | Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión/en un recipiente con revestimiento interior resistente a la corrosión. El fabricante/proveedor o la autoridad competente especificarán otros materiales compatibles. |
|------|---|

23 . Clasificación de acuerdo a las directrices EU 67/548/EEC o 1999/45/EC Cl, Corrosivo

R-frases: (34): Provoca quemaduras

24 . Otros peligros que no conducen a una clasificación o que no están cubiertos por el SGA: No se cuenta con información disponible

3. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS

COMPONENTES 3.1. Sustancias

Identidad química: polímero, estabilizador Ph, EDTA, conservante.

Nombre común/sinónimos: Polímero

clarificador tratamiento de aguas

Número CAS: 6381- 92-6.

Impurezas y aditivos estabilizadores que estén a su vez clasificados y contribuyan a la clasificación de la sustancia:

N/A

4. PRIMEROS AUXILIOS

41. . Descripción de las medidas necesarias:

Inhalación: Si la víctima ha inhalado grandes cantidades del producto, llevarla a un sitio confortable, ventilado y fresco. Lavar nariz y boca con agua abundante y mantener en reposo y abrigado. Si su respiración es dificultosa suministre oxígeno. Consultar al médico lo más pronto posible.

Piel: Lave de inmediato con abundante agua, bajo la ducha remueva la ropa contaminada y zapatos, se debe continuar con el lavado con agua durante 20 minutos. Si la irritación u enrojecimiento persiste acudir al médico. **Ojos:** Lave los ojos inmediatamente con agua corriente por un mínimo de 20 minutos. Mantenga los párpados abiertos durante el enjuague y gire los ojos. Si persiste la irritación, repita el lavado. Remita al médico inmediatamente.

En caso de Ingestión: NO INDUZCA AL VÓMITO. Si la víctima está consciente y alerta, darle a beber agua. Consultar al médico lo más pronto posible.



NIT. 830.514.597-2

42 . Síntomas/efectos más importantes, agudos y retardados:

Inhalación: Puede producir irritación en las vías respiratorias y dolor de garganta

Contacto con La Piel: Corrosivo. Produce irritación o enrojecimiento. Lavar inmediatamente. Ojos: Produce ardor, irritación y enrojecimiento. Lavar inmediatamente

Ingestión: Causa irritación gastrointestinal, los síntomas son náuseas y vómito.

43 . Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y tratamiento especial requerido en caso necesario:

En caso de corrosión en la piel y en las membranas llamar a un centro médico.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

51 . Medios de extinción apropiados: Este producto no es inflamable, utilice medidas de extinción apropiadas para las circunstancias locales y el medio ambiente circundante.

52 . Peligros específicos de los productos químicos: No combustible.

53 . Equipo protector especial y precauciones especiales para los equipos de lucha contra incendios: Use equipo de seguridad adecuado para situaciones de fuego, use un equipo de respiración autónomo.

6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

61 . Precauciones individuales, equipos de protección y procedimientos de emergencia:

- Evite la inhalación y el contacto con la piel y los ojos. Se recomienda un aparato de respiración autónomo en caso de un derrame importante.
- Restrinja el área hasta que personal entrenado limpie completamente el derrame.
- Ventile el área.
- Use ropa adecuada y el equipo de protección personal recomendado, guantes, botas, traje de caucho (no use algodón ni cuero), casco, máscara de gases. No toque el producto derramado.
- Lave completamente.

62 . Precauciones medioambientales: Evitar verter el producto en la red de alcantarillado o a través de ríos o cauces públicos.

63 . Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:

- Detenga la fuga si es posible, construya un dique de arena.
- Absorba el producto en arena o un material absorbente del producto (Ej. Vermiculita), recójalo en un recipiente plástico, almacénelo, luego lave el lugar afectado y todas las herramientas usadas. Para su disposición cumpla las regulaciones gubernamentales.

Desactivación: Para la neutralización puede usarse Cal apagada o Carbonato de Sodio, recoja los residuos en un recipiente de plástico debidamente etiquetado y disponga según la regulación local.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

71 . Precauciones para una manipulación segura: Mantenga el equipo de emergencia siempre disponible. El personal debe estar bien entrenado en el manejo seguro del producto. Los recipientes deben estar debidamente etiquetados y alejados de fuentes de calor. Evitar también la congelación. Evite el contacto con los ojos o la piel, no lo ingiera. No respire sus neblinas, vapores o gases.

72 . Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas cualesquier incompatibles: El área de almacenamiento debe estar adecuadamente ventilada con dique de protección, no compartido. En esta área se debe contar con ducha y lavaojos. El área de almacenamiento y el sistema de iluminación deben construirse de materiales resistentes a la corrosión y mantenerse bien ventilado y alejado de sustancias incompatibles como oxidantes y productos que desprenden gases en medio ácido. Almacénelo en un lugar bien ventilado, fresco y seco.



8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN

PERSONAL 8 .1. Parámetros de control:

Límites de exposición: Información no disponible 8 .2. Controles de ingeniería apropiados

Provea ventilación general y/o local. Asegúrese de contar con una ducha y un lavajos próximo a las estaciones de trabajo.

8 .3. Medidas de protección individual:

Mantenga disponibles una ducha y una fuente para el lavado de los ojos en el área de trabajo Para operación normal:

-Protección para los ojos: Use gafas de seguridad Para muestreo, mantenimiento y trasvase: Protección para los ojos: Use monogafas químicas

-Protección para la piel: Use guantes de nitrilo Para emergencia:

Ojos
Piel

Monogafas químicas
Traje de protección antiácido (Overol, chaqueta-Pantalón),
guantes de nitrilo y botas antiácido.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS PROCESO DE PRODUCCIÓN

| PROPIEDAD | VALOR |
|--|--|
| a. Estado Físico | Líquido |
| b. Color | Ámbar claro - oscuro |
| c. Olor | Ligeramente pungente |
| e. Punto de fusión/punto de congelación | Información no disponible |
| f. Punto inicial e intervalo de ebullición | Información no disponible |
| g. Inflamabilidad | No aplica. No inflamable |
| h. Límite superior/inferior de inflamabilidad / explosión. | Información no disponible |
| i. Punto de inflamabilidad | Ninguno |
| j. Temperatura de ignición espontánea | No aplica. No inflamable |
| k. Temperatura de descomposición | Información no disponible |
| l. pH | 1 - 3. unidades de pH |
| m. Viscosidad cinemática (15.6 °C) | Información no disponible |
| n. Solubilidad | Soluble en agua e insoluble en solventes orgánicos comunes |
| o. Coeficiente de reparto n-octanol/agua | No aplicable para compuestos inorgánicos |
| p. Presión de vapor | Información no disponible |
| q. Densidad y/o densidad relativa | 1.25 - 1.45 g/cm ³ a 18 °C |
| r. Densidad de vapor relativa | Información no disponible |
| s. Datos pertinentes en lo que respecta a las disponibles clases de peligro físico | No hay información |

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD:

101. Reactividad: Sufre reacción exotérmica con las bases.
102. Estabilidad química: Estable a temperatura y presión normal.
103. Posibilidad de reacciones peligrosas: La polimerización peligrosa no ocurre.



- 104. Condiciones que deben evitarse: Evite temperaturas excesivamente altas.
- 105. Materiales incompatibles: Reacciona con bases produciendo desprendimiento de calor, NIT. 830.514-597-2 reacciona con oxidantes y productos que desprenden gases en medio ácido (Cloritos, Hipocloritos, Sulfitos, Sulfuros etc.).
- 106. Productos de descomposición peligrosos: N/A

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA:

11.1. Información sobre las vías probables de exposición:

| | |
|---|---|
| <p>Toxicidad oral aguda:</p> <p>Toxicidad aguda por inhalación:</p> <p>Toxicidad cutánea aguda:</p> <p>Corrosión/Irritación de la piel:</p> <p>Serio daño ocular/Irritación ocular:</p> <p>Sensibilización:</p> <p>Peligro de aspiración:</p> <p>Toxicidad a la reproducción:</p> <p>Mutagenicidad en células germinales:</p> <p>Carcinogenicidad:</p> <p>Teratogenicidad:</p> <p>Toxicidad específica en órganos diana exposición única:</p> <p>Toxicidad específica en órganos diana exposición repetida:</p> | <p>Concluyente pero no suficiente para clasificación</p> <p>DL50 Rata: 9.187 mg / kg (Fuente: Echa Europa)</p> <p>Concluyente pero no suficiente para clasificación.</p> <p>Concluyente pero no suficiente para clasificación.</p> <p>DL50 Rata: 2.000 mg / kg (Fuente: Echa Europa)</p> <p>Puede causar corrosión si el contacto es prolongado</p> <p>Causa serio daño en los ojos en caso de contacto continuo</p> <p>Concluyente pero no suficiente para clasificación</p> <p>Concluyente pero no suficiente para clasificación.</p> <p>Concluyente pero no suficiente para clasificación.</p> <p>Concluyente pero no suficiente para clasificación.</p> <p>No se encuentra clasificado dentro de la lista de carcinógenos de la organización mundial de la salud.</p> <p>Concluyente pero no suficiente para clasificación.</p> <p>Concluyente pero no suficiente para clasificación</p> <p>Concluyente pero no suficiente para clasificación</p> |
|---|---|

11.2. Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas: No se encuentran datos disponibles

12. INFORMACIÓN

ECOTOXICOLÓGICA: 12.1.

- Ecotoxicidad: No se encontró información disponible
- 122. Persistencia y degradabilidad: No se cuenta con estudios disponibles
- 123. Potencial de bioacumulación: No se cuenta con estudios disponibles.
- 124. Movilidad en suelo: No se cuenta con estudios disponibles
- 125. Resultados de valoración PBT y mPmB:

De acuerdo con el anexo XIII del Reglamento REACH 1907/2006 la valoración PBT y mPmB no se aplica a las sustancias inorgánicas.

126. Otros efectos adversos: no conocidos.



13. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE LOS PRODUCTOS:

Sus residuos son considerados como no peligrosos, sin embargo no lo maneje como un desecho normal. No lo disponga en los drenajes, el suelo o fuentes de agua. Neutralizar con Cal o Carbonato de Sodio. Siga las regulaciones locales para su disposición.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL

TRANSPORTE: 14 .1. Número ONU:

UN 3264

14 .2. Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas: Solución de EDTA.

14 .3. Clases relativas al transporte: 8

144 . Grupo de embalaje/envase, si se aplica: III

145 . Peligros para el medio ambiente: No es

contaminante marino 14 .6. Transporte a Granel: TP2-TP27

14 .7. Precauciones especiales: El producto se transporta en tambor/contenedor plástico, los cuales deben estar perfectamente cerrados y sin fugas, identificados con: la información suministrada en 2B

15. INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN:

Esta hoja de seguridad cumple con los requerimientos del Sistema Globalmente armonizado. Seguridad, salud y regulaciones medioambientales/legislación específica para la sustancia o la mezcla: sin datos disponibles Evaluación de la seguridad química: Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

16. OTRAS INFORMACIONES:

La información de esta hoja de seguridad de producto fue obtenida de fuentes serias y es digna de confianza, sin embargo, no constituye garantía tácita, ni explícita.

Las condiciones de manejo, uso, almacenamiento y disposición están más allá de nuestro control y conocimiento por esta razón, no se asume responsabilidad, ni implicaciones por pérdidas, daños, lesiones o gastos debidos al manejo, almacenamiento, uso o disposición de este producto.

Los datos contenidos en esta hoja de seguridad se basan en nuestros conocimientos y experiencia actuales y describen el producto considerando los requerimientos de seguridad. Los datos no describen en ningún caso las propiedades del producto (especificación de producto) . la garantía en relación a ciertas propiedades o a la adecuación del producto para una aplicación específica no pueden deducirse a partir de los datos de la hoja de seguridad. Es responsabilidad del receptor de nuestros productos asegurar que se observen los derechos de propiedad y las leyes y reglamentaciones existentes.



FICHA TÉCNICA DE SOLMED WATER 2

Código: SGI-FT-02

Versión: 01

Fecha: 15/11/2020

NOMBRE COMERCIAL: SOLMED WATER 2

SINÓNIMOS: Coagulante-Floculante, clarificador de aguas.

DESCRIPCIÓN

SOLMED WATER 2 es un polímero catiónico líquido de color pardo y turbio, diseñado para la clarificación de agua, está conformado por una mezcla de polímeros, acondicionadores de pH y floculantes catiónicos de alto peso molecular que permiten la formación de un floc pesado y disminuyen el tiempo de sedimentación.

USOS

El producto SOLMED WATER 2 está diseñado para clarificación y coagulación de agua que presenten turbiedad causada por sólidos suspendidos en forma de solución coloidal. Se aplica en el tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas.

DOSIFICACIÓN

Se recomienda usar el producto sin diluir. La dosificación depende del volumen de los tanques y el estado del agua a tratar, se recomienda utilizar dosificación automática con circulación de flujo continuo al interior del tanque y realizar test de jarras previo a la adición directa de SOLMED WATER 2.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

| Fisicoquímicos | | |
|---------------------|---|---|
| Ensayo | Especificación | Método |
| Aspecto | Líquido fluido turbio de color Pardo claro, sin partículas. | Organoléptico |
| Viscosidad (cp) | 50 – 100 | Viscosímetro brookfield, aguja N° 2, 100 rpm, muestra 500 ml, 1 minuto de agitación |
| Gravedad específica | 1.25 – 1.45 | Densímetro BRIXCO |
| pH | 1 – 3 | pH-metro |



FICHA TÉCNICA DE SOLMED WATER 2

Código: SGI-FT-02

Versión: 01

Fecha: 15/11/2020

ALMACENAMIENTO

Almacenar en lugar fresco, evitar altas temperaturas y humedad. Conservarlo en el recipiente original y mantenerlo herméticamente cerrado. No almacenar con bases fuertes y agentes oxidantes, no dejar el producto destapado.

PRECAUCIONES

Mantener lejos del alcance de los niños. Este producto debe ser manipulado con guantes y protección respiratoria. Puede ser corrosivo para los metales. En caso de contacto con la piel o los ojos o la piel lave cuidadosamente con abundante agua y acuda al médico. Para mayor información consulte la ficha de datos de seguridad.

PRESENTACIÓN

Este producto se encuentra disponible en galones de 3.8 litros y garrafas de 20 kg fabricados en polietileno de alta densidad.

La información contenida en este documento se basa en datos considerados exactos proporcionados por nuestros proveedores, sin embargo, las condiciones de uso y manejo pueden involucrar situaciones especiales, el uso indebido, manipulación, o combinación del producto, es responsabilidad exclusiva del usuario y debe ser consultada con un profesional en la materia antes de usar el producto, SOLMED S.A.S, no será responsable por daños, perdidas, o lesiones derivadas de la manipulación de este producto, no se garantiza la exactitud de los datos para un fin específico, pues es responsabilidad exclusiva del usuario o cliente, conocer la información y asegurarse que la misma sea completa, útil y pertinente para el fin que se va a utilizar, el usuario con la compra del producto, acepta que conoce el mismo y el uso que se le va a dar y exonera a SOLMED S.A.S de cualquier tipo de responsabilidad civil, penal o administrativa, que pueda ocasionar el producto al usuario, cliente, o terceros.

ANEXO 3.
MATRIZ COMPARATIVA DEL PROMEDIO HISTORICO, EN RELACIÓN A LAS RES (3957-2009, 1207-2014, 0631-2015)

| VARIABLE | PLANTA DE TRATAMIENTO SALIDA MORADO 8 | | | | | | 2018 | | | SDA | | | | 2019 | | | SDA | | | 2020 | | | LIMITE MAXIMO PERMISIBLE MAS RESTRICTIVO | PROMEDIO DE LOS VALORES ABSOLUTOS *Los valores reportados como < se toman enteros para efectos del promedio | CUMPLIMIENTO | Desviación | Equipos donde se retran estos parámetros |
|--|--|--|---|---|--|---|--------------------|--------------------|------------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|---------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|------------------|--|---|--------------|------------|--|
| | LIMITE MAXIMO PERMISIBLE RES. 3957 DE 2009 | LIMITE MAXIMO PERMISIBLE RES. 1207 DE 2014 USO AGRICOLA Zonas Verdes | LIMITE MAXIMO PERMISIBLE RES. 1207 DE 2014 USO AGRICOLA Jardines no Domiciliarios | LIMITE MAXIMO PERMISIBLE RES. 1207 DE 2014 USO INDUSTRIAL | LIMITE MAXIMO PERMISIBLE RES. 0631 DE 2015 ACTIVIDADES DE ATENCIÓN A LA SALUD HUMANA - ATENCIÓN MÉDICA CON Y SIN INTERNACIÓN | LIMITE MAXIMO PERMISIBLE RES. 0631 DE 2015 ART. 14 ATENCIÓN A LA SALUD HUMANA - ATENCIÓN MÉDICA CON Y SIN INTERNACIÓN | OCT | NOV | DIC | DIC | MAR | ABR | JUN | SEP | DIC | SDA NOV | SDA DIC | SDA NOV | SDA DIC | SDA NOV | SDA DIC | | | | | | |
| ACEITES Y GRASAS | 100 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | 10 | 11,6 | 31,6 | 12 | 11,1 | 11,9 | 19,3 | 24,1 | <10,0 | 15,4 | 11,7 | 14,2 | 10 | 16 | NO | Alto | Trampa de grasas | | | | | |
| ACIDEZ TOTAL | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 64,6 | -- | -- | -- | -- | 200 | <5,00 | <5,00 | Análisis y reporte | 69 | N.A | | | | | | | |
| ALCALINIDAD TOTAL | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 128 | -- | -- | -- | -- | 64,2 | 267 | 286 | Análisis y reporte | 186 | N.A | | | | | | | |
| ALUMINIO | 10 | 5 | 5 | 5 | No exigido | No exigido | 2,99 | -- | <1,0 | 3,31 | -- | -- | -- | <1,00 | 1,48 | 3,25 | Análisis y reporte | 5 | 2 | SI | | | | | | | |
| ANTIMONIO | No exigido | No exigido | 0,05 | No exigido | No exigido | No exigido | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Análisis y reporte | 0,05 | 0 | N.A | | | | | | |
| ARSENICO | cad | 0,1 | 0,1 | No exigido | No exigido | No exigido | -- | -- | -- | <0,001 | -- | -- | -- | -- | <0,005 | <0,005 | Análisis y reporte | 0,1 | 0,0040 | SI | | | | | | | |
| BARIO | 5 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | -- | -- | -- | <1,0 | -- | -- | -- | -- | <1,00 | <1,00 | Análisis y reporte | 1 | 1 | N.A | | | | | | | |
| BTEX | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | 12 | -- | -- | -- | -- | <0,03 | <0,030 | Análisis y reporte | 3,02 | 3,02 | N.A | | | | | | | |
| BORO | 5 | 0,4 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | 0,22 | -- | -- | -- | -- | <0,109 | <0,109 | Análisis y reporte | 0,4 | 0,1368 | SI | | | | | | | |
| BERILIO | No exigido | 0,1 | 0,1 | 0,1 | No exigido | No exigido | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Análisis y reporte | 0,1 | 0 | N.A | | | | | | | |
| CADMIO | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | -- | -- | -- | <0,050 | -- | -- | -- | -- | <0,050 | <0,050 | Análisis y reporte | 0,01 | 0,0400 | NO | Alto | M.P DAF | | | | | |
| CAUDAL | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | -- | -- | -- | 1,783 | -- | -- | -- | -- | 5,08 | 3,318 | 5,86 | Análisis y reporte | 3 | 3 | N.A | | | | | | |
| CIANUROS | 1 | 0,2 | 0,2 | No exigido | No exigido | 0,5 | -- | -- | -- | <0,10 | -- | -- | -- | -- | <0,10 | <0,10 | Análisis y reporte | 0,10 | 0,10 | N.A | | | | | | | |
| CLORUROS | No exigido | 300 | No exigido | 300 | No exigido | 250 | 77,7 | 170 | 176 | 67,7 | 197 | 184 | 217 | -- | 255 | 291 | 188 | Análisis y reporte | 250 | 182 | SI | | | | | | |
| COBALTO | No exigido | 0,05 | 0,05 | 0,05 | No exigido | 0,1 | -- | -- | -- | <0,100 | -- | -- | -- | -- | <0,100 | <0,100 | Análisis y reporte | 0,05 | 0,100 | NO | Alto | M.P DAF | | | | | |
| COBRE | 0,25 | 1 | 1 | 1 | No exigido | 1 | -- | -- | -- | <0,100 | -- | -- | -- | -- | <0,100 | <0,100 | Análisis y reporte | 0,25 | 0,100 | N.A | | | | | | | |
| COLOR | UNDEN DILUCIÓN 1 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 42,8 | -- | -- | UNDEN DILUCIÓN 1/2 | 42,8 | -- | SI | | | | | | |
| COLOR REAL 436 NM | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 14,6 | -- | -- | -- | 10 | 17,7 | 0,8 | 8,5 | Análisis y reporte | 10 | 10 | N.A | | | | | | |
| COLOR REAL 525 NM | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 14 | -- | -- | -- | 6,5 | 12,1 | 0,4 | 5,5 | Análisis y reporte | 8 | 8 | N.A | | | | | | |
| COLOR REAL 620 NM | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 13,7 | -- | -- | -- | 4,6 | 8,9 | 0,2 | 3,9 | Análisis y reporte | 6 | 6 | N.A | | | | | | |
| COMPUESTOS HALOGENADOS ABSORBIBLES (AOX) | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 0,59 | -- | -- | -- | 1,03 | 120 | 140 | Análisis y reporte | 52 | 52 | N.A | | | | | | |
| COMPUESTOS SEMIVOLATILES FENOLICOS | 0,2 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | <0,007 | -- | -- | -- | <0,007 | <0,007 | Análisis y reporte | 0,2 | 0,007 | SI | | | | | | | |
| CONDUCTIVIDAD | No exigido | 1500 | 1500 | No exigido | No exigido | No exigido | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Análisis y reporte | 1500 | 0 | N.A | | | | | | |
| CROMO HEXAVALENTE | 0,5 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | <0,02 | -- | -- | Análisis y reporte | 0,5 | 0,02 | SI | | | | | | |
| CROMO TOTAL | 1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | -- | -- | -- | <0,200 | -- | -- | -- | -- | <0,200 | <0,200 | Análisis y reporte | 0,1 | 0,175 | NO | Alto | M.P DAF | | | | | |
| CLORO TOTAL RESIDUAL | No exigido | <1,0 | <1,0 | No exigido | No exigido | No exigido | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Análisis y reporte | <1,0 | 0 | N.A | | | | | | |
| DBO | 800 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | 150 | 38,2 | 579 | 542 | 163 | 385 | 510 | 539 | 542 | 600 | 444 | 371 | Análisis y reporte | 75 | 428 | NO | Alto | DAF | | | | |
| DOQ | 1500 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | 200 | 225 | 86,4 | 1305 | 1231 | 365 | 969 | 1279 | 1149 | 1220 | 1396 | 999 | 1059 | Análisis y reporte | 200 | 1005 | NO | Alto | DAF | | | |
| DETERGENTES SAAM | 10 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | 3,87 | 1,2 | 4,88 | 1,23 | 5,79 | 10,8 | 6,05 | 7,73 | 11,3 | 2,81 | 5,91 | 10 | 6 | SI | | | | | |
| DUREZA CALCICA | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 27,6 | -- | -- | -- | -- | 52,2 | 26,9 | 20 | Análisis y reporte | 32 | 32 | N.A | | | | | | |
| DUREZA TOTAL | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 32,3 | -- | -- | -- | -- | 68,3 | 44 | 38,78 | Análisis y reporte | 46 | 46 | N.A | | | | | | |
| ESTAÑO | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | 2 | -- | -- | <0,1 | -- | -- | -- | -- | <1,0 | <1,00 | Análisis y reporte | 2 | 1 | SI | | | | | | | |
| FLUORUROS | No exigido | 1 | 1 | No exigido | No exigido | 5 | -- | -- | -- | <0,1 | -- | -- | -- | -- | <0,1 | <1,00 | Análisis y reporte | 1 | 0,55 | SI | | | | | | | |
| ORTOFOSFATOS | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 0,273 | -- | -- | -- | -- | 0,07 | <0,06 | <0,060 | Análisis y reporte | 0,1158 | 0,1158 | N.A | | | | | | |
| FOSFORO TOTAL | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 0,31 | -- | -- | -- | -- | 0,595 | 0,059 | 0,122 | Análisis y reporte | 0,2715 | 0,2715 | N.A | | | | | | |
| FENOLES | No exigido | 1,5 | 0,002 | 0,002 | 0,20 | 0,2 | <0,20 | 0,488 | <0,20 | 0,74 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | -- | <0,200 | <0,200 | Análisis y reporte | 0,002 | 0,2828 | NO | Alto | Filtro de Carbón | | | | | |
| HIDROCARBUROS | 20 | 1 | 1 | No exigido | No exigido | 10 | -- | -- | -- | <1,0 | -- | -- | -- | -- | <10,0 | <10,0 | Análisis y reporte | 1 | 8 | NO | Alto | Filtro de Carbón | | | | | |
| HAP'S | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 0,62 | -- | -- | -- | <0,003 | <0,003 | <0,003 | Análisis y reporte | 0,157 | 0,157 | N.A | | | | | | |
| HIERRO | 10 | 5 | 5 | 5 | No exigido | 1 | 0,268 | -- | 8,59 | 0,524 | -- | -- | 20,3 | -- | 10,8 | 0,475 | 0,741 | Análisis y reporte | 1 | 6 | NO | Alto | Filtros de arena y carbon | | | | |
| LITIO | No exigido | 2,5 | 2,5 | 2,5 | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | -- | -- | -- | -- | <0,15 | <0,15 | <0,15 | Análisis y reporte | 2,5 | 0,15 | SI | | | | | | |
| MANGANESO | 1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | -- | -- | -- | -- | <0,100 | 0,409 | 0,212 | Análisis y reporte | 0,2 | 0,2403 | NO | Bajo | Filtros de arena y carbon | | | | |
| MERCURIO | 0,02 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 0,01 | 0,002 | <0,001 | -- | 0,0189 | <0,001 | -- | -- | <0,001 | -- | <0,001 | 0,003 | <0,001 | Análisis y reporte | 0,001 | 0,004 | NO | Alto | M.P DAF | | | | |
| MOLIBDENO | 10 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | -- | -- | -- | -- | <1,00 | <1,00 | <1,00 | Análisis y reporte | 0,07 | 1 | NO | Bajo | M.P DAF | | | | |
| NIQUEL | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | No exigido | 0,1 | -- | -- | -- | <0,100 | -- | -- | -- | -- | <0,100 | <0,100 | Análisis y reporte | 0,1 | 0,1 | SI | | | | | | | |
| NITRATOS | No exigido | 5 | 5 | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | -- | <0,1 | -- | -- | -- | -- | <0,50 | <0,500 | Análisis y reporte | 5 | 0,400 | SI | | | | | | | |
| NITRITOS | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | -- | <0,01 | -- | -- | -- | -- | 0,01 | <0,010 | 0,010 | Análisis y reporte | 0,01 | 0,01 | N.A | | | | | | |
| NITROGENO AMONIAICAL | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 80 | -- | -- | -- | -- | 543 | 96,3 | 56,9 | Análisis y reporte | 194 | 194 | N.A | | | | | | |
| NITROGENO TOTAL KJELDA | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | 96 | -- | -- | -- | -- | 830 | 153 | 85,3 | Análisis y reporte | 291 | 291 | N.A | | | | | | |
| PH | 5,0-9,0 | 6,0-9,0 | 6,0-9,0 | 6,0-9,0 | 6,0-9,0 | 5,0-9,0 | -- | -- | -- | 7,43 | -- | -- | -- | -- | 4,49 | 6,5 | 7,15 | Análisis y reporte | 6 | 6 | SI | | | | | | |
| PLATA | 0,5 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | <0,100 | -- | -- | -- | -- | <0,100 | <0,100 | Análisis y reporte | 0,2 | 0,100 | SI | | | | | | | |
| PLOMO | 0,1 | 5 | No exigido | 5 | 0,10 | 0,1 | -- | -- | -- | <0,100 | -- | -- | -- | -- | <0,100 | <0,100 | Análisis y reporte | 0,1 | 0,100 | N.A | | | | | | | |
| SELENI0 | 0,1 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | No exigido | 0,2 | -- | -- | -- | <0,001 | -- | -- | -- | -- | <0,002 | <0,002 | Análisis y reporte | 0,02 | 0,002 | SI | | | | | | | |
| SODIO | No exigido | 200 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | Análisis y reporte | Análisis y reporte | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | Análisis y reporte | 200 | 0 | N.A | | | | | | |
| SOLIDOS SED | 2 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | 5 | -- | -- | -- | <0,1 | -- | -- | -- | -- | <0,1 | <0,1 | Análisis y reporte | 1,5 | 0,10 | SI | | | | | | | |
| SOLIDOS ST | 600 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | 50 | 75 | -- | -- | 17,4 | -- | -- | -- | 20 | 54,3 | 32 | 67 | Análisis y reporte | 50 | 38 | SI | | | | | | |
| SULFATOS | No exigido | 500 | No exigido | 500 | No exigido | 250 | <10,0 | -- | 28,2 | <10,0 | -- | -- | <10,0 | -- | 40,7 | 27,7 | 41,4 | Análisis y reporte | 250 | 24 | SI | | | | | | |
| SULFUROS | 5 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | 1 | <4,0 | <4,0 | <4,0 | <1,0 | <4,0 | <4,0 | <4,0 | -- | <4,0 | <4,0 | <1,00 | Análisis y reporte | 1 | 3 | NO | Alto | DAF | | | | |
| TEMPERATURA | 30 | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | No exigido | 20,1 | -- | -- | -- | -- | 20,4 | 20,5 | 19,7 | Análisis y reporte | 20 | 20 | SI | | | | | | |
| VANADIO | No exigido | 0,1 | 0,1 | No exigido | No exigido | 1 | -- | -- | -- | <1,00 | -- | -- | -- | -- | <1,00 | <1,00 | Análisis y reporte | 0,1 | 1 | NO | Alto | M.P DAF | | | | | |
| ZINC | 2 | 3 | 3 | 3 | No exigido | 3 | -- | -- | -- | <0,06 | -- | -- | -- | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO 4.

MANUAL DE OPERACIÓN DE LA PTAR POR LA EMPRESA TAOX

| | | |
|---|------------------|----------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 1 de 26 |

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

2.1. OPTIMIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

2.1.1 PROFESIONALES A CARGO.

2.1.1.1 HOJA DE VIDA INGENIERO EMIGDIO JARMA BARROS

Ver Anexo 1.

2.1.1.2 HOJA DE VIDA INGENIERA DIANA SANTANDER

Ver Anexo 1.

2.1.1.3 HOJA DE VIDA INGENIERO MARCO DANILO CHAPARRO

Ver Anexo 1.

2.1.1.4 HOJA DE VIDA INGENIERO WILMER PULIDO

Ver Anexo 1.

2.1.1.5 HOJA DE VIDA INGENIERA DANIELA BERNAL

2.1.1.6 HOJA DE VIDA TECNÓLOGO ELECTROMECÁNICO JAIRO FRESNEDA ALARCON

2.1.1.7 HOJA DE VIDA. PROFESIONAL EN SALUD OCUPACIONAL, M.S. ANGELA FONSECA MONTOYA.

Ver Anexo 1.

2.1.2 UBICACIÓN

TAOX SAS construirá, instalará, arrancará y pondrá en marcha dos(2) plantas modulares para el tratamiento de aguas residuales No Domésticas (PTARnD) en los sitios Verde 1 (1.5 l/seg) y Morado 8 (3 l/seg), ubicados en el sótano del Centro Comercial Centro Mayor, de acuerdo con los espacios disponibles y lo requerido por el contratante.

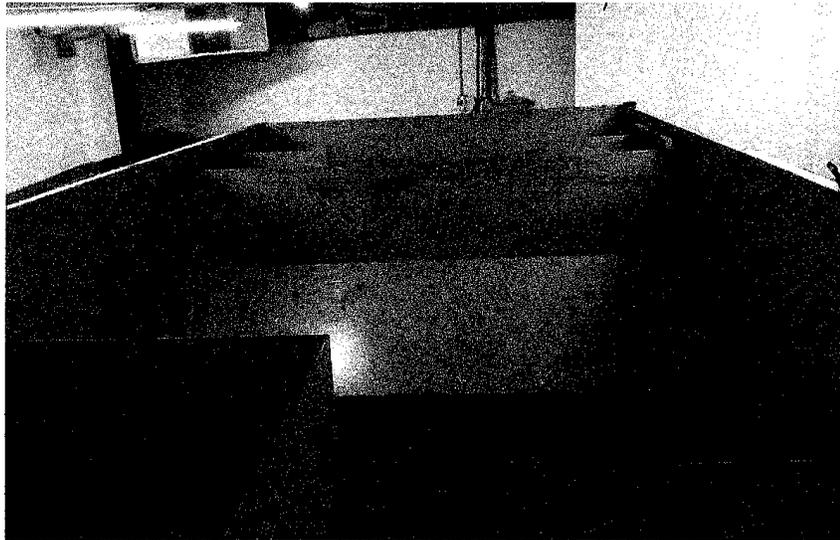
2.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA

TAOX SAS diseña, construye, instala y opera, investiga, desarrolla, capacita y aplica nuevas tecnologías, en el tratamiento de aguas residuales no domésticas mediante el desarrollo de un modelo de utilidad que conjuga procesos ancestrales con modernas tecnologías y recientes desarrollos físicos y químicos. El resultado es la posibilidad de construir y operar equipos compactos con pre – tratamiento y tratamientos primarios, secundarios de la más alta confiabilidad que garantizan el cumplimiento de la normatividad

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 2 de 26 |

existente para vertimientos (resolución 0631 de 2015 y/o resolución 1207 de 2017) las 24 horas, 7 días a la semana, 365 días al año, mediante un operación segura, estable, confiable y amigable con el ambiente, con las siguientes ventajas operativas:

- Estabilidad por tratamiento físico químico NO biológico.
- No genera olores agresivos,
- Áreas mínimas de Instalación
- Generación de lodos estabilizados
- Operación semiautomática
- Tiempos de retención de menos de una hora.
- Fáciles de reubicar por cambio de vertimiento.
- Al ser modulares de puede ajustar a lo requerido por aumento en el caudal a tratar.
- Bajos costos de operación.

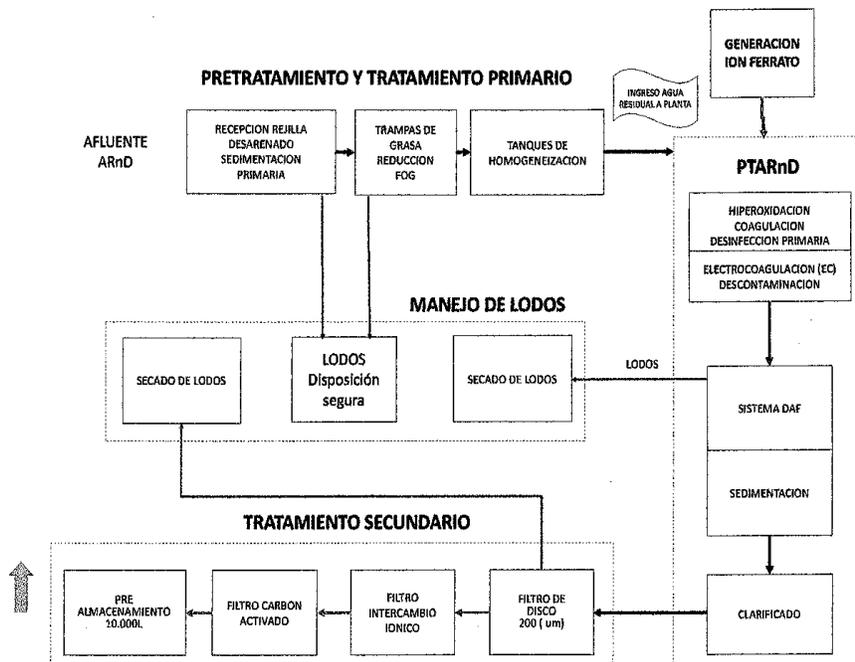


TANQUE INTEGRADO PARA 3 LPS
DISEÑADO Y CONSTRUIDO POR TAOX SAS – ACERO INOXIDABLE 304

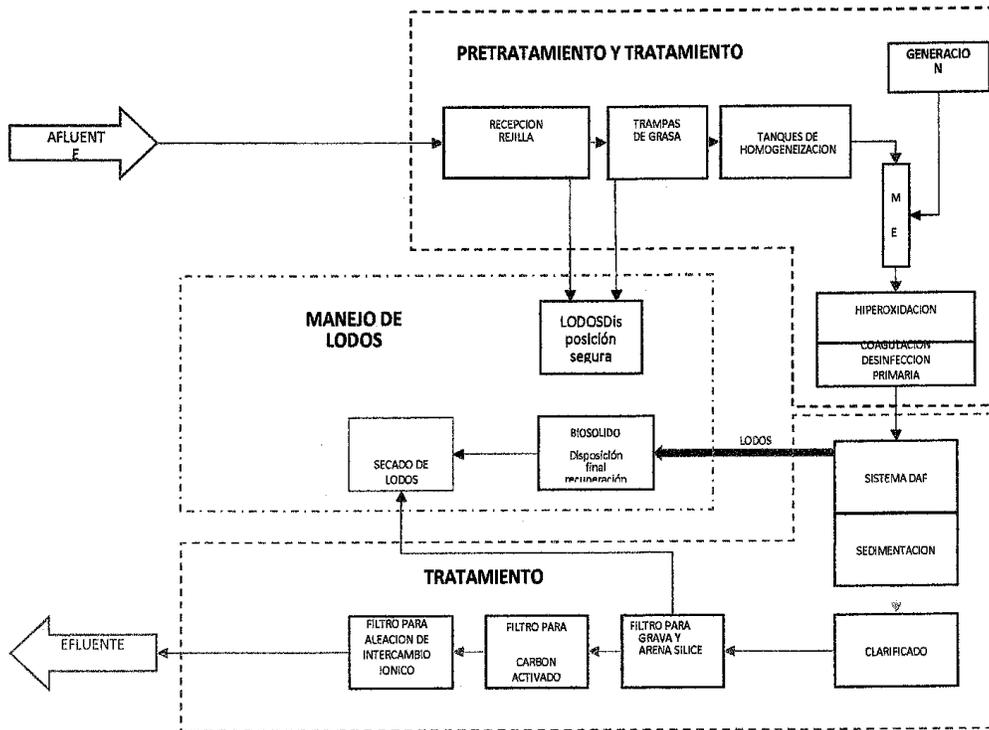
| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 3 de 26 |

2.1.3.1 FLUJO DE PROCESOS Y TRATAMIENTOS INCORPORADOS

2.1.3.1.1 Filtro de disco

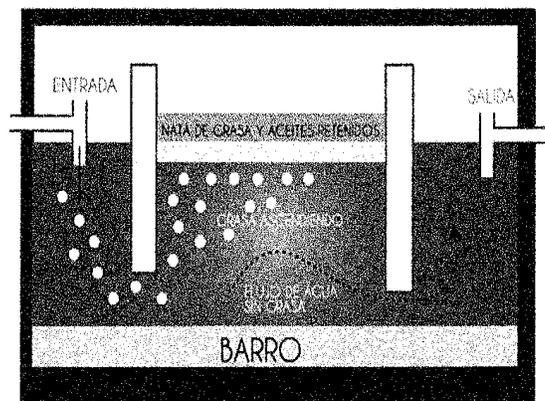


2.1.3.1.2 Filtro de arena sílice



| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 5 de 26 |

1.1 Homogeneización- ecualización. Adecuación de la infraestructura existente (trampa de Grasa) para permitir retirar del agua residual sólidos sobrenadantes arenas y del exceso de FOG (fat, oil, grease), mediante desarenado y rejillas de cribado.



El diseño debe realizarse de acuerdo con el caudal de agua promedio según datos de aforo de **2.469 l/seg** para Verde 1 y **6.452 l/seg** para Morado 8, teniendo en cuenta que se debe verificar la capacidad de almacenamiento mínimo, expresada en kg de grasa, debe ser por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario en litros/min). El tanque debe tener 0.25 m² de área por cada litro/seg, y una relación ancho/ longitud de 1:4 hasta 1:8, una velocidad ascendente mínima de 4 mm/s.

Los tiempos de retención son de 3 minutos para Caudales entre 2 y 9 l/s.

1.2 Bombeo de agua pre - tratada mediante electrobomba. El agua residual libre de sólidos, arenas y grasas es impulsada mediante una electrobomba de la trampa de grasas al Mezclador Estático de Alta Turbulencia (MEAT).

1.3 MEZCLADOR ESTÁTICO DE ALTA TASA M.E.A.T.

Un mezclador estático es un aparato para conseguir la mezcla de dos materiales **fluidos**. Por lo general, los fluidos son líquidos, sin embargo, los mezcladores estáticos también se utilizan para mezclar corrientes de gas, dispersar un gas en un líquido, o dispersar líquidos inmiscibles entre sí.

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 6 de 26 |

Este dispositivo consta de unos elementos de mezcla contenidos en una carcasa cilíndrica de acero inoxidable. Los elementos del mezclador estático consisten en una serie de placas desviadoras que están hechas de metal.

El diseño general del sistema incorpora un método para la introducción de dos corrientes de líquidos (Agua + Ion Ferrato). Mientras las corrientes atraviesan el mezclador, las placas desviadoras permanecen en reposo pero mueven continuamente y mezclan los materiales.



Flow Division



Radial Mixing

Un mezclador estático está formado por una serie de elementos fijos, por lo general helicoidales, incluidos dentro de una carcasa tubular. El diseño geométrico fijo de la unidad puede producir al mismo tiempo patrones de división de flujo y de mezcla radial.

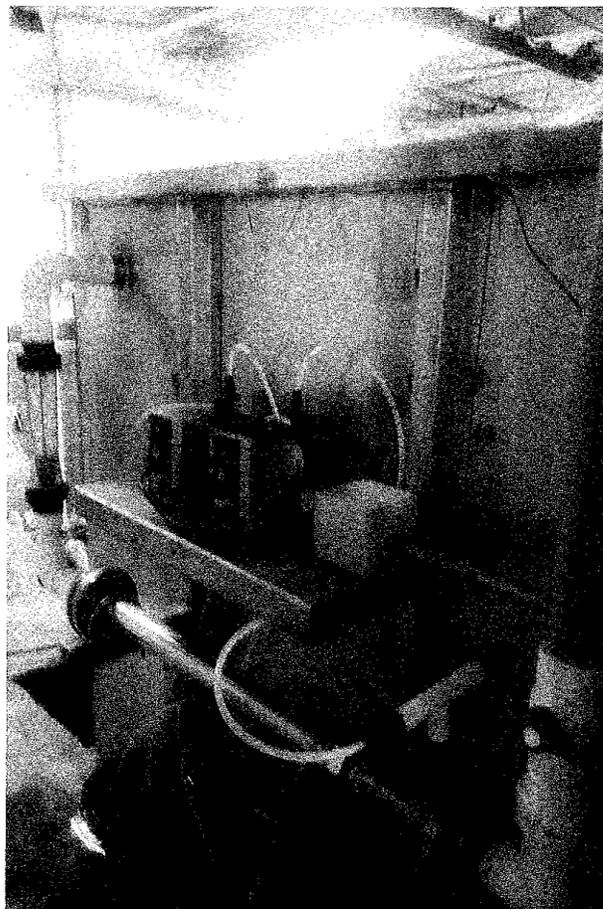
Flujo de División: En el flujo laminar, un material procesado se divide en el borde de ataque de cada elemento del mezclador y sigue los canales creados por la forma del elemento. En cada elemento adicional, los dos canales se dividen de nuevo, dando lugar a un aumento exponencial en

la estratificación. El número de estrías producidas es 2^n donde n es el número de elementos en el mezclador estático.

Mezclado Radial: Tanto con flujo turbulento como laminar, la circulación rotacional de un material procesado alrededor de su propio centro hidráulico en cada canal del mezclador produce mezcla radial del material. Los materiales procesados se entremezclan para reducir o eliminar los gradientes radiales de temperatura, velocidad y composición del material.

En la imagen siguiente se puede observar el mezclador estático de alta turbulencia construido por TAOX SAS, las bombas dosificadoras electrónicas, el sensor de control de químicos, los tanques de químicos y el flujómetro de acceso al tanque integrado.

| | | |
|---|------------------|----------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 7 de 26 |

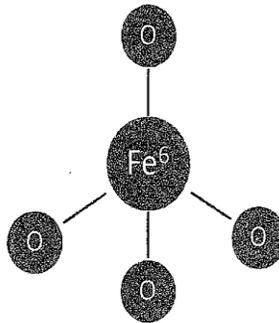


1.4 Oxidación Avanzada con ión ferrato generado "in situ". La oxidación se produce en un mezclador estático de alta turbulencia. El tratamiento con ión ferrato es la tecnología de desinfección más eficiente y económica existente en el mercado .

El ión ferrato desinfecta, oxida, coagula y suprime olores. El ión ferrato es un átomo de hierro con valencia seis (6). El Ion Ferrato no genera subproductos y los de la reacción son benignos con el ambiente.

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 8 de 26 |

Atómicamente se describe, así:



La desinfección con Ferrato no genera subproductos y los de la reacción son benignos con el ambiente. El Ferrato es más potente que el cloro para el tratamiento del agua, sin que aparezcan subproductos de la desinfección.

La cloración, en presencia de compuestos orgánicos, genera subproductos de desinfección que son cancerígenos (DBPs – Desinfection By Products)¹ como los trihalometanos (THMs) y los ácidos haloacéticos (HAAs). El ozono reacciona con bromo que se encuentra en el ambiente para formar bromatos, los cuales también son cancerígenos para el hombre. Cambiarse del cloro, dióxido de cloro u ozono al Ferrato, excluye la formación de DBPs.

El Ferrato, actúa rápidamente, funciona con dosis bajas y el producto final del tratamiento es hidróxido férrico, Hierro(III), un compuesto no tóxico y ambientalmente benigno. Los beneficios ambientales del Ferrato fueron demostrados durante un ensayo piloto en Pennsylvania. El objetivo principal del ensayo fue la desinfección sin residuos de cloro o formación de THM. El límite legal (USA) de 200 UFC/100 ml de coliformes fecales se logró fácilmente con una dosis de Ferrato de 2 ppm donde no se detectaron cloro residual y THMs o estuvieron a niveles de traza en el efluente².

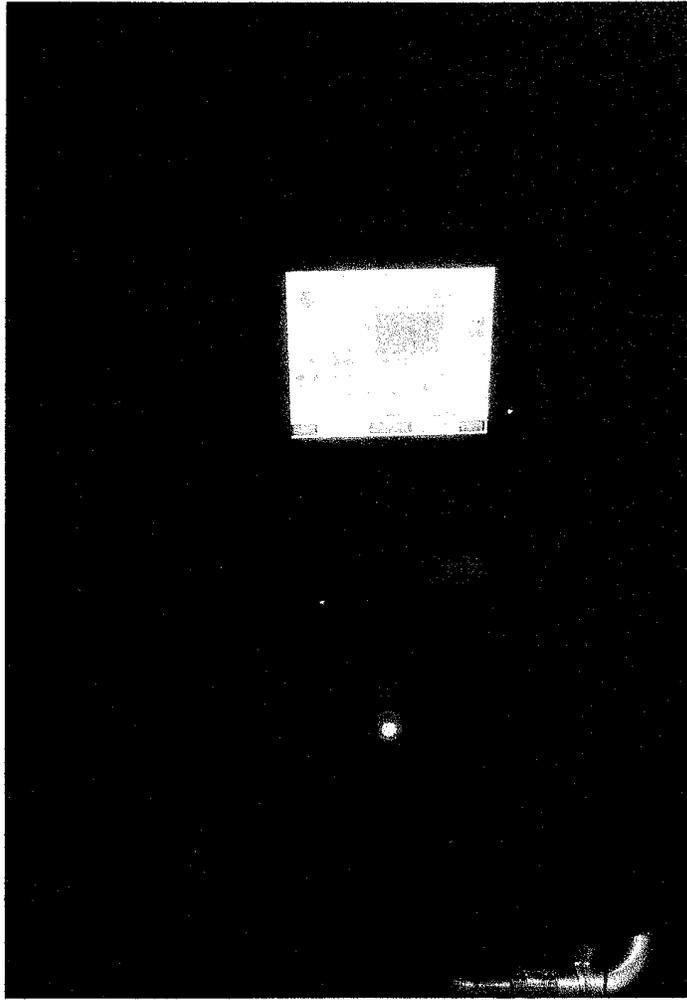
1.5 Sistema de dosificación del ión ferrato. El sistema de dosificación que genera el ión ferrato está compuesto por bombas dosificadoras peristálticas electrónicas.

La oferta incluye el control automático a partir de la lectura en línea del ORP.

¹ <http://www.cdc.gov/safewater/chlorination-byproducts.html>

² Environmental and Cost Life Assessment of Disinfection Options for Municipal Drinking Water Treatment. EPA 600/R- 14/376. October 2014; www.epa.gov/research

| | | |
|---|-------------------------|----------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 9 de 26 |



| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 10 de 26 |

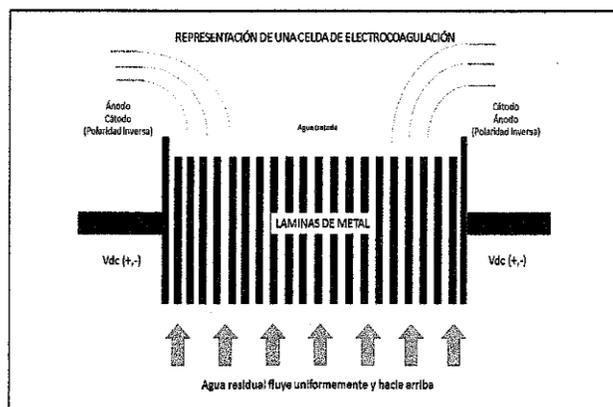
En la imagen de la tapa del cofre que aloja los controles de una PTARnD construida por TAOX SAS, se aprecian: Pantalla táctil con la totalidad de los componentes de la planta, controlador de ORP, amperímetro, testigo luminoso, interruptor de encendido y botón de detención instantánea (Foto TAOX SAS)

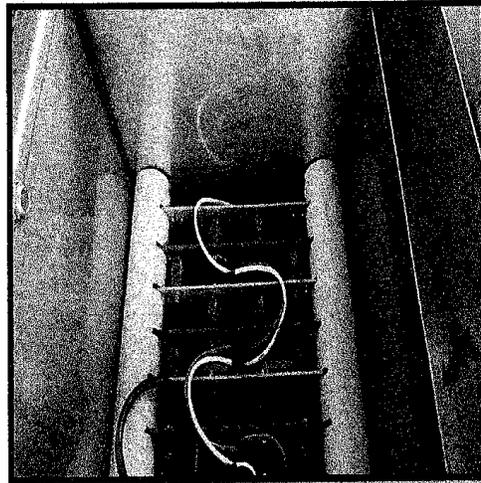
1.6 Reactor de Oxidación, Electrocoagulación, Flotación por aire disuelto (DAF), Sedimentación de Flujo Cruzado y Clarificación.

Todos estos procesos se realizan en un tanque de Acero Inoxidable 304. Ver imagen del tanque integrado.

1.6.1 Reactor de Oxidación. En el reactor de oxidación se llevan a cabo las reacciones de oxidación avanzada. El reactor de oxidación garantiza un tiempo de retención de 180 s, con un ORP no inferior a 280 mV para garantizar colecciones de *E. Coli* ≤ 100 UFC/100 mL.

1.6.2. Electro coagulador. No obstante que se ha demostrado ampliamente la capacidad coagulante del ferrato, TAOX SAS introduce en sus Plantas de Tratamiento, la tecnología de electro coagulación/floculación, con la que ha obtenido resultados eficientes, de bajo costo y bajo consumo de energía eléctrica.





La electrocoagulación es básicamente igual a la coagulación química, difiere en que se utiliza corriente eléctrica en lugar de coagulantes químicos:

Tabla 1. Porcentajes de remoción por Electro Coagulación y Coagulación Química.

| Constituyente | Porcentaje de remoción por: | |
|---------------|-----------------------------|---------------------|
| | Electro Coagulación | Coagulación química |
| SST | 95 a 99% | 80 a 90% |
| DBO | 50 a 98% | 50 a 80% |
| Bacteria | 95 a 99.99% | 80 a 90% |

El Proceso de electro coagulación/floculación produce los siguientes resultados:

- Remoción de metales pesados
- Remoción y separación de aceites minerales y vegetales
- Oxidación de materia orgánica por ruptura molecular
- Reducción y eliminación de la Eco toxicidad
- Remoción de bacterias, virus y parásitos
- Remoción y separación de sólidos suspendidos y coloides
- Eliminación de la dureza

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 12 de 26 |

La remoción de calcio y magnesio catiónicos y sales tales como carbonatos, sulfatos y sales fosfatadas por precipitación electroquímica, disminuye la dureza de las aguas tratadas, previniendo la incrustación y la formación de bio películas en las tuberías y equipos. Previene la formación de colonias y subsiguiente infección por *Legionela*.

TABLA 2. PORCENTAJES DE REMOCION DE CONTAMINANTES.

| Contaminante | Concentración mg/l | Después de tratamiento mg/l | Porcentaje de remoción |
|---------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Aluminio (Residual) | 0.063 | 0.001 | 98.40% |
| Amonio | 224.00 | 0.69 | 99.69% |
| Asenito | 71.99 pCi/L | 0.57 pCi/L | 99.20% |
| Asenito | 0.30 | Menos de 0.01 | 96.70% |
| Bacterias | 110000000 ufc | 2700 ufc | 99.99% |
| Coliformes totales | Más de 2419.2 nmp | 0.0 nmp | 99.99% |
| Cromo | 0.0145 | Menos de 0.0010 | 93.10% |
| Cromo | 4.86 | 1.41 | 70.98% |
| Cromo | 0.1252 | Menos de 0.0040 | 96.81% |
| Calcio | 1321.00 | 21.40 | 98.40% |
| Cianuro (Residual) | 1.30 | 0.07 | 94.60% |
| Cianuro (Residual) | 5.87 | 0.03 | 99.50% |
| Cobalto | 0.1238 | 0.0214 | 82.71% |
| Cobre | 0.7984 | Menos de 0.0020 | 99.75% |
| Cromo | 139.00 | Menos de 0.10 | 99.92% |

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 13 de 26 |

| | | | |
|-----------------|-------------------|-----------------|--------|
| Aluminio | 0.261 | 0.002 | 99.20% |
| Amonio | 34.00 | 0.21 | 99.40% |
| Asfalto | Más de 2419.2 nmp | 0.0 nmp | 99.99% |
| Bacterias | 83 nmp | Menos de 10 nmp | 82.87% |
| Cromo | 0.213 | Menos de 0.0200 | 90.61% |
| Cobre | 1.1 | 0.415 | 62.27% |
| Cloruro | 28 | 0.2 | 99.28% |
| Cobalto | 68.34 | 0.1939 | 99.72% |
| Fluoruro | 0.143 | 0.001 | 99.30% |
| Mercurio | 13.15 | 0.0444 | 99.66% |
| Nitrato | 1.061 | 0.0184 | 98.27% |
| Nitrito | 1.15 | Menos de 0.03 | 97.39% |
| Plomo | 0.18 | 0.04 | 80.60% |
| Selenio | 183 | 0.07 | 99.96% |
| Sodio | 11.7 | 2.6 | 77.78% |
| Sulfuro | 21 | 12 | 42.86% |
| Turbinas (pH) | 1118.8 | 59.08 | 94.72% |
| Tricloroetileno | 72.5 | Menos de 0.2 | 99.72% |
| Vanadio | 0.3497 | Menos de 0.0250 | 92.85% |
| Zinc | 29.85 pCi/L | 0.29 pCi/L | 99% |
| Óxido | 200 | 110 | 45% |
| Radio | 1093.0 pCi/L | 0.1 pCi/L | 99.99% |

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 14 de 26 |

| | | | |
|--|--------|-----------------|--------|
| | 68 | 38 | 44% |
| | 21.07 | 0.10 | 99.50% |
| | 8690 | 5770 | 33.60% |
| | 104 | 68 | 34.61% |
| | 10.8 | 0.1 | 99.07% |
| | 0.2621 | Menos de 0.0020 | 99.24% |
| | 221.00 | 0.14 | 99.99% |

1.6.3. Flotación por aire Disuelto. (DAF). TAOX SAS instala en sus Plantas de tratamiento de aguas residuales, un sistema DAF de última tecnología que suprime del mismo, elementos poco seguros como: compresores, tanques de compensación y válvulas de alivio de presión. El DAF, mediante la disolución aire – agua a presión, hace flotar el 99% de los sólidos suspendidos coagulados que son retirados en la parte superior del tanque por un barre lodo automático, instalado en el mismo tanque integrado, de allí son conducidos internamente a la parte baja del tanque para ser drenados. Los lodos deberán ser conducidos a un sitio de secado para su disposición final. El DAF incrementa notoriamente el Oxígeno disuelto en el agua tratada.

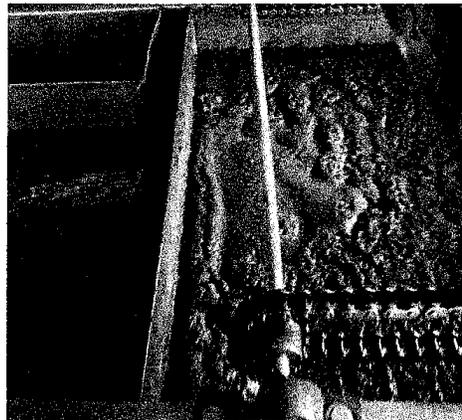
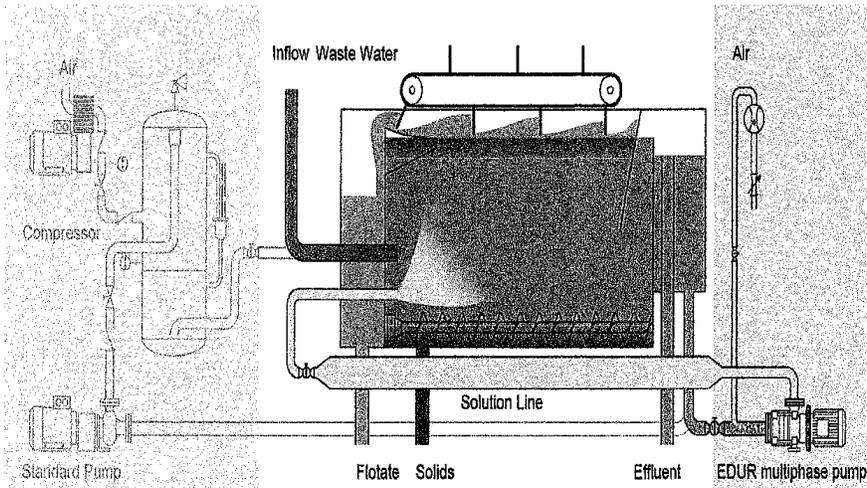
El sistema DAF también ocupa mucho menos espacio que los clarificadores convencionales, requiriendo generalmente menos del 25% de la superficie equivalente.

La flotación por aire disuelto (DAF) se encuentra bien documentada en RAS – Colombia, en el Título C; Ficha Técnica C.TA.1 Alternativas: página 298.

Al respecto define: “Se fundamenta en el arrastre hasta la superficie del material en suspensión, ya sean sólidos, algas o gotas de aceites, dispersas por finas burbujas de gas, usualmente aire, de un diámetro aproximado entre 10 y 150 μ m. Las burbujas de aire se distribuyen a través del agua a tratar, adhiriéndose al material suspendido, reduciendo su densidad efectiva de modo que se separen rápidamente y fácilmente separables. El tanque puede ser circular o rectangular; en este último deben colocarse pantallas, inclinadas aproximadamente 60° de la horizontal. En la determinación del tamaño del tanque debe considerarse las condiciones hidráulicas y el diseño del sistema de remoción de lodos. Debe

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 15 de 26 |

tenerse cuidado en el diseño del sistema de saturación ya que éste incrementa notablemente los costos del proceso de flotación³.



Sólidos flotados por DAF en una PTAR TAOX SAS

³ Ministerio de vivienda. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico: Título C, sistemas de potabilización. Colombia. 2013. Pg 298

| | | |
|---|------------------|----------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 16 de 26 |

1.6.4 BOMBAS MULTITAPAS.

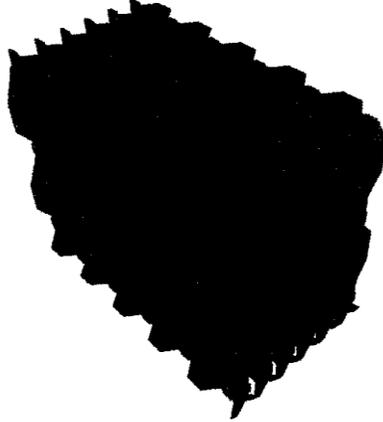


Bombas centrífugas horizontales para el transporte de mezclas de líquido y gas y para el enriquecimiento de líquidos con gases. Se obtienen dispersiones con burbujas muy finas.

Nuestra oferta incluye varios tipos de bombas centrífugas para líquidos y mezclas de líquido-gas, con ingeniería y fabricación alemanas, individualmente probadas con registro de inspección.

1.6.5 Sedimentación de Flujo Cruzado de alta tasa (Tubos de Lamella). Tiene forma de panel de módulos hexagonales cruzados, construidos en acrílico-nitrilo butadieno estireno (ABS) y un tubo de descarga que entrega al tanque de agua clarificada.

| | | |
|---|------------------|----------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 17 de 26 |



1.6.6 Tanque de agua Clarificada. Recibe el agua clarificada proveniente del módulo del sedimentador. Desde este tanque se inicia el proceso de filtración, alberga dos (2) flotadores que controlan la bomba de filtración y el nivel superior del agua.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

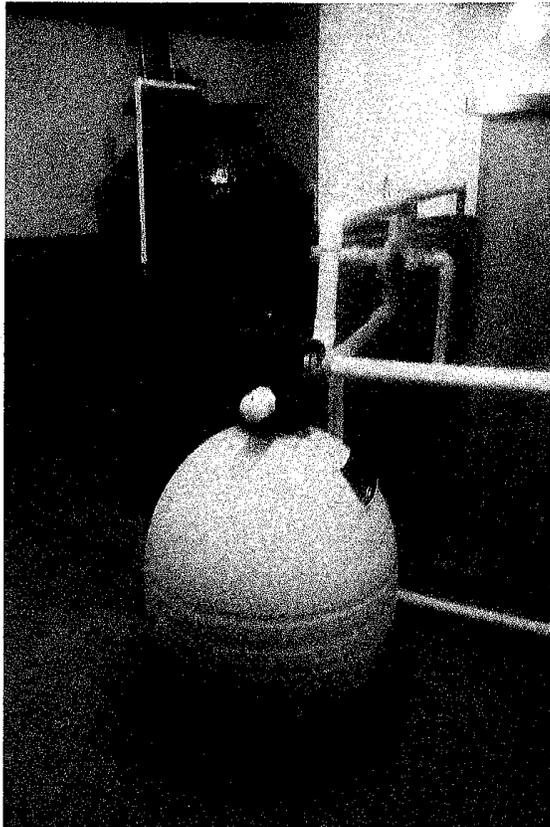
1.7 Filtración. Todo el sistema de filtración se realiza mediante presión suministrada por electrobomba horizontal multietapa.

1.7.1 Filtración primaria con filtro de arena a presión. Mediante filtro de 1,6 metros de altura por 0,4 metros de diámetro, carga superior, difusor inferior y superior tipo bayoneta, presión de prueba de 60 psi y válvula superior de tres vías para retrolavado; construido en Polietileno Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV). El filtro de grava, arena sílice puede ser reemplazado por filtro de discos.

| | | |
|---|------------------|----------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 18 de 26 |

1.7.2 Filtración Secundaria.

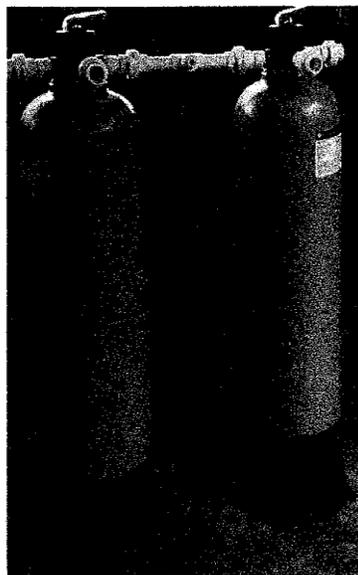
1.7.2.1 Carbón activado granular.



En primer plano filtro de carbón activado con válvula de múltiples posiciones, en segundo filtro de grava y arena sílice. (Foto: TAOX SAS)

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 19 de 26 |

1.7.2.2 Intercambio iónico. Tanque para depósito de aleación de intercambio iónico.



Filtros de carbón activado e intercambio iónico
 Instalados por TAOX SAS en ACUATRUCHA – AQUITANIA – BOYACA
 Foto: TAOX SAS

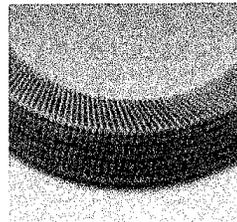
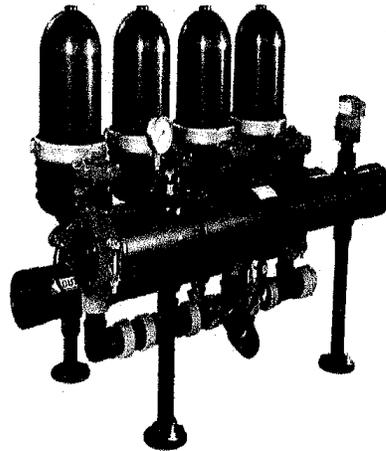
Tabla 3. Contaminantes que se eliminan o reducen por medio de intercambio iónico.

| GRADO DE REMOCIÓN/ELIMINACION EMPLEANDO INTERCAMBIO IONICO | |
|--|-------------------------|
| Mal olor y sabor | Remoción efectiva |
| Cloro | Remoción efectiva |
| Sulfato de hidrógeno | Remoción efectiva |
| Metales pesados | Remoción efectiva |
| Radón | Reducción significativa |
| Sedimentos | Reducción significativa |
| Hierro | Remoción efectiva |
| VOC's (Compuestos orgánicos volátiles) | Reducción significativa |

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 20 de 26 |

1.7.2.2 Filtro de disco

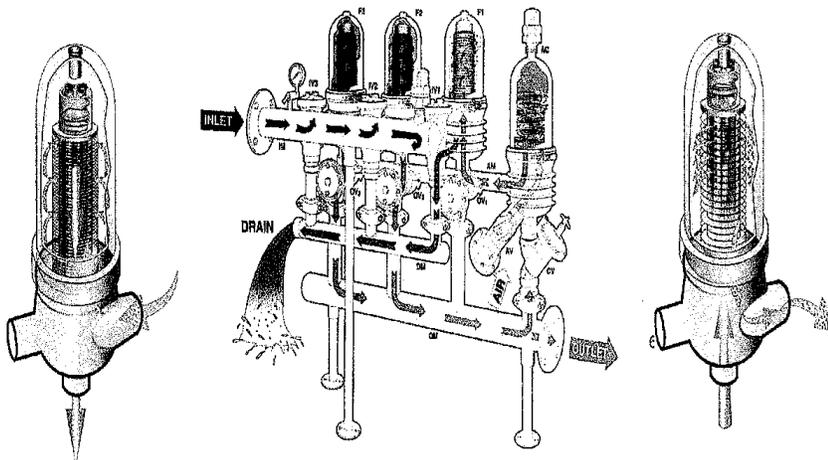
La filtración de discos y su correspondiente tecnología de retrolavado, utiliza discos delgados, codificados por color de acuerdo a su tamaño en micrones. Los discos están ranurados en ambos lados, en direcciones opuestas, creando una serie de puntos de cruce que atrapan a las partículas, creando de esta manera un elemento de filtración profunda. Cada conjunto del filtro en un sistema de múltiples unidades se limpia en forma individual, permitiendo que los otros filtros continúen operando durante el proceso de lavado



Principio de funcionamiento

Modo de filtración

Modo de Lavado



| | | |
|---|-------------------------|----------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 21 de 26 |

En el proceso de filtración, la fuerza del muelle junto con la presión diferencial comprime firmemente estos discos juntos proporcionando una eficiencia de filtración excepcional. La filtración se produce cuando el agua se infiltra desde el diámetro exterior hasta el diámetro interior del elemento de filtro. Dependiendo de la clasificación de la micra, hay múltiples puntos de cruce en cada pista, creando una filtración en profundidad.

El ciclo de retrolavado tiene un volumen regulado, es corto y respetuoso con el medio ambiente ya que minimiza el uso de agua de lavado y limpia automáticamente el elemento filtrante. Esto ahorra mano de obra y costos minimiza el mantenimiento y permanentemente elimina la necesidad de reemplazar los medios filtrantes.

1.7.2.3 Filtro de carbón activado

Los filtros de carbón activado granulares pueden también remover sustancias específicas orgánicas e inorgánicas del agua, incluyendo cloruros, algunos metales pesados, taninos, subproductos no deseados provenientes de la desinfección, toxinas creadas por las algas y trihalometanos.

El carbón activado granular (GAC) es una mezcla híbrida de una amplia variedad de plaquetas de grafito que están interconectadas por enlaces de carbono no grafficos. La capacidad de adsorción de GAC lo hace ideal para eliminar una variedad de contaminantes del agua, aire, líquidos y gases. La filtración con carbón activado es uno de muchos procesos comúnmente usados en tratamiento de agua.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) y la mayoría de los departamentos de salud estatales consideran que la adsorción por GAC es la mejor tecnología disponible para la eliminación de muchos materiales orgánicos en aguas superficiales. Por sí solo o en combinación con otro sistema puede facilitar la eliminación de:

- Subproductos de desinfección (DBP) asociados con cloro y desinfectantes alternativos.
- Las toxinas de algas, tales como la microcistina-LR, la cilindrospermopsina y la anatoxina-A
- Compuestos perturbadores endocrinos.
- Productos farmacéuticos y de higiene personal.
- Sabor y compuestos que causan olores.
- Materiales orgánicos de plantas en descomposición y otras materias naturales que sirven como precursores de las DBP.

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 22 de 26 |

Tabla 4. Contaminantes removidos por acción del carbón activado

| GRUPO DE REMOCIÓN/ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES | |
|--|--|
| Metales pesados | Remoción efectiva |
| Cloro | Remoción efectiva |
| Sulfuro de hidrógeno | Reducción significativa |
| Metales pesados | Reducción significativa |
| Cloro | Remoción efectiva |
| Equivalentes | Remoción significativa a remoción efectiva |
| Cloro | Remoción efectiva |

1.7.2.4 Degradación por flujo cinético tipo (KDF)⁴

La aleación tipo KDF[®] es una formulación de cobre-zinc de alta pureza que utiliza un proceso químico básico conocido como redox (oxidación / reducción) para eliminar el cloro, el plomo, el mercurio, el hierro y el sulfuro de hidrógeno de los suministros de agua. El proceso también tiene un ligero efecto antibacteriano, algicida y fungicida y puede reducir la acumulación de cal.

Los filtros de intercambio iónico tipo KDF se utilizan con mayor frecuencia en combinación con un filtro de carbón activado. Prolongan la vida y aumentan la eficacia de los filtros de carbón. También complementan los filtros de carbón activado mediante la eliminación de ciertos metales pesados, algo que los filtros de carbono no son muy eficaces en la eliminación.

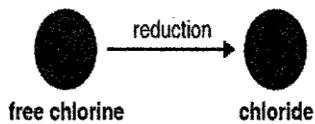
1.7.2.4.1 Descripción del proceso

⁴ KDF es una marca registrada de KDF fluid treatment.

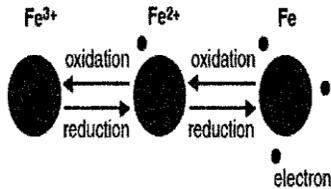
| | | |
|---|-------------------------|----------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 23 de 26 |

En resumen, el proceso redox KDF funciona mediante el intercambio de electrones con contaminantes. Este "dar y recibir" de electrones convierte muchos contaminantes en componentes inoos. Durante esta reacción, los electrones se transfieren entre moléculas, y se crean nuevos compuestos. Algunos contaminantes dañinos se transforman en componentes inoos. El cloro libre, por ejemplo, se convierte en una sal de cloruro hidrosoluble benigna, que luego se transporta inofensivamente a través del suministro de agua.

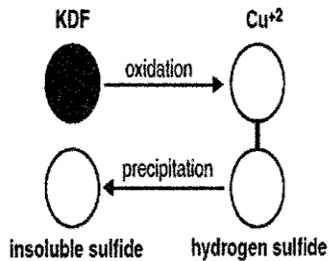
Reducciones típicas:



El cloro dañino se elimina cambiando el cloro libre en iones de cloro



Los procesos KDF actúan como catalizadores para cambiar los cationes ferrosos solubles en hidróxido férrico insoluble, que se elimina fácilmente mediante lavado a contracorriente regular



Convierte el sulfuro de hidrógeno en sulfuro insoluble, que se puede eliminar por lavado a contracorriente con agua caliente.

Tabla 5. Contaminantes removidos por acción del intercambio iónico

| | | |
|---|-------------------------|-----------------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 24 de 26 |

| GRADO DE REMOCIÓN ELIMINACIÓN EN EL TRATAMIENTO POR CAMBIO IÓNICO | |
|---|-------------------------|
| Metal pesados | Remoción efectiva |
| Cloro | Remoción efectiva |
| Sulfato de Hidrogeno | Remoción efectiva |
| Materia orgánica | Remoción efectiva |
| Amonio | Reducción significativa |
| Sulfuro | Reducción significativa |
| Hierro | Remoción efectiva |
| VOC's (compuestos orgánicos volátiles) | Reducción significativa |

1.8. Instrumentación

Las PTARnD construida por TAOX SAS, dispondrá de la siguiente instrumentación:

- 1.8.1 PLC con pantalla táctil, para el control automático de la mayoría de los procesos
- 1.8.2 Amperímetro
- 1.8.3 Lector de pH
- 1.8.4 Controlador de ORP
- 1.8.5 Electrodo de pH
- 1.8.6 Electrodo de ORP

| | | |
|---|-------------------------|----------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 25 de 26 |

1.9 Tablero de Control y Consumo energético

Cada PTARnD tiene un tablero de control que aloja, en un cofre metálico, la totalidad de los controles electrónicos, electromecánicos y la mayoría de la instrumentación estándar.

1.9.1 Requerimientos de Potencia eléctrica. La PTARnD requiere de corriente eléctrica trifásica con tres líneas de 120 VAC cada una, un neutro y un polo a tierra (Cumpliendo RETIE). La frecuencia debe ser de 60 Hz y potencia instalada de 25 KVA

1.9.2 Consumo real de energía eléctrica. El consumo real de energía es de: Diecisiete (17) Kw / hora, para las dos (2) PTARnD, durante la operación.

2. LODOS.

Los lodos resultantes del proceso de oxidación avanzada con ión ferrato, están clasificados por la EPA⁵ como clase A, su disposición se realiza como sólidos no peligrosos con solo adicionarles cal y secarlos en lecho de secado convencional.

3. DESAGUES Y DESCARGAS

Con excepción de la succión, todos los desagües y salidas de la PTARnD, incluyendo la descarga de lodos, están en punto cero dentro de la planta.

4. OBRAS CIVILES.

CENTRO MAYOR debe SUMINISTRAR:

7.1 Conducciones de las ARnD hasta el sitio de tratamiento.

7.2 Acometida eléctrica de 240 VAC; 25 KVA, trifásica

7.3 Trampas de grasa (Existentes).

7.5 Depósito de lodos y biosólidos. (tanques Existentes).

7.6 Tanque de Homogeneización (tanques Existentes).

NOTA. EL PROVEEDOR SE RESERVA EL DERECHO DE HACER MODIFICACIONES EN LOS DISEÑOS, MARCAS, ESTRUCTURAS Y CUALQUIER COMPONENTE DE SUS PLANTAS, SIN PREVIO AVISO A SUS FUTUROS CLIENTES, SIEMPRE Y CUANDO GARANTICE LA EFICIENCIA Y CONFIABILIDAD OFRECIDA.

3 Garantías.

TAOX SAS ofrece las siguientes garantías sobre los equipos suministrados e instalados:

⁵ Environmental Protection Agency. Agencia para la protección ambiental de los EE.UU de América. www.epa.gov

| | | |
|---|------------------|----------------------|
|  | OFERTA COMERCIAL | VIGENCIA: 10/06/2018 |
| | | PÁGINA: 26 de 26 |

- 3.1 Partes de Acero Inoxidable: Cinco (5) años
- 3.2 Filtros de PRFV: 10 años
- 3.3 Equipos de Bombeo: Un año
- 3.4 Equipos de control eléctricos: N/A
- 3.5 Equipos de monitoreo electrónico: Un año.
- 3.6 Fluómetros: Un año
- 3.7 Tubería de PVC alta presión: 15 años

TAOX SAS GARANTIZA EN TODO MOMENTO LA CALIDAD DE LOS VERTIMIENTOS CON CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS IGUALES O INFERIORES A LOS VALORES DE REFERENCIA ESTABLECIDOS EN LA RESOLUCION 0631 DE 2015 Y/O RESOLUCION 1207 DE 2014.

4 Validez de la oferta: Treinta (30) días.

Atentamente,


EMIGDIO JOSÉ JARMA BARROS
Gerente
TAOX SAS.

ANEXO 5.

RESULTADOS DEL MUESTREO



Fecha de Emisión: 5 de mayo de 2021
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señores
CENTRO COMERCIAL
CENTRO MAYOR
teléfono: 734 20 48 Ext. 222
e-mail: ambiental@centromayorcc.com
Dirección: Calle 38 A sur No 34 D-51
Bogotá

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO DEL INFORME: 29596-22
FECHA DE MUESTREO: 21 de abril de 2021
FECHA DE RECEPCIÓN: 22 de abril de 2021
MATRIZ: Agua Residual Doméstica
NÚMERO: 21-AG856
DESCRIPCIÓN: Entrada Trampa de Grasas
MUESTREO REALIZADO POR: Cliente
PLAN DE MUESTREO QUIMICONTROL: No aplica
MÉTODO DE MUESTREO: No Aplica



| núm. | Variable | Unidad | Método | Fecha análisis | Resultado | Incertidumbre |
|------|------------------|--------|-------------------------------|----------------|-----------|---------------|
| 1 | Grasas y aceites | mg/L | SM 5520 D, Extracción Soxhlet | 2021-04-23 | 212,3 | ±7.4305 |

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 23RD EDITION, 2017.

NOTA 1: Queda prohibida la modificación de cualquier información contenida en este informe.

NOTA 2: Todas las secciones del presente documento son parte de un informe completo, el cual debe ser reproducido en su totalidad. Queda prohibida su reproducción parcial sin la autorización del Laboratorio Quimicontrol Ltda.

NOTA 3: Los resultados presentados corresponden únicamente a las muestras relacionadas, en el estado en el que fueron recibidas en las instalaciones del Laboratorio Quimicontrol Ltda.; el laboratorio no es responsable de las etapas de muestreo ni transporte.

NOTA 4: Descargo de responsabilidad: el Laboratorio Quimicontrol Ltda. no es responsable de la información suministrada por el Cliente y presentada en este informe, como información de contacto, fecha de muestreo y descripción de la muestra; por tanto, no es responsable cuando esta información afecte la validez de los resultados.

Este informe NO es válido para impresión ni almacenamiento sin firma original de las personas autorizadas por el Laboratorio.

CYNTHIA PAOLA ÁVILA GARAVITO
Química, Matrícula profesional PQ-5002
Coordinadora Técnica

FIN DEL INFORME



LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.
Ambiente e Industria



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Fecha de Emisión: 5 de mayo de 2021
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señores
CENTRO COMERCIAL
CENTRO MAYOR
teléfono: 734 20 48 Ext. 222
e-mail: ambiental@centromayorcc.com
Dirección: Calle 38 A sur No 34 D-51
Bogotá

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO DEL INFORME: 29597-23
FECHA DE MUESTREO: 21 de abril de 2021
FECHA DE RECEPCIÓN: 22 de abril de 2021
MATRIZ: Agua Residual Doméstica
NÚMERO: 21-AG857
DESCRIPCIÓN: Salida Trampa de Grasas
MUESTREO REALIZADO POR: Cliente
PLAN DE MUESTREO QUIMICONTROL: No aplica
MÉTODO DE MUESTREO: No Aplica

| núm. | Variable | Unidad | Método | Fecha análisis | Resultado | Incertidumbre |
|------|------------------|--------|-------------------------------|----------------|-----------|---------------|
| 1 | Grasas y aceites | mg/L | SM 5520 D, Extracción Soxhlet | 2021-04-23 | 218,3 | ±7.6405 |

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 23RD EDITION, 2017.

NOTA 1: Queda prohibida la modificación de cualquier información contenida en este informe.

NOTA 2: Todas las secciones del presente documento son parte de un informe completo, el cual debe ser reproducido en su totalidad. Queda prohibida su reproducción parcial sin la autorización del Laboratorio Quimicontrol Ltda.

NOTA 3: Los resultados presentados corresponden únicamente a las muestras relacionadas, en el estado en el que fueron recibidas en las instalaciones del Laboratorio Quimicontrol Ltda.; el laboratorio no es responsable de las etapas de muestreo ni transporte.

NOTA 4: Descargo de responsabilidad: el Laboratorio Quimicontrol Ltda. no es responsable de la información suministrada por el Cliente y presentada en este informe, como información de contacto, fecha de muestreo y descripción de la muestra; por tanto, no es responsable cuando esta información afecte la validez de los resultados.

Este informe NO es válido para impresión ni almacenamiento sin firma original de las personas autorizadas por el Laboratorio.

CYNTHIA PAOLA ÁVILA GARAVITO
Química, Matrícula profesional PQ-5002
Coordinadora Técnica

FIN DEL INFORME

Activ
Ve a Cc



LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.
Ambiente e Industria

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Fecha de Emisión: 7 de mayo de 2021

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señores
CENTRO COMERCIAL
CENTRO MAYOR
teléfono: 734 20 48 Ext. 222
e-mail: ambiental@centromayorcc.com
Dirección: Calle 38 A sur No 34 D-51
Bogotá

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO DEL INFORME: 29569-20
FECHA DE MUESTREO: 21 de abril de 2021
FECHA DE RECEPCIÓN: 22 de abril de 2021
MATRIZ: Agua Residual Doméstica
NÚMERO: 21-AG854
DESCRIPCIÓN: Entrada PTAR Morado 8
MUESTREO REALIZADO POR: Cliente
PLAN DE MUESTREO QUIMICONTROL: No aplica
MÉTODO DE MUESTREO: No Aplica



IDEAM
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,
METEOROLOGÍA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES
Laboratorio acreditado
NIT 1551963 11029 2009
Resolución N° 0235 de 2019

| núm. | Variable | Unidad | Método | Fecha análisis | Resultados | Incertidumbre |
|------|---|---------------------|--|----------------|------------|---------------|
| 1 | pH-en laboratorio a 25°C ** | Unidad | SM 4500-H*B, Electrométrico | 2021-04-22 | 10,3 | N.D. |
| 2 | Temperatura-en laboratorio ** | °C | SM 2550 B, Electrometría | 2021-04-22 | 10,5 | N.D. |
| 3 | Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ | mg/L O ₂ | SM 5210 B, 4500-O C Incubación Modificación de Azida | 2021-04-23 | 1039,9 | ±32.2369 |
| 4 | Demanda química de oxígeno, DQO | mg/L O ₂ | SM 5220 C, Volumétrico, Reflujo Cerrado | 2021-04-23 | 1205,8 | ±84.406 |
| 5 | Cadmio total, Cd | mg/L | SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama | 2021-04-30 | < 0,002 | ±0.0002 |
| 6 | Cobalto total, Co | mg/L | SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama | 2021-05-04 | < 0,01 | ±0.0011 |
| 7 | Cromo total, Cr | mg/L | SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama | 2021-05-03 | < 0,011 | ±0.0006 |
| 8 | Hierro total, Fe | mg/L | SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama | 2021-04-29 | 1,81 | ±0.0385 |
| 9 | Manganeso total, Mn | mg/L | SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama | 2021-04-29 | 0,105 | ±0.0123 |
| 10 | Molibdeno total, Mo | mg/L | SM 3030 H, 3111 D, A.A. Llama | 2021-04-26 | < 0,008 | ±0.0007 |
| 11 | Mercurio total, Hg | mg/L | SM 3112 B, A.A. Vapor frío | 2021-04-30 | 0,0021 | ±0.0003 |
| 12 | Vanadio total, V | mg/L | SM 3030 H, 3111 D, A.A. Llama | 2021-05-04 | < 0,11 | ±0.0204 |
| 13 | Fenoles | mg/L | SM 5530 B, C, Destilación - Extracción con cloroformo | 2021-04-23 | 0,194 | ±0.0087 |
| 14 | Hidrocarburos | mg/L | SM 5520 D, SM 5520 F, Extracción Soxhlet | 2021-04-23 | 56,4 | ±2.0311 |

Continúa en la siguiente página

CYNTHIA PAOLA ÁVILA GARAVITO
Química, Matrícula profesional PQ-5002
Coordinadora Técnica

FIN DEL INFORME

L. Q.



LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.
Ambiente e Industria



IDEAM
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,
METEOROLOGÍA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES
La laboratorios acreditado
NTC-ISO/IEC 17025:2005
Resolución N° 0220 de 2019

Fecha de Emisión: 7 de mayo de 2021

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señores
CENTRO COMERCIAL
CENTRO MAYOR
teléfono: 734 20 48 Ext. 222
e-mail: ambiental@centromayorcc.com
Dirección: Calle 38 A sur No 34 D-51
Bogotá

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| CÓDIGO DEL INFORME: | 29569-20 |
| FECHA DE MUESTREO: | 21 de abril de 2021 |
| FECHA DE RECEPCIÓN: | 22 de abril de 2021 |
| MATRIZ: | Agua Residual Doméstica |
| NÚMERO: | 21-AG854 |
| DESCRIPCIÓN: | Entrada PTAR Morado 8 |
| MUESTREO REALIZADO POR: | Cliente |
| PLAN DE MUESTREO QUIMICONTROL: | No aplica |
| MÉTODO DE MUESTREO: | No Aplica |

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 23RD EDITION, 2017. (**): Variable que no se encuentra acreditada. (A.A.): Absorción Atómica. (<): Menor que límite de cuantificación del método. N.D.: No disponible.

NOTA 1: Queda prohibida la modificación de cualquier información contenida en este informe.

NOTA 2: Todas las secciones del presente documento son parte de un informe completo, el cual debe ser reproducido en su totalidad. Queda prohibida su reproducción parcial sin la autorización del Laboratorio Quimicontrol Ltda.

NOTA 3: Los resultados presentados corresponden únicamente a las muestras relacionadas, en el estado en el que fueron recibidas en las instalaciones del Laboratorio Quimicontrol Ltda.; el laboratorio no es responsable de las etapas de muestreo ni transporte.

NOTA 4: Descargo de responsabilidad: el Laboratorio Quimicontrol Ltda. no es responsable de la información suministrada por el Cliente y presentada en este informe, como información de contacto, fecha de muestreo y descripción de la muestra; por tanto, no es responsable cuando esta información afecte la validez de los resultados.

Este informe NO es válido para impresión ni almacenamiento sin firma original de las personas autorizadas por el Laboratorio.

CYNTHIA PAOLA ÁVILA GARAVITO
Química, Matrícula profesional PQ-5002
Coordinadora Técnica

FIN DEL INFORME



LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.
Ambiente e Industria



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

Fecha de Emisión: 7 de mayo de 2021

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señores
CENTRO COMERCIAL
CENTRO MAYOR
teléfono: 734 20 48 Ext. 222
e-mail: ambiental@centromayorcc.com
Dirección: Calle 38 A sur No 34 D-51
Bogotá

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO DEL INFORME: 29570-21
FECHA DE MUESTREO: 21 de abril de 2021
FECHA DE RECEPCIÓN: 22 de abril de 2021
MATRIZ: Agua Residual Doméstica
NÚMERO: 21-AG855
DESCRIPCIÓN: Salida PTAR Morado 8
MUESTREO REALIZADO POR: Cliente
PLAN DE MUESTREO QUIMICONTROL: No aplica
MÉTODO DE MUESTREO: No Aplica

| núm. | Variable | Unidad | Método | Fecha análisis | Resultados | Incertidumbre |
|------|---|---------------------|--|----------------|------------|---------------|
| 1 | pH-en laboratorio a 25°C ** | Unidad | SM 4500-H*B, Electrométrico | 2021-04-22 | 6,2 | N.D. |
| 2 | Temperatura-en laboratorio ** | °C | SM 2550 B, Electrometría | 2021-04-22 | 12,4 | N.D. |
| 3 | Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ | mg/L O ₂ | SM 5210 B, 4500-O C Incubación Modificación de Azida | 2021-04-23 | 664,6 | ±20.6026 |
| 4 | Demanda química de oxígeno, DQO | mg/L O ₂ | SM 5220 C, Volumétrico, Reflujo Cerrado | 2021-04-23 | 884,8 | ±61.936 |
| 5 | Cadmio total, Cd | mg/L | SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama | 2021-04-30 | < 0,002 | ±0.0002 |
| 6 | Cobalto total, Co | mg/L | SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama | 2021-05-04 | < 0,01 | ±0.0011 |
| 7 | Cromo total, Cr | mg/L | SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama | 2021-05-03 | < 0,011 | ±0.0006 |
| 8 | Hierro total, Fe | mg/L | SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama | 2021-04-29 | 0,996 | ±0.0212 |
| 9 | Manganeso total, Mn | mg/L | SM 3030 H, 3111 B, A.A. Llama | 2021-04-29 | 0,38 | ±0.0443 |
| 10 | Molibdeno total, Mo | mg/L | SM 3030 H, 3111 D, A.A. Llama | 2021-04-26 | < 0,008 | ±0.0007 |
| 11 | Mercurio total, Hg | mg/L | SM 3112 B, A.A. Vapor frío | 2021-04-30 | 0,0016 | ±0.0002 |
| 12 | Vanadio total, V | mg/L | SM 3030 H, 3111 D, A.A. Llama | 2021-05-04 | < 0,11 | ±0.0204 |
| 13 | Fenoles | mg/L | SM 5530 B, C, Destilación - Extracción con cloroformo | 2021-04-23 | 0,13 | ±0.0059 |
| 14 | Hidrocarburos | mg/L | SM 5520 D, SM 5520 F, Extracción Soxhlet | 2021-04-23 | 1,72 | ±0.0619 |

Continúa en la siguiente página

CYNTHIA PAOLA ÁVILA GARAVITO
Química, Matrícula profesional PQ-5002
Coordinadora Técnica

FIN DEL INFORME



LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.
Ambiente e Industria



IDEAM
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,
METEOROLOGÍA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES
Laboratorio acreditado
NTC-ISO/IEC 17025:2005
Resolución N° 0226 de 2019

Fecha de Emisión: 7 de mayo de 2021
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señores
CENTRO COMERCIAL
CENTRO MAYOR
teléfono: 734 20 48 Ext. 222
e-mail: ambiental@centromayorcc.com
Dirección: Calle 38 A sur No 34 D-51
Bogotá

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| CÓDIGO DEL INFORME: | 29570-21 |
| FECHA DE MUESTREO: | 21 de abril de 2021 |
| FECHA DE RECEPCIÓN: | 22 de abril de 2021 |
| MATRIZ: | Agua Residual Doméstica |
| NÚMERO: | 21-AG855 |
| DESCRIPCIÓN: | Salida PTAR Morado 8 |
| MUESTREO REALIZADO POR: | Cliente |
| PLAN DE MUESTREO QUIMICONTROL: | No aplica |
| MÉTODO DE MUESTREO: | No Aplica |

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 23RD EDITION, 2017. (**): Variable que no se encuentra acreditada. (A.A.): Absorción Atómica. (<): Menor que límite de cuantificación del método. N.D.: No disponible.

NOTA 1: Queda prohibida la modificación de cualquier información contenida en este informe.

NOTA 2: Todas las secciones del presente documento son parte de un informe completo, el cual debe ser reproducido en su totalidad. Queda prohibida su reproducción parcial sin la autorización del Laboratorio Quimicontrol Ltda.

NOTA 3: Los resultados presentados corresponden únicamente a las muestras relacionadas, en el estado en el que fueron recibidas en las instalaciones del Laboratorio Quimicontrol Ltda.; el laboratorio no es responsable de las etapas de muestreo ni transporte.

NOTA 4: Descargo de responsabilidad: el Laboratorio Quimicontrol Ltda. no es responsable de la información suministrada por el Cliente y presentada en este informe, como información de contacto, fecha de muestreo y descripción de la muestra; por tanto, no es responsable cuando esta información afecte la validez de los resultados.

Este informe NO es válido para impresión ni almacenamiento sin firma original de las personas autorizadas por el Laboratorio.

CYNTHIA PAOLA ÁVILA GARAVITO
Química, Matrícula profesional PQ-5002
Coordinadora Técnica

FIN DEL INFORME

ANEXO 6. FORMATO DE CARACTERIZACIÓN DEL MUESTREO

| CARACTERIZACIÓN IN SITU | | | | | | | | | | PROCESO MISIONAL | | | |
|--|-------|-------|---------|------------------|---------|--|-----------|--------------|-------------|-----------------------------|----------------|-------------|------|
| | | | | | | | | | | Código: OP-R-019 | | | |
| | | | | | | | | | | Versión: 04 | | | |
| | | | | | | | | | | Página 2 de 4 | | | |
| INFORMACIÓN DEL VERTIMIENTO | | | | | | | | | | | | | |
| ACTIVIDAD DE LA EMPRESA: <u>Centro Mayor</u> | | | | | | ORIGEN DE LA DESCARGA: <u>Plazuela de conchas PTAR Morado 3</u> | | | | | | | |
| TIPO DE MONITOREO Compuesto <input checked="" type="checkbox"/> Puntual <input type="checkbox"/> | | | | | | VERTIMIENTO A: Cuerpo de Agua <input type="checkbox"/> Alcantarillado <input type="checkbox"/> Suelos <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| MEDICIONES IN SITU | | | | | | | | | | | | | |
| No. | HORA | pH | TEMP °C | AFORO | | CAUDAL L/s | ALÍCUOTA | S. SED. mL/L | COND. µS/cm | OXIGENO DISUELTO | CLORO RESIDUAL | COORDENADAS | |
| | | | | TIEMPO | VOLUMEN | | | | | | | NORTE | ESTE |
| 1 | 11:00 | 10,25 | 19,18 | 05:34 | 10L | 1,74 | 0,274 | | 1040 | | | | |
| 2 | 11:30 | 9,93 | 19,33 | 08:26 | 10L | 1,21 | 0,191 | | 975 | | | | |
| 3 | 12:00 | 9,88 | 19,22 | 06:84 | 10L | 1,46 | 0,230 | | 985 | | | | |
| 4 | 12:30 | 9,45 | 19,22 | 07:50 | 10L | 1,33 | 0,210 | | 968 | | | | |
| 5 | 1:03 | 10,23 | 19,19 | 09:27 | 10L | 1,08 | 0,171 | | 1007 | | | | |
| 6 | 1:31 | 9,93 | 19,17 | 05:82 | 10L | 1,72 | 0,272 | | 976 | | | | |
| 7 | 2:07 | 9,15 | 19,15 | 06:99 | 10L | 1,43 | 0,226 | | 998 | | | | |
| 8 | 2:31 | 10,11 | 19,14 | 04:01 | 10L | 2,49 | 0,393 | | 1070 | | | | |
| 9 | 3:04 | 10,29 | 19,10 | 04:60 | 10L | 2,17 | 0,342 | | 1030 | | | | |
| 10 | 3:30 | | | 03:38 | 10L | No se tiene | | | | | | | |
| 11 | 4:00 | 11,15 | 19,14 | 02:28 | 10L | 4,39 | 0,694 | | 1149 | | | | |
| 12 | 4:30 | 10,87 | 19,15 | 06:17 | 10L | 1,62 | 0,258 | | 1183 | | | | |
| 13 | 5:00 | 10,57 | 19,20 | 05:99 | 10L | 1,67 | 0,264 | | 1120 | | | | |
| 14 | 5:30 | 9,67 | 19,06 | 17:96 | 10L | 0,84 | 0,132 | | 1041 | | | | |
| 15 | 6:00 | 10,65 | 19,34 | 08:13 | 10L | 1,23 | 0,194 | | 1109 | | | | |
| 16 | 6:30 | 10,11 | 19,28 | 07:40 | 10L | 1,35 | 0,213 | | 1112 | | | | |
| 17 | 7:00 | 10,10 | 19,21 | 08:25 | 10L | 1,21 | 0,191 | | 1101 | | | | |
| | | | | | | | 4,253 mL | | | | | | |
| | | | | | | | QP = 2,68 | | | | | | |
| FORMULAS PARA EL CALCULO DE CAUDAL Y CALCULO DE ALÍCUOTAS | | | | | | | | | | | | | |
| VOLUMÉTRICO | | | | | | ALÍCUOTAS | | | | CONDUCTIVIDAD | | | |
| <small>Q = V/T</small> <small>Donde:</small> <small>Q = Caudal en L/s</small> <small>V = Volumen (en Litros)</small> <small>T = Tiempo (en segundos)</small> | | | | | | <small>V = (Qⁱ·t)/(Qⁿ·n)</small> <small>Donde:</small> <small>V = volumen de cada alícuota</small> <small>V = volumen total a componer</small> <small>Qⁱ = caudal instantáneo de cada muestra individual</small> <small>Qⁿ = caudal promedio durante la jornada de aforo</small> <small>n = número de muestras tomadas</small> | | | | <small>1mS = 1000µS</small> | | | |

* Recirculación: se subió el hierro por lo tanto el operador toma la decisión de recircular en el tanque homogenizador y agregar peróxido.

ANEXO 7.

DIMENSIONAMIENTO DEL REACTOR BIOLÓGICO

| | | Entrada | Trampa de grasas | | | DAF | | | Carga volumétrica | Vol reactor | Kg biomasa (1500 mg/L) | Carga másica |
|---------------|---------------------|---------|------------------|----------|---------|----------|----------|--------|----------------------------|----------------|------------------------|--------------|
| | | | Remoción | Removido | Salida | Remoción | Removido | Salida | kgDBO5/m ³ -día | m ³ | | día-1 |
| Caudal | m ³ /día | 39,6 | | | | | | | | | | |
| GyA | mg/L | 212,3 | | | 53,08 | | | 0,53 | | | | |
| | kg/día | 8,41 | 75% | 6,305 | 2,102 | 99% | 2,081 | 0,021 | | | | |
| DBO5 | mg/L | 1039,9 | | | 935,91 | | | 655,14 | | | | |
| | kg/día | 41,18 | 10% | 4,118 | 37,062 | 30% | 11,119 | 25,943 | 0,48 | 54,05 | 81,07 | 0,32 |
| DQO | mg/L | 1205,8 | | | 1085,22 | | | 759,65 | | | | |
| | kg/día | 47,75 | 10% | 4,775 | 42,975 | 30% | 12,892 | 30,082 | | | | |

| | | Entrada | Trampa de grasas | | | DAF | | |
|---------------|---------------------|---------|------------------|----------|---------|----------|----------|--------|
| | | | Remoción | Removido | Salida | Remoción | Removido | Salida |
| Caudal | m ³ /día | 39,6 | | | | | | |
| GyA | mg/L | 212,3 | | | 53,08 | | | 0,53 |
| | kg/día | 8,41 | 75% | 6,305 | 2,102 | 99% | 2,081 | 0,021 |
| DBO5 | mg/L | 1039,9 | | | 935,91 | | | 374,36 |
| | kg/día | 41,18 | 10% | 4,118 | 37,062 | 60% | 22,237 | 14,825 |
| DQO | mg/L | 1205,8 | | | 1085,22 | | | 434,09 |
| | kg/día | 47,75 | 10% | 4,775 | 42,975 | 60% | 25,785 | 17,190 |

| | | |
|----------------|-------|---|
| Reactor | | |
| H | 1,8 | m |
| Hagua: | 1,6 | m |
| Área: | 33,78 | m |
| Ancho: | 2,7 | m |
| Largo: | 2,51 | m |

ANEXO 8. RESULTADOS SIMULADOR

SSI AERATION CALCULATOR

<https://sorcalc.herokuapp.com/result/>



(<http://www.ssiaeration.com>)

SSI AERATION CALCULATOR

<https://sorcalc.herokuapp.com/result/>

Values

SSI Aeration Calculations + Report

You have selected SSI diffuser model AFD350 (12") disc with 1mm slits, High Efficiency Fine Bubble diffusers.

Consultant Name - Harvey Arevalo

End Client Name - Nataly Ayala

SSI Project Reference - 2021-01

Client Reference - 2021-01

Design Criteria

BOD loading = 655 mg/l

NH3 loading = 32.76 mg/l

Altitude = 2600 m

O₂:BOD Supply Ratio = 1.2

O₂:NH₃ Supply Ratio = 4.6

Wastewater Flow Rate = 1.65 m³-hr

Diffuser Submergence = 1.45 m

Residual D.O. = 2.0 mg/l

Wastewater Temperature = 19.0 deg.C

Alpha Factor = 0.6

Output

AOR = 1.54 Kg-hr

SOR = 3.79 Kg-hr

Basis of Design = BOD + NH3 Concentration & Hydraulic Flow Rate

Diffuser Type = Fine Bubble

Diffuser Model = AFD350 (12") disc with 1mm slits, High Efficiency

Diffuser Quantity = 34 pcs.

SOTE = 9.03 %-m

SOTE (Total) = 13.09 %

DWP = 43.78 mbar

Tank Airflow Rate = 103 Sm³-hr

Diffuser Airflow Rate = 3.0 Sm³-hr

Blower Discharge Pressure = 263.78 mbar

Power Consumption = 0.56 kW @ 20.0 cents/kWh

Annual Operating Cost = US\$ 973

Comments:

Limitation of Liability : You should confirm your generated airflow, pressure, blower pressure, mixing rate and power outputs from this calculator with the factory before proceeding with purchasing equipment or initiating construction. The information contained in this generator is provided as a service exclusively to SSI clients and is intended for use with SSI products.

Calculations intended for submittal purposes will be stamped or embossed with the SSI corporate seal. We accept no liability for the accuracy of self-generated calculations or designs.

SSI is an ISO 9001:2015 Quality Certified company manufacturing diffused aeration systems for municipal and industrial applications for over twenty years. These calculations and recommendations are based on generally available formulas and SSI's extensive experience providing aeration systems to municipal and industrial clients. These values are derived from industry textbooks and consultations. Consult factory if you have any questions or if you would like references. www.ssiaeration.com

SSI AERATION CALCULATOR

SSI Aeration, Inc.
4 Tucker Drive
Poughkeepsie, NY 12603
Tel. +1-845-454-8171

info@ssiaeration.com (mailto:info@ssiaeration.com?Subject=sor%20Form)

<https://sorcalc.herokuapp.com/result/>