EVALUACIÓN DEL PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS PARA LA CONTRALORÍA DEPARTAMENTAL DEL META TOMANDO COMO CASO DE ESTUDIO LA EMPRESA AGUAVIVA S.A E.S.P. DEL MUNICIPIO DE RESTREPO-META.

LAURA JESENIA PAREDES ROJAS

CC BY NC

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO
2021

EVALUACIÓN DEL PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS PARA LA CONTRALORÍA DEPARTAMENTAL DEL META TOMANDO COMO CASO DE ESTUDIO LA EMPRESA AGUAVIVA S.A E.S.P. DEL MUNICIPIO DE RESTREPO-META.

LAURA JESENIA PAREDES ROJAS

Trabajo de grado en modalidad de pasantía presentado como requisito para optar al título de Ingeniera ambiental

Asesor
Diego Andrey Cortes Naranjo
Ingeniero Ambiental
Mg. Gestión Sostenible y Tecnologías del Agua
Docente Facultad Ingeniería Ambiental

Codirector
Nohora Roció Garnica Lozada
Abogada
Especialización en administrativo y tributario

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO
2021

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O.P.
Rector General

P. EDUARDO GONZÁLEZ GIL, O.P.
Vicerrector Académico General

P. JOSE ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O.P.
Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCÍA JARA, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN
Secretaria de División Sede Villavicencio

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN
Decana Facultad de Ingeniería Ambiental

Dedicatoria

Primeramente a Dios que es todo en mi vida, es la luz en mi momentos más difíciles, mi fortaleza y apoyo para poder superar cada obstáculo que se me presenta, a la Santísima Virgen María por ser mi gran madre espiritual. A mis padres, Jaime Orlando Paredes y Luz Helena Rojas por su compañía, sus sabios consejos y su amor sincero para lograr este proceso en mi vida y por todo lo que me brindan siempre. A mi hermana Ángela Paredes, por darme su apoyo. a mis amigos y compañeros, que me ayudaron en algún momento de dificultad.

Agradecimientos

Gracias a mí Director Diego Andrey Cortés, por ayudarme en el desarrollo de mi pasantía y brindar sus conocimientos para la ejecución de este proyecto. Gracias a la docente Kimerly Reyes por creer en la realización en este proyecto y orientarme a que sea una realidad. Gracias a la Contraloría Departamental del Meta, por permitirme ser parte de esta entidad al servicio de la comunidad, su amabilidad y brindarme conocimientos que son importantes en mi desarrollo profesional. Gracias a mí Co-directora Nohora Garnica por su colaboración en el proceso de la pasantía. A la Ingeniería Ambiental Alejandra Bacca por su ayuda y transmitir sus conocimientos para facilitar la comprensión de los procesos que compete a la entidad. Gracias a la Universidad Santo Tomás y todos los docentes que formaron parte en el transcurso de la carrera profesional, por transmitir sus conocimientos para nuestro desarrollo profesional. A cada una de las personas que hicieron parte de este proceso, amigos y compañeros, por su apoyo. Y por último, a mis padres por ser el motor de mi vida y brindarme toda su comprensión y amor para poder afrontar las dificultades con valentía y coraje.

Tabla de Contenido

Pág.

Resumen 7

Introducción 9

1. Planteamiento del problema 10

1.1. Descripción del problema 10

1.2. Formulación entorno al problema 11

2. Objetivos 12

2.1. Objetivo general 12

2.2. Objetivos específicos 12

3. Justificación 13

4. Alcance 15

5. Antecedentes 18

6. Marco de Referencia 20

6.1. Marco Teorico 20

6.2. Marco Conceptual 22

6.3. Marco Legal 24

7. Metodologia 26

7.1. FASE I: Diagnóstico del funcionamiento operacional de la PTAR 26

7.2. FASE II: Establecer el cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de la empresa AGUAVIVA S.A E.S. P 28

7.3. FASE III: Diseño de protocolo de evaluación ambiental 30

8. Resultados y analisis de resultados 32

8.1. FASE I: Diagnostico del funcionamiento operacional de la PTAR 32

8.2. FASE II: Establecer el cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de la empresa AGUA VIVA S.A E.S. 47

8.2.1. Determinar el cumplimiento del PSMV y los parámetros fisicoquímicos con la normatividad de vertimientos. 47

8.2.2. Calculo de ICOs. 58
8.3. Establecer el plan de mejoramiento de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P.. 61
8.4. FASE III: Diseño de protocolo de evaluación ambiental..... 64
9. Discusión de resultados 66
10. Conclusiones 69
11. Recomendaciones 72
13. Anexos 78

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales de la Resolución 0631 de 2015. 22
Tabla 2. Normatividad de Vertimiento. 25
Tabla 3. Clasificación según grado de contaminación..... 29
Tabla 4. Metas de reducción de cargas contaminantes sector caño Seco. 33
Tabla 5. Metas de reducción de carga contaminante sector caño Caraño- río Upín,..... 34
Tabla 6. Objetivos de calidad para los cuerpos de agua del municipio de Restrepo-Meta periodo 2007-2016. 35
Tabla 7. Estado de las plantas de tratamiento de aguas residual (PTAR) 2018..... 48
Tabla 8. Indicadores de cumplimiento de metas del PSMV de la empresa AGUAVIVA S.A.E.S. P. 49
Tabla 9. Cumplimiento en los Análisis de Agua Residuales (pH, Tº, SÓLIDOS SEDIMENTABLES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES)..... 52
Tabla 10. Cumplimiento en los Análisis de Agua Residuales (DBO Y DQO), por AGUAVIVA S.A E.S.P..... 54
Tabla 11. Contratos inversión Empresa de Servicios Públicos de Restrepo..... 56
Tabla 12. Valores de ICOSUS del vertimiento a caño Seco, por Paredes, 2020..... 59
Tabla 13. Valores de ICOpH e ICORTEMP del vertimiento de caño Seco 60
Tabla 14. Plan de mejoramiento de AGUAVIVA S.A E.S.P. 61
Tabla 15. Acciones de mejoramiento con respecto a PTAR caño Lata. 63

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Ubicación de la PTAR del municipio de Restrepo-Meta, por Paredes, 2020 16
Figura 2. Red hídrica de la cuenca del Río Upín. 17
Figura 3.Planta de tratamiento de agua Residual, operada por AGUAVIVA S.A E.S.P, por Paredes, 2020..... 41
Figura 5. Reactor UASB y tres reactores RAP, por Paredes, 2020. 42
Figura 6. Lechos de secado, por Paredes, 2020. 43
Figura 7. Equipos de dosificación de cloro y tanque de mezclado, por Paredes, 2020. 43
Figura 8. Canaleta de desinfección, por Paredes, 2020. 44
Figura 9. Punto de vertimiento al caño seco después del tratamiento de las aguas residuales, por Paredes, 2020. 45
Figura 10. Caño Seco del Municipio de Restrepo, Meta, por Paredes, 2020. 46
Figura 11. Caño Lata del Municipio de Restrepo, Meta, por Paredes, 2020. 46
Figura 12. Punto de vertimiento de aguas residuales al caño Lata, por Paredes, 2020. 47

Lista de ecuaciones

Pág.

Ecuación 1. Índice de contaminación por solidos suspendidos (Ramírez, 1997). 29

Ecuación 2. Índice de contaminación por temperatura (Ramírez, 1997) 29

Ecuación 3. Índice de contaminación por pH (Ramírez, 1997). 29

Resumen

Uno de los instrumentos de planificación ambiental es el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), que contiene las acciones para lograr el manejo adecuado de las aguas residuales y además el saneamiento de corrientes, tramos o cuerpos receptores, evaluando el logro de los objetivos y metas de calidad establecidos por la autoridad ambiental (Garcia, 2016).

Este proyecto de modalidad de pasantía en la Contraloría Departamental del Meta, tiene como objetivo la evaluación del PSMV de la empresa de servicios públicos del municipio de Restrepo Meta AGUAVIVA S.A E.S.P, con el fin de determinar su cumplimiento en cuanto a la ejecución de los programas, proyectos y actividades (Orjuela & Lizarazo, 2013, p.7), por consiguiente, este trabajo realizo un diagnóstico mediante la recolección de información primaria y secundaria del funcionamiento operacional de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P, posteriormente se estableció el cumplimiento del PSMV considerando los monitoreos realizados por el Instituto de Higiene Ambiental S.A.S de los parámetros fisicoquímicos: Temperatura, pH, Solidos Sedimentables, Solidos Totales, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO); para el análisis de estos datos se calculó el índice de contaminación (ICO), donde se determinó que el cuerpo de agua no presenta afectaciones por solidos suspendidos, temperatura y pH mientras que se estableció el incumplimiento de los parámetros de DBO y DQO, conforme a la Resolución 0631/2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Además, se consolidó el plan de mejoramiento que realizó la empresa AGUA VIVA S.A.E.S.P conforme a las falencias encontradas en el diagnóstico, para el cumplimiento del PSMV, y finalmente, se diseñó un Protocolo de Evaluación de Vertimientos para la Contraloría Departamental del Meta como una guía instrumental para llevar el control y seguimiento a las empresas de servicios públicos en lo relacionado a vertimientos de aguas residuales a fuentes hídricas del departamento del Meta.

Palabras claves: Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), Vertimientos, Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), parámetros fisicoquímicos.

Abstract

One of the instruments of environmental planning is the Plan of Sanitation and Management of Discharges (PSMD), which contains the actions to achieve the adequate management of the residual waters and also the sanitation of currents, sections or receiving bodies, evaluating the achievement of the objectives and quality goals established by the environmental authority (Garcia, 2018).

This internship project in the Departmental Comptroller's Office of Meta, has as its objective the evaluation of the PSMV of the public service company of the municipality of Restrepo Meta AGUAVIVA S.A E.S.P, in order to determine its compliance in terms of the execution of programs, projects and activities (Orjuela & Lizarazo, 2013, p.7), therefore, this work carried out a diagnosis by collecting primary and secondary information on the operational functioning of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of the company AGUAVIVA S.A E.S.P., later it was established the compliance of the WWTP considering the monitoring carried out by the Institute of Environmental Hygiene S.A. S of the physicochemical parameters: Temperature, pH, Sedimentable Solids, Total Solids, Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD); for the analysis of these data the contamination index (ICO) was calculated, where it was determined that the water body does not present affectations by suspended solids, temperature and pH while it was established the noncompliance of the BOD and COD parameters, according to the Resolution 0631/2015 of the Ministry of Environment and Sustainable Development (MADS).

In addition, we consolidated the improvement plan carried out by AGUA VIVA S.A.E.S.P. in accordance with the shortcomings found in the diagnosis, for compliance with the PSMV, and finally, we designed a Discharge Evaluation Protocol for the Departmental Comptroller's Office of Meta as an instrumental guide to control and follow up on the discharge of wastewater to water sources in the department of Meta.

Keywords: Wastewater Treatment Plant (WWTP), Discharges, Discharge Management and Sanitation Plan (DMP), physicochemical parameters.

Introducción

El inadecuado manejo de los vertimientos producidos por las actividades humanas de tipo industrial o agrícola y el déficit de tratamientos de aguas residuales ha generado un impacto negativo en la calidad del agua de los cuerpos hídricos receptores (Garcia, 2016). La falta de saneamiento por aguas residuales genera enfermedades como la cólera, la diarrea, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis, es decir, el inadecuado manejo de los servicios de saneamiento causa problemas de salud pública (Organizacion Mundial de la Salud, 2019). Además, el tratamiento de aguas residuales influye en el cambio climático, pues se generan alrededor del 3% de las emisiones de gases efecto invernadero; los cuerpos hídricos pueden neutralizar cargas contaminantes dependiendo su capacidad de asimilación, de lo contrario el agua perdería sus condiciones naturales en cuanto apariencia física, la capacidad para sostener una vida acuática óptima y su equilibrio ecológico (Rodriguez H. , 2017).

El sistema de tratamiento de aguas residuales es fundamental para proteger la salud pública y el medio ambiente, todas las aguas residuales que son vertidas en un cuerpo receptor natural sea mar, ríos, lagos deben ser tratadas previamente para impedir que "se presenten enfermedades causadas por bacterias y virus para las personas que están en contacto con estas aguas, además proteger y conservar la fauna y flora que se encuentra en el cuerpo receptor natural" (Orjuela & Lizarazo, 2013, p.7).

El Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, es una herramienta que permite el manejo adecuado de las aguas residuales y además el saneamiento de corrientes, tramos o cuerpos receptores, para el logro de los objetivos y metas de calidad establecidos por la autoridad ambiental (Corantioquia, 2017, p.4).

Por lo anterior, el desarrollo del presente proyecto evaluó el cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) de la empresa AGUAVIVA S.A E. S. P como apoyo a la Contraloría Departamental del Meta para dar atención a las quejas de la comunidad en el municipio de Restrepo-Meta, considerando el funcionamiento operacional de la PTAR del sector oriental por la descarga a la microcuenca Caño Seco y se generó un protocolo de evaluación de vertimientos como insumo instrumental para la entidad que permita la evaluación de los vertimientos que se presentan en el Departamento del Meta .

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

Los vertimientos causan grandes afectaciones ambientales en la calidad del agua, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) , alrededor del 10% de la población mundial consume alimentos regados con aguas residuales sin tratamiento; además se estima que el 4% del total de muertes en el mundo se debe a la calidad del agua, higiene y saneamiento; en América Latina y el Caribe, las enfermedades diarreicas agudas (EDA) son consideradas una de las diez causas principales de muertes al año por problemas en la calidad del agua y el manejo inadecuado de aguas residuales (Rodriguez, Garcia, & Garcia, 2015, p.2).

En Colombia se están vertiendo 67 m^3/s de aguas residuales a cuerpos de agua, considerando que los grandes centros urbanos del país son los que generan mayor impacto en las fuentes hídricas (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004, p.9), causando problemáticas medioambientales por la contaminación hídrica; en cuanto al saneamiento hídrico en la recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales tiene atrasos significativos pues solo el 12 son tratadas en el país; con relación a la cobertura de servicios de acueducto que es de 75% y de un 60% en el servicio de alcantarillado y en el sector urbano del 89 % y 79% respectivamente (Cabrera, 2003).

En el departamento del Meta existen múltiples problemas de contaminación a fuentes hídricas debido a las actividades agropecuarias, de ganadería, de minería y extracción petrolera; constan de bajas coberturas de acueducto y alcantarillado algunas poblaciones del departamento, presentando problemas en la calidad del agua, por descargas de aguas residuales a los cuerpos de agua sin tratamiento, en cuanto a las aguas residuales domesticas (ARD) se presenta que el 68% de los municipios no poseen PTAR, vertiendo sin ningún control a las fuentes hídricas, lo cual indica que existe no se realiza mantenimiento correctivo y preventivo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, ausencia de programas de control de vectores y manejo de lodos, control de vertimientos de aguas residuales no residenciales, por esto, se debe realizar seguimiento al cumplimiento de la normatividad (Castro, Rubio, & Rodriguez, 2013, pp.6-7).

En el municipio de Restrepo-Meta, a lo largo de la cabecera municipal se encuentra ubicada la micro cuenca Caño Seco, que recibe todos los vertimientos de la comunidad residente y no cuenta con proyectos para el mejoramiento de la calidad del agua; dentro de los análisis físico-químico y bacteriológicos hay presencia de coliformes totales y fecales (Cuintaco & Robayo, 2019).

El municipio cuenta con dos sistemas de alcantarillado independientes, pues el Río Upín divide el municipio en dos partes, el sector oriental y el occidental; en el sector oriental se encuentra los barrios centrales de la cabecera municipal y el barrio Villa Reina, los cuales generan un vertimiento en caño Seco, este sector cuenta con una (PTAR) construida con recursos de la nación mediante EDESA S.A E.S.P., mediante contrato No. 202 de 2015 que está en funcionamiento desde diciembre del 2017 (Alcaldia de Restrepo, 2018); el sector occidental tiene vertimiento actualmente en el caño Lata que posteriormente llega al río Upín, y no cuenta con PTAR (Villegas, 2011). Por este motivo, la comunidad presentó quejas ante la Contraloría Departamental del Meta y se dio la necesidad del presente proyecto para la evaluación del PSMV de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P, con el fin de disminuir el impacto generado en los cuerpos de agua receptores, y exigir a la empresa el cumplimiento del PSMV como requisito legal exigido por la autoridad ambiental en el desarrollo de la gestión ambiental.

1.2. Formulación entorno al problema

Conforme al planteamiento del problema el presente proyecto busca dar respuesta a la pregunta: ¿Cómo afecta el incumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos en la calidad del agua de caño Seco en el municipio de Restrepo, Meta?

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P. del municipio de Restrepo, Meta como apoyo a la Contraloría Departamental del Meta.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico del funcionamiento operacional de la PTAR de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P. para conocer la calidad del vertimiento a caño Seco.

- Establecer el cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P. para la calidad de la fuente hídrica del municipio de Restrepo, Meta.

- Diseñar un protocolo de evaluación de saneamiento para la Contraloría Departamental del Meta.

3. Justificación

La empresa de servicios públicos de Restrepo AGUAVIVA S.A E.S. P presta los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo teniendo como visión la optimización del desarrollo institucional, empresarial y garantizando la conservación del recurso hídrico y medio ambiente; en cuanto al sistema de alcantarillado sanitario cuenta con una longitud aproximada de 15.900 metros, teniendo una cobertura del 88% construida; también cuenta con un Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (AGUAVIVA S.A E.S.P., 2015).

La Contraloría Departamental del Meta es una entidad gubernamental que realiza control fiscal, tiene como función la gestión fiscal en la administración central del departamento del Meta, los municipios y aquellas entidades descentralizadas del orden departamental o municipal que por sus actividades productivas o de desarrollo, prestación de servicios o ejecución de obras públicas, generen impactos negativos significativos al medio ambiente y a los recursos naturales; las entes de control fiscal, deben establecer un control ambiental como lineamiento de conservacion y proteccion del medio ambiente que establece la Constitucion Politica de Colombia, en cumplimiento al mandato constitucional y por la importancia de la preservacion y conservacion de los recursos naturales, garantizando un ambiente sano; dando respuestas a las necesidades sociales, tiene en cuenta el medio ambiente en las actividades planeadas por la Direccion de Control Fiscal, tomando vigilancia y control a las acciones e inversiones de la parte ambiental bajo un Plan General de Auditorias de cada vigencia, considerando el medio ambiente como el conjunto de variables que permiten el proceso de la vida y las actividades socioeconomicas del hombre (Contraloria Departamental del Meta, 2019).

Los vertimientos a caño Seco son directos, recibe las aguas del alcantarillado sanitario y pluvial de la zona urbana del municipio, igualmente el vertimiento del matadero municipal se ubica en la salida del sistema de tratamiento, además le llegan las descargas puntuales que generan las piscícolas que se encuentran aguas abajo del ultimo vertimiento doméstico del casco urbano. El sistema de alcantarillado tiene conexión con 92,4% de las viviendas, realizando vertimientos a fuentes superficiales del municipio como el caño Seco, rio Upín y caño Balconcitos, la tubería de alcantarillado en algunas zonas está subdimensionada para las aguas residuales que genera el municipio por su condición de alcantarillado combinado (Alcaldia de Restrepo, 2018).

La micro cuenca del caño Seco presenta problemas de contaminación por la deficiencia del sistema de alcantarillado, inadecuada planificación del uso del suelo y la ausencia de concientización ciudadana, vertiéndose directamente las aguas residuales al caño; en la micro cuenca caño Balcones y el caño Caraño (incluyendo el caño Lata afluente del ultimo) se presenta contaminación en el agua por acumulación, malos olores y proliferación de vectores nocivos para la salud (Villegas, 2011).

Por lo anterior, la implementación de este proyecto es pertinente en aras de las funciones de la Contraloría Departamental del Meta como ente de control fiscal, pues se evalúa el cumplimiento del (PSMV) en cuanto al marco legal; donde se verifica el cumplimiento de las metas de reducción de carga contaminante, objetivos de calidad, normatividad de vertimientos (Resolución 0631 del 2015), entre otros; igualmente, este trabajo realizado desde la entidad es para atender las quejas de la comunidad en cuanto a temas de salud pública y la calidad del agua de las fuentes hídricas del municipio de Restrepo, Meta.

4. Alcance

El presente proyecto se realizó en modalidad de pasantía para la Contraloría Departamental del Meta, con una duración aproximada de cuatro meses para la evaluación del cumplimiento del PSMV de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P. del municipio de Restrepo-Meta, adicionalmente durante 2 meses se gestionó la aprobación y validación en la entidad del protocolo de evaluación de vertimientos.

Conforme al objeto del proyecto se estableció la evaluación del PSMV a través de un diagnóstico inicial con información primaria y secundaria, lo cual se complementó con visitas técnicas para verificar el funcionamiento operacional y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) para determinar el plan de mejoramiento que debe realizar la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P; y el diseño de un protocolo de evaluación ambiental para el control y seguimiento de los municipios atendiendo a las quejas de la comunidad como función de la Contraloría Departamental del Meta como entidad de control fiscal.

La PTAR tomada como caso de estudio del municipio de Restrepo, Meta se ubica en las coordenadas Este: 10°58’42” y Norte: 96°25’76”, a una altura de 448 msnm como se presenta en la figura 1.

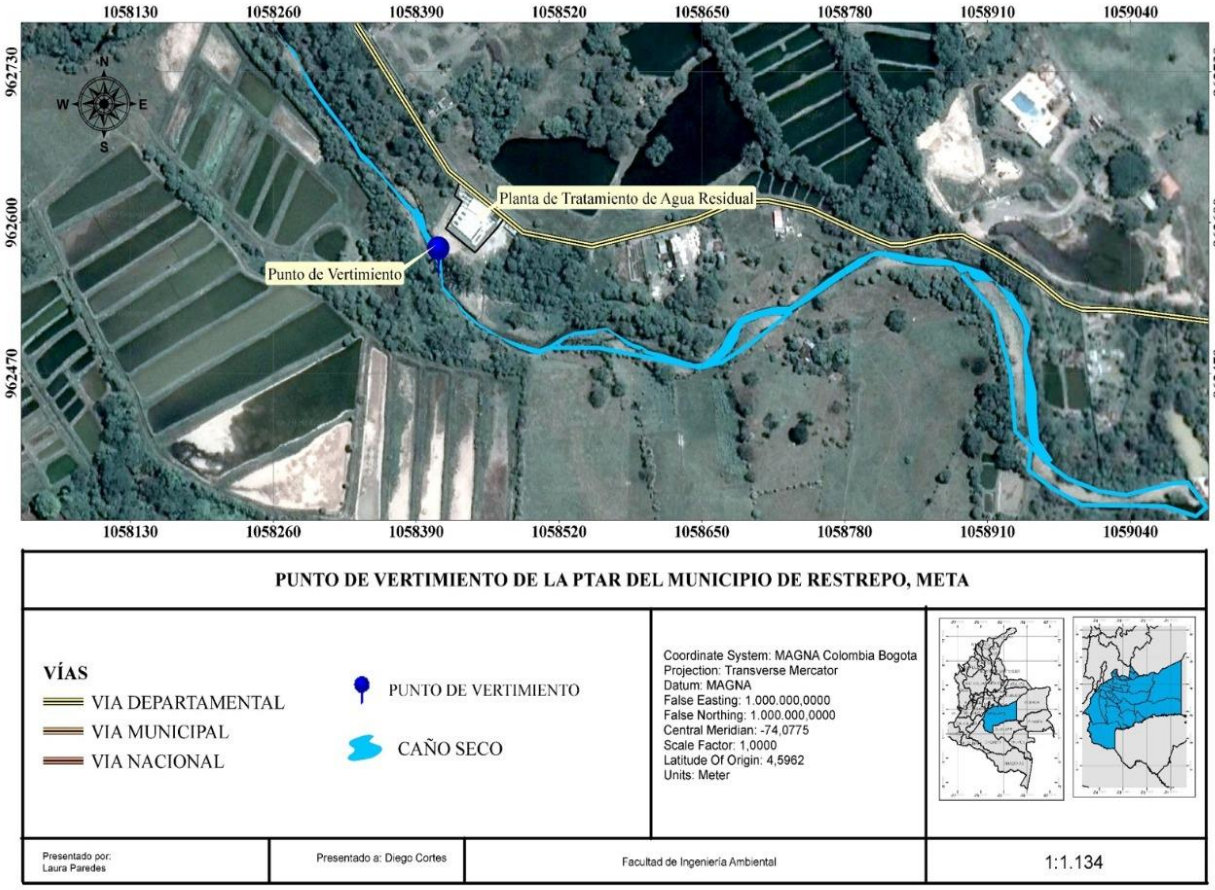


Figura 1. Ubicación de la PTAR del municipio de Restrepo-Meta, por Paredes, 2020

Para dimensionar las fuentes hídricas del municipio de Restrepo-Meta, se presenta en la figura 2 la cuenca del rio Upín con los diferentes afluentes y se infiere las implicaciones que tiene en toda la cuenca, los puntos de vertimientos en el caño Lata y caño Seco.

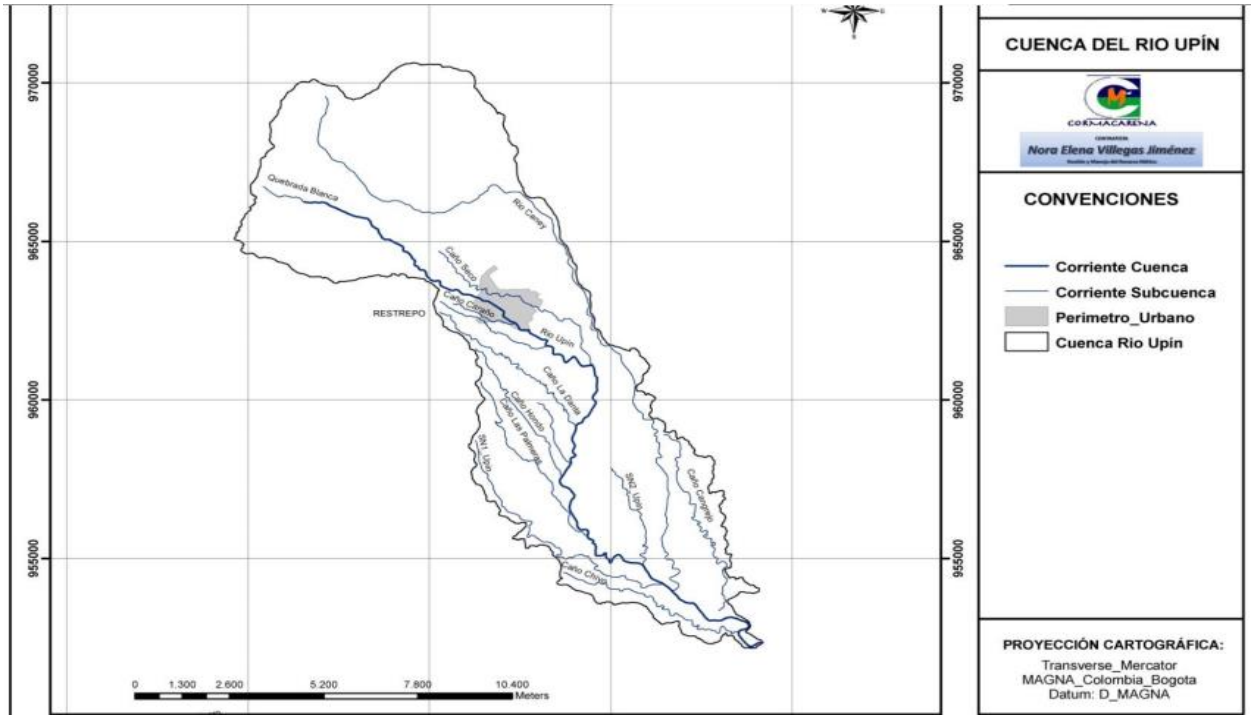


Figura 2. Red hídrica de la cuenca del Río Upín.

Nota: Formulación del plan de ordenamiento de las fuentes hídricas priorizadas en jurisdicción de Cormacarena. Adaptado de **(Cormacarena, 2011).**

5. Antecedentes

Para el desarrollo del proyecto, es necesario contar con referentes teóricos que contribuyan como guía y soporte en las diferentes fases, por esto, se consultaron diferentes proyectos similares con respecto al (PSMV).

En el 2006, en Bogotá se elaboró un manual técnico para la evaluación y seguimiento de -PSMV- en beneficio de las autoridades ambientales competentes, donde se realizaron los instrumentos para evaluar y de esa manera optimizar el PMSV, en las metas de reducción individual para efectos de cobro de Tasa Retributiva y cumplir con los objetivos de calidad de los cuerpos de agua (Castillo & Acosta, 2006).

En 2008, en San Andrés se realizó el PSMV por parte de la empresa de servicio públicos PROACTIVA Aguas del Archipiélago S.A., con el fin de dar cumplimiento de la normatividad y con el objetivo de ampliar la cobertura de alcantarillado sanitario para lograr un desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida de la población (Proactiva aguas del archipielago S.A.E.S.P, 2008).

En el 2014, en Cesar como ejercicio académico se realizó un seguimiento al PPSMV del municipio de Gamarra- Cesar, para conocer el cumplimiento total de las actividades planteadas, determinar el cumplimiento de los programas, proyectos y actividades. Los resultados del seguimiento apoyaron las decisiones en diseños y construcción de sistemas de tratamiento para mejorar la eficiencia del sistema de alcantarillado del municipio. Además, se encontró el incumplimiento de medios de comunicación para divulgar la información al usuario, y la evaluación a técnicos y operarios (Santos, 2014).

En el 2017, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas analizó el enfoque del PSMV2007 – 2015 de Bogotá D.C. y las estrategias para su fortalecimiento, evidenciando que la solución a las problemáticas de contaminación radica en la ejecución de obras de infraestructura, además mediante esta investigación se generó una serie de estrategias que permite fortalecer este instrumento (Garibello & Peña, 2017).

En el 2015, en Acacias como ejercicio académico se realizó la evaluación técnica y jurídica del cumplimiento de la Resolución N° PS-GJ 1.2.6.11.0448 del 17 de marzo de 2011, emitida por Cormacarena, por medio de la cual se acoge concepto técnico número Nº PM-GA 3.44.11.409 del 14 de marzo de 2011 y se aprueba el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio

de Acacias-Meta, de la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Acacias ESPA E.S.P; se encontró el incumplimiento normativo de la Empresa de Servicios Públicos de Acacias (ESPA E.S.P) y se realizó las respectivas recomendaciones para resolver dichas fallas en la empresa (Parrado, 2015).

En el 2019, en Villavicencio se realizó en la Universidad Santo Tomas la evaluación de la calidad del agua mediante el uso del índice de contaminación (ICOMO) y su relación con el índice biológico (BMWP/COL) en el caño Seco, Restrepo-Meta; la investigación evidenció en los aspectos físicos, químicos y bacteriológicos medidos en el afluente, "que los parámetros de colíformes totales y fecales mostraron alta incidencia de contaminación por materia orgánica presente en el río, por los resultados del índice ICOMO; que la diversidad de la comunidad de macro invertebrados acuáticos está siendo afectada principalmente por el efecto de vertimientos de aguas residuales a causa de los asentamientos urbanos a lo largo del caño Seño, concluyendo que la carga residual vertida a este río, representa un problema de salud pública, y a nivel ecológico limita la disponibilidad y diversidad de hábitats para el establecimiento de la fauna acuática" (Cuintaco & Robayo, 2019).

Conforme a lo mencionado anteriormente, se puede determinar la importancia que tiene el cumplimiento del PSMV en el tema normativo para las empresas de servicios públicos de un municipio, y la necesidad de evaluar cada actividad considerada en este documento como solución a las problemáticas de contaminación hídrica y el mejoramiento de la calidad de vida de una determinada comunidad.

El (PSMV) de la empresa de servicios públicos de Restrepo AGUA VIVA S.A E.S. P. se aprobó el 29 de diciembre de 2006 por Cormacarena bajo el concepto técnico No. 05.44.06.1048 y se encuentra en actualización por parte de la empresa EDESA, bajo el contrato de consultoría No. 112 de 2018 de la empresa de servicios públicos del Meta – EDESA S.A E.S.P., con el consorcio Plan Ambiental. Las metas establecidas a corto, mediano y largo plazo con sus respectivos cronogramas y actividades programadas, con respecto a los vertimientos puntuales existentes en las dos áreas de drenaje a caño Seco y caño Caraño- río Upín del municipio de Restrepo, Meta (AGUAVIVA S.A.E.S.P, s.f.). Desde la Contraloría Departamental del Meta se emplean formatos en cada visita realizada para evaluar la gestión ambiental de las empresas de los municipios del Meta, dependiendo las necesidades a consultar sobre el aspecto ambiental.

6. Marco de Referencia

6.1. Marco Teorico

El Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos- PSMV, es el conjunto de programas, proyectos y actividades realizadas con sus cronogramas e inversiones para el saneamiento y tratamiento de vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado tanto sanitario como pluvial, a disposición de las personas prestadoras del servicio de alcantarillado y actividades complementarias. Con el PSMV se pretende mejorar progresivamente la calidad de la oferta hídrica natural y promover la relación costo-efectividad. Los compromisos que se establecen en el PSMV deben ser cuantificables y verificables, por medio de indicadores que representan el impacto de las acciones en el estado del recurso hídrico y de indicadores de avance físico; además se establecen objetivos de reducción de vertimiento, las proyección de carga contaminante y los programas, proyectos y actividades con sus cronogramas e inversiones, que favorezca el saneamiento de los cuerpos de agua (Castillo & Acosta, 2006).

Este instrumento nació por el marco de la reglamentación sobre tasas retributivas, específicamente por la exigencia de los prestadores de servicio público de alcantarillado por presentar ante la autoridad ambiental competente un Plan de Saneamiento y Manejo de vertimientos (PSMV), "que contenga la actividades e inversiones para el saneamiento y tratamiento de vertimientos, estos están regulados por la Resolución 1433 de 2004, reglamentado por el Decreto 2667 de 2012, que contiene la nueva regulación sobre el tema" (Garcia, 2016).

Los PSMV deben ser presentados por los prestadores de servicio de alcantarillado a las autoridades ambientales competentes, quienes evalúan la información y la aprueban mediante una resolución; este plan debe formularse considerando la información disponible sobre calidad y uso de las corrientes, tramos o cuerpos de agua receptores, además de los criterios de priorización de los proyectos definidos en el Reglamento Técnico del Sector RAS 2000 o la norma que lo modifique o sustituya, y lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) o el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT);

también es posible plantear algunas propuestas de mejoramiento, de lo que se realiza a futuro (Garcia, 2016).

Los índices de contaminación (ICO) que constituyen una herramienta poderosa de fácil determinación, que prestan gran utilidad en la caracterización de la calidad de las aguas continentales; los índices son de fácil estimación (matemática o gráficamente) y permiten puntualizar el tipo de problema ambiental existente, tal como se observa en la aplicación desarrollada (Ramirez, Restrepo, & Viña, s.f.). El índice de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS), como el índice de contaminación por temperatura (ICOTEMP) y el índice de contaminación por pH (ICOpH) se determinan con un parámetro de pH y temperatura respectivamente, siendo fáciles de estimar (matemática o gráficamente) y es posible enfatizar el problema ambiental existente; con referencia al ICOSUS se determina solamente con la concentración de sólidos suspendidos, es una variable con alguna correlación de importancia con la demanda de oxígeno (DBO y DQO) (Quiñones & Martinez, 2019).

Con estos índices se da claridad de la contaminación excesiva, media o inexistente, teniendo una fácil interpretación y abstracción, presentan diversos beneficios como el acceso a información compleja y la síntesis sencilla de esta, además esta información es de gran utilidad para las personas que trabajan bajo el cumplimiento de la normatividad ambiental (Fernández, 2005).

La normatividad que regula los vertimientos de aguas residuales es la Resolución 0631 de 2015 que establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales, es decir, la medida máxima que no puede excederse pues causaría daño al bienestar humano y al medio ambiente, los cuales se evidencia en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales de la Resolución 0631 de 2015.

Parámetros	**Unidades**	**Aguas residuales domésticas (ARD), ARD – ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales, con una carga menor o igual a 625,00 kg/día DBO5**
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	mg/L O2	180
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO5)	mg/L O2	90
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	90
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5

Nota: Adaptado de Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2015).

6.2. Marco Conceptual

Para facilidad y comprensión del desarrollo del presente proyecto se incluyen a continuación algunas definiciones:

Para efectos de este se conoce como **Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV)** al instrumento de planificación creado por el documento CONPES 3177 de 2002, Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales y el Decreto 3100 de 2003 Tasas Retributivas por contaminación, tiene como función garantizar en mejorar el saneamiento y tratamiento de los vertimientos mediante programas, proyectos y actividades encaminadas a la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales al sistema público de alcantarillado (Corantioquia, 2017, p.4).

Un **vertimiento** se conoce como la descarga final a un cuerpo de agua, por un sistema de alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido

(Garcia, 2016); es el efluente residual vertido fuera de las instalaciones industriales y/o especiales, con destino directo o indirecto a colectoras, cloacas máximas, conductos pluviales, cursos de agua y el suelo, mediante evacuación o depósito; en cuanto al líquido de composición cambiante de uso doméstico, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada (Castillo & Acosta, 2006).

Los **parámetros fisicoquímicos** del agua residual que se tienen en cuenta para la pertinencia del presente trabajo son los siguientes:

- ✓ **Solidos Suspendidos Totales,** se obtiene en la evaporación de un volumen conocido de muestra y el residuo se seca en estufa a 105°C, se realiza el peso señalando el resultado en mg/L, mediante esta medida es posible conocer el contenido total de sustancias volátiles presentes en el agua (Jiménez & Barba, 2000).
- ✓ **DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxigeno),** es una medida que determina la cantidad de oxigeno que usa los microorganismos en condiciones aeróbicas para la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en un tiempo de cinco días a 20°C (IDEAM, 2007).
- ✓ **DQO (Demanda química de oxigeno**), es la cantidad de oxígeno que usan los cuerpos reductores que se encuentran en un agua donde no existe intervención por parte de organismos vivos (Vallejos & Peña, 2018).
- ✓ **Potencial de hidrogeno (pH),** es el parámetro que estima el nivel que los iones (H) de hidrogeno que tiene una concentración en el agua, se define por el log (H^+) y es inversamente proporcional a la concentración de iones de hidrogeno; la medición del pH se utiliza para conocer la intensidad de la acidez, la basicidad o la alcalinidad y su escala va de 0 a 14 donde si es menor a 7 es considerada acida, cuando el pH es superior a 7 es denominada básica y es neutra cuando presenta pH es de 7.0 (García, 2013).
- ✓ **Temperatura,** es un factor abiótico que regulariza los procesos vitales de los organismos vivos, además infiere en las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema (Vallejos & Peña, 2018).

Una **Planta de Tratamiento de Agua Residual,** se conoce como el conjunto de operaciones, procesos técnicos por los que se modifican las características de las aguas residuales aumentando la posibilidad de reutilizar o reducir los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana (Castillo & Acosta, 2006). En la PTAR se puede presentar el **sistema**

anaerobio, que son los procesos de digestión anaerobia más adecuados para el tratamiento de aguas residuales generadas por los rastros municipales, reconociendo la importancia de los microrganismos, sus interacción y sus metabolismos; en un proceso biológico degradativo donde el material orgánico que esa presenta en el agua residual se transforma en biogás, generalmente de CH_4 y CO_2 , con concentraciones más pequeñas usualmente menor al 1% del volumen total producido de di nitrógeno(N_2), amoniaco(NH_3), di hidrogeno (H_2) y sulfuro de hidrogeno(H_2S) el proceso se realiza por medio del uso de bacterias en ausencia de oxígeno, en este el 90% de la energía que está disponible mediante oxidación directa se convierte en biogás, es decir, se consume solo el 10 % en crecimiento bacteriano (Padilla, 2010).

Para la recolección de aguas residuales se realiza mediante el **sistema de alcantarillado,** es una serie de red, tuberías y obras complementarias para la recibir, conducir y evacuar las aguas residuales y además los escurrimientos superficiales generados por las lluvias**;** algunos de los tipo de alcantarillado son combinado y semi-combinado, en cuanto al **alcantarillado combinado**, se entiende como el sistema que recoge y conduce generalmente el 100% de las aguas, pero debido a su disposición dificulta su tratamiento y genera problemas de contaminación por verterse en cuerpos de aguas y por restricciones ambientales dificulta su infiltración y el **alcantarillado semi-combinado,** es el sistema que conduce el 100% de las aguas negras que genera un área o conjunto de áreas y un porcentaje menos al 100% de aguas pluviales recogidas en esta zona y de manera ocasional son transportadas por este sistema y como ayuda al sistema pluvial para no ocasionar inundaciones en la vía (SIAPA, 2014).

6.3. Marco Legal

La normatividad colombiana reglamenta el tema de vertimientos de aguas residuales para minimizar el impacto en la calidad del agua, estas normas establecen límites de vertido para garantizar los usos del agua posterior a dicha intervención, las cuales se presenta a continuación:

Tabla 2. Normatividad de Vertimiento.

Norma	**Asunto especialmente relevante en materia de vertimientos**
Código de los Recursos Naturales, Ley 2811 de 1974.	En su capítulo II define la regulación cuando a la prevención y control de la contaminación del recurso hídrico.
Ley 23 de 1973	Para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones
Decreto 1076 de 2015	Clasificación de las aguas con respecto a los vertimientos, requerimiento de permiso, requerimiento de estudios técnicos, etc.
Ley 9 de 1979	Control sanitario de las aguas y excretas o aguas residuales.
Resolución 1433 de 2004	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.
Resolución 2145 de 2005	Modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre PSMV
Decreto 1575 de 2007	Establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
Resolución 1514 de 2012	Establece los términos de referencia para la elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos.
Resolución 0631 de 2015	Establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.
Decreto 2667 de 2012	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.
-Resolución PM-GJ 2.6.06.1052	-Aprueba el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio de Restrepo-Meta.
`-Resolución Nº PS-GJ 1.2.6.15.813 del 05 de Junio del 2015	-Aprueba el plan de gestión del riesgo para el manejo del vertimiento y otorga el permiso de vertimiento

Nota: Marco normativo para Colombia de vertimientos. Adaptado de (Garcia, 2016).

7. Metodologia

La metodología empleada para este proyecto se divide en tres fases correspondiente a los tres objetivos específicos planteados. Inicialmente conforme a la fase I, se realizó un diagnóstico del funcionamiento operacional de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P; posteriormente en la fase II, se estableció el cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P., y además la empresa presentó un Plan de Mejoramiento de los incumplimientos encontrados en este documento, finalmente, en la fase III **s**e diseñó un protocolo de evaluación de vertimientos como insumo instrumental para la Contraloría Departamental del Meta.

7.1. FASE I: Diagnóstico del funcionamiento operacional de la PTAR

Para el desarrollo del diagnóstico, se recolectó información primaria y secundaria de la empresa AGUAVIVA S.A E.S. P con respecto al vertimiento y funcionamiento de la PTAR teniendo en cuenta las siguientes actividades:

1. Recopilación de información secundaria.

Se revisaron los documentos que la empresa AGUAVIVA S.A.E.S.P reportó a la Contraloría Departamental del Meta**:**

a) El Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV): De este documento, se hizo la revisión detallada de las metas establecidas y la descripción de los programas, proyectos y actividades con sus respectivas inversiones y cronogramas de plan de acción, igualmente, se identificaron los vertimientos puntuales a la fuente receptora , el estado del cuerpo de agua receptor en términos de calidad, los objetivos de reducción de vertimientos puntuales a corto, mediano y largo plazo, además de las metas de reducción de carga contaminante; para la revisión de este documento se tuvo en cuenta el cumplimiento de las obligaciones que expide la autoridad ambiental CORMACARENA.
b) Manual de operación y mantenimiento de la PTAR: De este documento se verificó cada proceso y unidades de tratamiento preliminar, secundario y manejo de lodos, los requerimientos operacionales de la infraestructura, además, la identificación y soluciones

pertinentes de posibles problemas durante la operación de la PTAR como tema de gestión de riesgos operacionales que puede afectar a los trabajadores o a la comunidad.

c) Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos: Dentro del manejo de vertimientos se verificó el contenido de este documento y la aprobación por parte de CORMACARENA como autoridad ambiental, del cual se observó el sistema de gestión del vertimiento, la caracterización del área de influencia , las medidas pertinentes en caso de ocurrir alguna eventualidad, el análisis de riesgo mediante la matriz de valoración del riesgo considerando amenazas y vulnerabilidad, además se verificaron las medidas de mitigación para prevenir algún desastre en la zona de influencia de la PTAR y el plan de contingencia como medida de acción en caso de una emergencia, teniendo como prioridad la protección de la comunidad del municipio de Restrepo, Meta. En este caso, se realizó la verificación del cumplimiento del documento aprobado por Cormacarena como requerimiento en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos.
d) Permiso de vertimientos: Se verificó el cumplimiento del permiso de vertimientos al cuerpo de agua receptor caño Seco que expide Cormacarena, siendo este documento necesario para el PSMV.
e) Informes de análisis de calidad de agua de la fuente receptora: Se verificaron los informes semestrales de los parámetros físico-químicos de la calidad de agua de la fuente receptora caño Seco, que son realizados por la empresa AGUAVIVA S.A E.S. P por medio del Instituto de Higiene Ambiental S.A.S acreditado por el IDEAM.
f) Información sobre los parámetros de calidad del vertimiento: Información secundaria de la autoridad ambiental CORMACARENA, quien establece que se debe mantener para la calidad del vertimiento el cumplimiento de la resolución 0631 de 2015 que determina los parámetros físico-químicos y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua, además de considerar los objetivos de calidad del cuerpo de agua receptor caño Seco, información significativa con respecto al estudio de caso de la PTAR del municipio de Restrepo, Meta.

2. Recopilación de información primaria.

Como margen de la pasantía se realizó las actividades propuestas por la Contraloría Departamental del Meta, principalmente para evaluar el tema de vertimientos se hizo una visita de

campo en la Planta de Tratamiento de Agua Residuales de municipio de Restrepo- Meta, donde se realizó una inspección ocular y se tomó registro fotográfico de cada proceso, allí se observó el funcionamiento de cada proceso y unidades de las fases en el tratamiento preliminar, primario y secundario; cabe resaltar que la entidad para estos casos de inspección no realiza la recolección de datos cuantitativos del funcionamiento operacional, por este motivo, se articuló lo observado en la visita de campo con la revisión de documentos operacionales que reportó la empresa AGUAVIVA S.A.E.S.P. sobre la PTAR.

Para encontrar posibles hallazgos, en la visita de campo se observó cada proceso y el estado de la infraestructura de cada unidad de tratamiento con el fin de verificar si se realizaba la operación de forma adecuada, y sus respectivas dimensiones estructurales conforme a lo establecido en el manual operacional, además en un acta de visita de campo se proporcionó información por parte del personal de la PTAR sobre nombre del cuerpo de agua receptor, tipos de tratamiento, caudal l/s, punto de vertimiento (Anexo 3). Por último, se observó el vertimiento a caño Seco posterior al tratamiento de aguas residuales y además del vertimiento realizado en el caño Lata, la otra área de drenaje del municipio de Restrepo. Es fundamental esta información para conocer los procesos en el tratamiento de las aguas residuales domésticas en el Sector Oriental del municipio de Restrepo-Meta y establecer el cumplimiento del PSMV.

7.2. FASE II: Establecer el cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de la empresa AGUAVIVA S.A E.S. P

Con base a la recolección de información secundaria y primaria, se realizó un informe final contemplando las metas propuestas que se establece en el PSMV de la empresa AGUAVIVA S.AE.S.P., y evaluando su realización mediante indicadores de cumplimiento.

Además, se realizó un análisis de los parámetros fisicoquímicos del muestreo realizado por el Instituto de Higiene Ambiental S.A.S en la salida de la PTAR al vertimiento en el cuerpo de agua caño Seco, para establecer el cumplimiento de la Resolución 0631 del 2015 como normatividad vigente de vertimientos.

Durante la pasantía se tuvo como inconveniente la toma de muestras para realizar un muestreo del vertimiento en la salida de la planta y por este motivo, se determinó la afectación de contaminación en el cuerpo de agua receptor Caño Seco mediante el cálculo de los siguientes

índices de contaminación para la calidad del agua con los datos de los parámetros físico-químicos que reporto la empresa:

- Índice de contaminación por Solidos Suspendidos (ICOSUS) con la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Índice de contaminación por solidos suspendidos *(Ramírez, 1997).*

$$ICOSUS = -0{,}02+0{,}0003 \text{Solidos Suspendidos mg/l}$$

Sólidos Suspendidos > a 340 tiene un ICOSUS = 1

Sólidos Suspendidos < 10 tiene un ICOSUS = 0

- Índice de contaminación por temperatura (ICOTEMP):

Ecuación 2. Índice de contaminación por temperatura *(Ramírez, 1997)*

$$ICOTEMP = -0{,}49 + 1{,}27 \log (\text{Temp vertimiento} - \text{Temp curso receptor})$$

Si la diferencia de Temperatura es menor a 2.5°C (275.5°K), ICOTEMP = 0.

Si la diferencia de Temperatura es mayor a 15.0°C (288.5°K), ICOTEMP = 1.

- Índice de contaminación por pH (ICO, pH):

Ecuación 3. Índice de contaminación por pH *(Ramírez, 1997).*

$$ICOpH = \frac{e^{-31{,}08+3{,}45pH}}{1+e^{-31{,}08+3{,}45pH}}$$

El resultado de los índices de contaminación se interpretó con la siguiente tabla:

Tabla 3. Clasificación según grado de contaminación

ICO	Grado de contaminación	Escala de color
0 - 0.2	Ninguna	Azul
>0.2 - 0.4	Baja	verde
>0.4 - 0.6	Media	Amarillo
>0.6 - 0.8	Alta	Naranja
>0.8 - 1	muy Alto	Rojo

Nota: Clasificación de los índices de contaminación, por (Ramírez, 1997)

Igualmente, se determinó necesaria la implementación de un plan de mejoramiento que realizó la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P y envió al cabo de 15 días aproximadamente para dar cumplimiento del PSMV, principalmente en la Resolución 0631 de 2015 que establece los valores máximos permisibles de parámetros físico-químicos del cuerpo de agua receptor caño Seco. El plan de mejoramiento se efectuó conforme a las falencias encontradas en el PSMV, considerando los aspectos señalados:

a) PSMV: En cuanto al cumplimiento de las metas establecidas en el PSMV y las metas individuales de reducción de carga contaminante al cuerpo de agua receptor caño Seco.
b) Operación y mantenimiento de la PTAR: Se realizó la inspección ocular de las instalaciones de la planta de tratamiento de agua residual teniendo en cuenta datos operacionales del manual de operación y mantenimiento de la PTAR.
c) Permiso de vertimientos: Se verificó que la empresa AGUAVIVA S.A E.S. P contara con este permiso ambiental y que obedezca el cumplimiento de las obligaciones impuestas por la autoridad ambiental Cormacarena, en torno al vertimiento del cuerpo de agua receptor caño Seco.
d) Plan de Gestión de Riesgo para el Manejo de Vertimientos: Se revisó este plan que hace parte del permiso de vertimientos para confirmar que tuviera toda la base de información necesaria para prevenir los posibles riesgos que genera la PTAR del municipio de Restrepo-Meta.
e) Informes de análisis de calidad del vertimiento: Se revisó los análisis de laboratorio para conocer la calidad del vertimiento y se compararon estos datos con los establecidos en Resolución 0631 de 2015 para determinar el cumplimiento de los parámetros físico-químicos al cuerpo de agua receptor Caño Seco.

7.3. FASE III: Diseño de protocolo de evaluación ambiental

Se realizó un protocolo para la evaluación ambiental de vertimientos con base a información secundaria recolectada, y conforme a las actividades de gestión ambiental que realiza

la Contraloría Departamental del Meta como ente de control fiscal, en este instrumento se incluyeron los actores involucrados, roles y responsabilidades para la evaluación de vertimientos.

Además, se ejecutó durante la pasantía considerando los procesos que realiza la entidad como la evaluación del manejo de vertimientos para al sector ambiental de las empresas de servicios públicos y los municipios, un formato tipo lista de chequeo para las visitas técnicas que realiza la entidad para evaluar vertimientos en la PTAR, con la recolección de datos cuantitativos y cualitativos , y anexos como guía en cada ítem para verificar las óptimas condiciones de infraestructura, funcionamiento operacional, estado de operarios, calidad del vertimiento, pruebas de laboratorio, entre otros, considerando la normatividad respectiva para cada aspecto señalado en el formato. Además, se especifica el diseño de determinadas tablas que se realizan necesariamente durante la evaluación del cumplimiento del tema de vertimientos según sea el caso de estudio.

8. Resultados y analisis de resultados

8.1. FASE I: Diagnostico del funcionamiento operacional de la PTAR

1. Recopilacion de informaciòn secundaria.

Conforme a la revision de la informacion sumistrada por la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P. a la Contraloria Departamental del Meta se revisó cada documento para el cumplimiento del PSMV, encontrando lo siguiente:

a) El Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV): Este documento, lo aprobó Cormacarena mediante Resolución PM-GJ 2.6.06.1052 del 29 de diciembre del 2006 a la empresa de servicios públicos de Restrepo S.A E.S.P., acogiendo el concepto técnico número 05.44.066.1048 en beneficio del casco urbano del municipio de Restrepo, donde se encontraron aspectos técnicos sobre el estudio del municipio, con una fase diagnóstica con descripción detallada con referencia al sistema de acueducto, alcantarillado, con su respectiva identificación de vertimientos puntuales de aguas residuales en el área urbana por cada fuente agua receptora, además, de información del sistema de aguas lluvias y aseo, considerando la descripción de los objetivos de reducción de vertimientos puntuales a corto, mediano y largo plazo con la descripción de los programas, proyectos y actividades con sus respectivas inversiones y cronogramas de plan de acción, finalmente se encontró las obligaciones y recomendaciones que emite la autoridad ambiental Cormacarena con su aprobación a partir de vigencia del acto administrativo hasta un término de diez años.

Actualmente se lleva a cabo por parte de EDESA S.A E.S.P. la actualización del PSMV del municipio de Restrepo documentos técnicos realizados mediante la ejecución del contrato 112 de 2018. Esta información es fundamental pues por medio de esta revisión se determinó el cumplimiento de todos los requerimientos que debe contener el PSMV.

En el PSMV se presentan las medidas de reducción de cargas contaminantes para DBO y SST para el cuerpo de agua receptor caño Seco y caño Caraño o caño Lata, como se presenta en la tabla 4 y 5.

Tabla 4. Metas de reducción de cargas contaminantes sector caño Seco.

Año	Población	Caudal agua residual generado	Carga Removida		Carga Vertida	
			DBO(Ton/año)	SST(Ton/año)	DBO(Ton/año)	SST(Ton/año)
2006(0)	3951	16,9	0,0	0,0	56,9	28,4
2007	4019		0,0	0,0	57,9	28,9
2008(2)	4086	17,2	0,0	0,0	58,8	29,4
2009	4154		0,0	0,0	59,8	29,9
2010	4221		0,0	0,0	60,8	30,4
2011(5)	4288	17,7	24,7	12,3	37,0	18,5
2012	4356		31,4	15,7	31,4	15,7
2013	4423		31,8	15,9	31,8	15,9
2014	4491		32,3	16,2	32,3	16,2
2015	4558		32,8	16,4	32,8	16,4
2016(10)	4625	18,4	33,3	16,7	33,3	16,7

Nota: Valores tomados del PSMV del municipio de Restrepo (Cormacarena, 2006)

Tabla 5. Metas de reducción de carga contaminante sector caño Caraño- río Upín,

Año	Población	Caudal agua residual generado	Carga Removida		Carga Vertida	
			DBO(Ton/año)	SST(Ton/año)	DBO(Ton/año)	SST(Ton/año)
2006(0)	3050	14,4	0,0	0,0	43,9	22,0
2007	3134		0,0	0,0	45,1	22,6
2008(2)	3230	15,1	0,0	0,0	46,4	23,2
2009	3308		0,0	0,0	47,6	23,8
2010	3399		0,0	0,0	48,9	25,5
2011(5)	3493	16,4	20,1	10,1	30,2	15,1
2012	3589		25,8	12,9	25,8	12,9
2013	3688		26,6	13,3	26,6	13,3
2014	3789		27,3	13,6	27,3	13,6
2015	3894		28,0	14,0	28,0	14,0
2016(10)	4001	18,4	28,8	14,4	28,8	14,4

Nota: Valores tomados del PSMV del municipio de Restrepo (Cormacarena, 2006).

La Corporación Autónoma Regional (CORMACARENA), establece los objetivos de calidad para los cuerpos de agua urbanos del municipio de Restrepo-Meta periodo 2007-2016, a partir de los cuales se definió el PSMV. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Objetivos de calidad para los cuerpos de agua del municipio de Restrepo-Meta periodo 2007-2016.

Fuente hídrica	Tramo	Uso potencial	DBO5 (mg/L)	OD(mg/L)	SST(mg/L)	NH3(mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100 ml)	Coliformes Fecales(NMP/100mL)	Variación de T	GYA	pH	Olor	Material Flotante
Caño Seco	Entrada casco urbano municipio de Restrepo hasta 50 m antes de PTAR	Estético y drenaje de aguas lluvias	25	2	-	1	-	-	5	A	4,5-9	A	A
	Desde vertimiento PTAR hasta unión con el Caño Pilatos ,época lluvias	Piscicultura	30	4	-	1	1000	1000	3	A	4,5-9	A	A

Tabla 7. Continuación

Caño Caraño	Desde entrada del casco urbano del municipio de Restrepo, hasta unión con el río Upín	Estético	25	2	-	5	-	-	5	A	4,5-9	A	A
Rio Upín	Desde entrada del casco urbano del municipio de Restrepo, hasta unión con caño Seco	Estético	25	4	-	3	5000	5000	5	A	4,5-9	A	A

Nota: Adaptado por Cormacarena (2011).

Con base a la información encontrada de las metas de reducción de carga contaminante del sector del caño Seco, se puede inferir que estas metas son propuestas como cumplimiento de las obligaciones de las empresas de servicio publico en el marco legal, considerando que la meta individual de reducción de la carga contaminante, está sujeta al pago de la tasa que se presenta ante la Autoridad Ambiental Competente en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. Además, se considera que los objetivos de calidad es el escenario de la calidad del cuerpo de agua para un periodo de tiempo determinado, mientras que las metas de reducción de cargas, es el compromiso que hace la empresa responsable de las descarga puntual al cuerpo de agua receptor caño Seco.

Los objetivos de calidad constituyen el mecanismo de articulación entre los instrumentos de planificación: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca – Plan de Ordenamiento del Recursos Hídrico y el instrumento económico - tasas retributivas por vertimientos. En consecuencia, los objetivos deben reflejar el escenario prospectivo que la autoridad espera del recurso y deben orientar las metas de reducción de carga contaminante (Villegas, 2011).

b) Manual de operación y mantenimiento de la PTAR: Dentro del Contrato 207 de 2015 de EDESA E.S.P denominando "Objeto del contrato: construcción de planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para el vertimiento de caño Seco en el municipio de Restrepo, Meta" firmado en agosto del 2018 se contempla el protocolo de operación y mantenimiento de la PTAR con la respectiva descripción de procesos y de unidades de tratamiento preliminar, secundario y manejo de lodos, igualmente la recepción de obra, arranque y puesta en marcha como parte inicial, además de requerimientos operacionales y de mantenimiento en el tratamiento e infraestructura, muestreo y análisis con parámetros de control en los procesos, asimismo considera el personal y las capacitaciones básicas para el funcionamiento operacional, y finalmente la identificación y soluciones de posibles problemas en la infraestructura o procesos de tratamiento para el vertimiento de caño Seco en el municipio de Restrepo- Meta.

El tratamiento que se realiza a las aguas residuales que llegan a la PTAR de Restrepo es anaeróbico mixto, donde el efluente proveniente del tratamiento preliminar se realiza con una rejilla colocada en la sección transversal del canal que dirige las aguas residuales a un desarenador, y se conducen por gravedad hacia el tratamiento secundario, el cual está constituido por un reactor UASB, 3 reactores RAP, el sedimentador secundario y 1 tanque para el mezclado y contacto de cloro, en tales estructuras se realiza la remoción de la carga orgánica, de los sólidos sedimentables y la eliminación de los coliformes (anexo 1) (AGUAVIVA S.A.E.S.P, 2018).

Los parámetros del influente que indica la empresa que se utilizaron en el diseño de la planta fueron los siguientes:

Parámetro	Valor
Caudal medio diario	18,90 L/s
Caudal máximo horario	44,42 L/s
Demanda biológica de oxígeno	250 mg/l
Eficiencia de tratamientos	80%

Como se observa en la figura 2, la PTAR está conformada por las siguientes unidades de tratamiento, según indica (AGUAVIVA S.A.E.S.P, 2018):

- **Cámara de llegada, reja gruesa y media:** es donde llega el caudal y se encuentra con un sistema de barras paralelas, lo cual impide que accedan a la planta de tratamiento de aguas sanitarias los sólidos de grandes dimensiones.
- **Desarenadores:** se remueve partículas tipo arenas de peso específico por encima de 1,3 g/mm^3 y diámetro superior a 0,2 mm
- **Vertederos Sutro:** por los cuales es posible la medición del caudal que está siendo enviado hacia el proceso de tratamiento secundario.
- **Reactor UASB:** al finalizar la fase preliminar, el efluente pasa a la cámara de salida, donde las aguas son conducidas por gravedad hacia el reactor UASB desde esta estructura se efectúa la remoción del 50% de la materia orgánica.
- **Reactores RAP:** es una estructura con 3 compartimientos que contiene un lecho de contacto compuesto por material de relleno plástico, en el cual crece adherido una película biológica que efectúa la remoción de la materia orgánica. Cada dispositivo tiene un diámetro de 189 mm y una altura de 49 mm, cuenta con una superficie específica de 100 m^2/m^3, son fabricados en resina de polipropileno virgen.
- **Sedimentador secundario:** en esta unidad de tratamiento se elimina los sólidos en suspensión desprendidos en los reactores UASB.

- **Tanque de cloración y contacto:** al efluente de la unidad de sedimentación, es necesario realizarle una desinfección química con cloro, mediante el cual se pretende la destrucción de los organismos patógenos presentes en éstas aguas.
- **Lechos de secado:** consisten de 6 celdas con 3,35 m de ancho por 6,00 m de longitud, es un proceso de deshidratación, para lograr la separación en una torta densa que contiene los sólidos, y un líquido diluido (lixiviado).

c) Plan de gestión de Riesgo: Mediante resolución PM-GJ 1.2.6.15.813 del 05 de Junio del 2015 se aprueba el plan y se acoge al concepto técnico número PM-GA 3.44.15.1169 por parte de Cormacarena en cumplimiento con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 y Resolución 1514 del 2012, se verificó como parte de una revisión documental para establecer un diagnóstico de riesgos operacionales de la planta que se contemplan en este documento; se observó que contaba con la descripción del Sistema de Gestión de Vertimiento (SGV), así como del área de influencia, análisis y priorización de los riesgos que pude generar el SGV al medio, además de los originados en el medio que afectar la operación y el funcionamiento del sistema, igualmente contempla acciones de reducción y manejo de desastre para los riesgos priorizados, de esta manera poder evitar afectaciones en la salud de la comunidad y en la calidad del medio receptor.

En la matriz de valoración de riesgos se encontró con mayor recurrencia las condiciones naturales de la zona y la intervención sobre el medio, como posibles impactos negativos sobre el ambiente y por consiguiente, sobre las comunidades aledañas; además, existe gran probabilidad de eventos como la sismicidad, licuación y de formación del terreno. En cuanto al proceso de reducción del riesgo asociado al sistema de gestión del vertimiento; se toman medidas de mitigación estructural y no estructural. Para las medidas estructurales están enfocadas al cumplimento de la norma sismo resistente NSR10, realizar estudios locales para el diseño de obras para mejorar la respuesta del terreno. En cuanto a no estructurales se consideró capacitar a trabajadores, tener un sistema de comunicación de emergencia en el área de influencia del vertimiento y diseños de medidas de limpieza del cauce de caño Seco.

d) Permiso de vertimientos: Mediante resolución PM-GJ 1.2.6.15.813 del 05 de Junio del 2015 se aprueba el permiso vertimientos para un caudal de 18,9 l/s y se acoge al concepto técnico número PM-GA 3.44.15.1169 del 05 de Junio de 20015, otorgando Cormacarena el permiso de vertimientos de agua residual doméstica, provenientes del casco urbano el municipio de Restrepo, a ser vertidas a caño Seco por la empresa de servicio públicos de Restrepo AGUAVIVA S.A E.S.P., considerando la evaluación ambiental del vertimiento en función de su capacidad de asimilación y de los usos y criterios de calidad establecidos por la autoridad ambiental y en cumplimiento de los requerimientos que establece el Decreto 1076 de 2015 sobre el trámite de este permiso ambiental.

e) Informes de análisis de calidad de agua de la fuente receptora: Se encontró en los informes de caracterización de agua residual los estudios de calidad de agua de la fuente receptora caño Seco con los parámetros físico-químicos, estos fueron realizados por el Instituto de Higiene Ambiental S.A.S acreditado por el IDEAM, la interpretación de los análisis en torno a las muestras fue en relación a la Resolución 0631 de 2015, además los muestreos se realizaron en el punto denominado *Salida PTAR* ejecutando un muestreo compuesto de mediciones in situ de caudal, pH, temperatura y sólidos sediméntales, y medición en el laboratorio de DBO, DQO y Solidos suspendidos totales en los meses de marzo, julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2018.

f) Información sobre los parámetros de calidad del vertimiento: Se encontró la información de los parámetros físico-químico de pH, temperatura, sólidos sediméntales, DBO, DQO, solidos suspendidos totales y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua donde se estableció el incumplimiento con la resolución 0631 de 2015 de acuerdo a los informes de análisis de laboratorio realizados por el instituto de Higiene Ambiental S.A.S para la empresa AGUAVIVA S.A.E.S.P, además de considerar los objetivos de calidad del cuerpo de agua receptor Caño Seco que establece Cormacarena para el cumplimiento del PSMV para el estudio de caso de la PTAR del municipio de Restrepo, Meta.

2. Recopilacion de informacion primaria

En la visita de campo que se realizó en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Restrepo-Meta se adelantó inspección ocular a los procesos e infraestructura, se reconoció el estado del sistema de tratamiento y el vertimiento de aguas residuales que se generan al cuerpo de agua caño Seco y caño Lata, como se muestra a continuación:

Figura 3.Planta de tratamiento de agua Residual, operada por AGUAVIVA S.A E.S.P, por Paredes, 2020.

.

Esta inspección ocular se basó en la información documental que la empresa reporto en la entidad, y se realizo con el fin de determinar el estado de las instalaciones y otros posibles hallazgos, aunque no se obtuvo información con presencia de fugas en los procesos unitarios, si el personal ha sido capacitado, cuándo fue la última vez del mantenimiento, entre otras; puesto que en esta visita de campo a la PTAR se obtuvo información mediante un formato donde solo se tomaron datos de información básica para la evaluación (anexo 3), las instalaciones se pueden observar en las siguientes imágenes:

Figura 4.Planta de tratamiento de agua Residual, operada por AGUAVIVA S.A E.S.P, por Paredes, 2020.

Figura 4. Reactor UASB y tres reactores RAP, por Paredes, 2020.

Figura 5. Lechos de secado, por Paredes, 2020.

Figura 6. Equipos de dosificación de cloro y tanque de mezclado, por Paredes, 2020.

Figura 7. Canaleta de desinfección, por Paredes, 2020.

De acuerdo a las actividades ejecutados en la Contraloría Departamental del Meta, en función a establecer un diagnostico operacional de la PTAR se realizó mediante la revisión de documentos operacionales enviados por la empresa y en la visita de campo se validó esta información descrita del funcionamiento operacional.

De manera general, se observó que cuenta con una estructura de buena calidad en las unidades de tratamiento y en las conexiones de tuberías sin evidenciar presencia de fugas o desgaste de la infraestructura, pues se encuentran libres de fisuras y perforaciones; pero se puede presentan posibles fallos en la planta en torno al sistema anaerobio mixto, principalmente en el reactor UASB y los reactores RAP, puesto que en los análisis de parámetros fisicoquímicos realizados por el Instituto de Higiene S.A.S se evidencia el incumplimiento de parámetros de DBO y DQO, posiblemente esto se debe a que el sistema se colmata de sólidos y los reactores no cumplen su funcionabilidad de efectuar la remoción de materia orgánica; además, se observó que no se tiene señalización donde se encontraba estos equipos para contemplar el riesgo operacional que están expuestos los operarios de la PTAR, por posibles peligros de explosiones por las reacciones que ocurren dentro del reactor. Igualmente, se presenta problemas de malos olores y se evidencia la ausencia de personal permanente para la limpieza de estos procesos y otras actividades operacionales como se especifica en el manual de operación y mantenimiento de la PTAR.

La empresa AGUAVIVAS.A. E.S.P indica en el manual de operación y mantenimiento que:

El mantenimiento de las unidades de tratamiento de la PTAR se debe en general, al cuidado en la operación, inspección, limpieza, y conservación de las estructuras que conforman la PTAR; programa de muestreo puntual y/o compuesto, de mediciones y pruebas a realizarse en condiciones de rutina; la limpieza de las instalaciones de la PTAR debe efectuarse a diario, para ello el personal encargado debe realizarla. Para el mantenimiento de los reactores, deben colocarse avisos de advertencia sobre el riesgo de explosiones generadas por chispas, fuegos, etc. No se permite fumar en las inmediaciones de la planta; para la operatividad de los reactores se debe modificar el contenido de sólidos volátiles en el efluente como una forma de controlar la cantidad de biomasa en el reactor, esto cuando el contenido de sólidos sea superior a 60 mg/l, para esto es necesario o revisar el funcionamiento hidráulico del sedimentador o drenar los lodos para disminuir la altura del manto interno (AGUAVIVA S.A.E.S.P, 2018).

Por este motivo, se debe solucionar los posibles problemas que se pueden estar presentando por obstrucciones y acumulaciones de agua, lodos flotantes, de alta DBO del efluente, malos olores, que se describe detalladamente como resolverlos en el manual de operación y mantenimiento de la PTAR.

El vertimiento generado en la salida de la PTAR al cuerpo de agua receptor caño Seco se evidencia en la figura 9.

Figura 8. Punto de vertimiento al caño seco después del tratamiento de las aguas residuales, por Paredes, 2020.

Figura 9. Caño Seco del Municipio de Restrepo, Meta, por Paredes, 2020.

Igualmente se observó al otro punto de vertimiento (ver figuras 11 y 12), por la importancia de la construcción de la PTAR para este sector occidental, siendo una de las metas que se contempla dentro del PSMV de la empresa AGUAVIVAS.A.E.S.P., este procede de la disposición de aguas residuales domesticas directamente al cuerpo de agua caño Lata sin ningún tipo de tratamiento y posteriormente llega al rio Upín.

Figura 10. Caño Lata del Municipio de Restrepo, Meta, por Paredes, 2020.

Figura 11. Punto de vertimiento de aguas residuales al caño Lata, por Paredes, 2020.

Se pudo evidenciar la mala calidad del agua debido a las aguas residuales vertidas en este cuerpo de agua, pues no cuenta con un tratamiento de aguas de tal manera que se afecta el recurso hídrico (CDM, 2019).

8.2. FASE II: Establecer el cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de la empresa AGUA VIVA S.A E.S.

8.2.1. Determinar el cumplimiento del PSMV y los parámetros fisicoquímicos con la normatividad de vertimientos.

Con base a la fase I del diagnóstico operacional de la PTAR del municipio de Restrepo-Meta, se estableció el cumplimiento del Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV) que debe constituir la empresa AGUAVIVA S.A E.S. P, mediante la elaboración de un informe definitivo de evaluación de vertimiento.

En la revisión del PSMV, se encontró que la cuenca del río Upín del municipio de Restrepo cuenta con el sector oriental y el occidental, por este motivo, existen dos sistemas de alcantarillado independientes. El sector oriental comprende los barrios centrales del municipio y el barrio Villa Reina, los cuales generan un vertimiento en caño Seco y el sector occidental del municipio tiene vertimiento en el caño Lata que es afluente del caño Caraño, los cuales desembocan al río Upín, actualmente no cuenta con planta de tratamiento de aguas residual, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 8. Estado de las plantas de tratamiento de aguas residual (PTAR) 2018

MUNICIPIO		TRATAMIENTO		FUNCIONA		CUERPO RECEPTOR
		SI	NO	SI	NO	
RESTREPO	Oriental	X		X		Caño Seco
	Occidental		X		X	Caño Lata/ Rio Upín

Nota:Informacion tomada de la empresa (CDM, 2019)

La falta de construcción de la PTAR en el sector occidental, genera vertimientos de aguas residuales domestias en el caño Lata, causando grandes afectaciones en el equilibrio natural de la fuente hidrica, por este motivo, es necesario la ejecucion y puesta en marcha de esta obra para garantizar el tratamiento de estas aguas residuales y mejorar la calidad de vida de los habitantes de este sector del municipio de Restrepo-Meta.

En el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos se establecio 9 metas de ejecución para un determinado año, de las cuales se calcularon 2 indicadores de cumplimiento de las metas 2 y 5, conforme a los porcentajes presentados y la descripción del cumplimiento , mediante la siguiente formula:

$$(\text{Ejecución}/_{Meta})*100\%$$

Donde el dato denominado como meta, es el porcentaje de cumplimiento que se propone en un tiempo determinado en las metas del PSMV y el valor llamado ejecución, es el porcentaje de cumplimiento que ha alcanzado la empresa, que fue encontrado a partir de la información secundaria de las actividades que ha realizado la empresa AGUAVIVA S.A.E.S.P en función al cumplimiento del PSMV; igualmente, como función de la Contraloría Departamental del Meta en la verificación del cumplimiento de estas metas, se realiza la descripción de los avances encontrados de acuerdo a la información reportada por la empresa en la entidad (tabla 8).

Tabla 9. Indicadores de cumplimiento de metas del PSMV de la empresa AGUAVIVA S.A.E.S. P.

Metas del PSMV	**Descripción**	**Meta**	**Ejecución**	**Indicador de cumplimiento**	**Incumplimiento**	**Avance**
Meta 1	*"Perdidas del sistema de acueducto <50% al año 2009"*	<50%		100%	0%	100% ejecutado.
Meta 2	*"Entre los años 2006-2009 llegar a cobertura del 95% micro medición"*	95%	60%	63%	37%	Se tiene cobertura del 60% del municipio
Meta 3	*"Al año 2007 tener 100% cobertura macro medición calibrada y operando"*	100%		100%	0%	100% ejecutado.
Meta 4	"*Numero de vertimientos puntuales eliminados. Corto plazo: desde la presentación del PSMV hasta el 2 año y mediano plazo: desde el 2 hasta el 5 año. Vertimientos puntuales existentes hasta generar un vertimiento unificado por cada una de las dos áreas de drenaje a caño seco y caño Caraño- río Upín*"			50%		Se asume un 50% de cumplimiento porque el vertimiento del sector caño seco fue eliminado por la construcción y funcionamiento de la PTAR a partir del 2017
Meta 5	*"La cobertura del servicio de alcantarillado de aguas residuales semi combinado será de 100% para el año 2011"*	100%	88%	88%	12%	El sistema de alcantarillado cuenta con una cobertura del 88% construida, un 85.5% en tubería PVC y el restante en tubería de Gres. Se debe realizar el mantenimiento a las cámaras de inspección averiadas y continuar con instalación de tubería faltante: 4330m de tubería en PVC

Tabla 10. Continuación

Meta 6	"*Al año 2011 se tendrán colectados los 16,4 L/sg de agua residual generada en el área del sector del río Upín*"	16,4		0%	100%	No se cuenta con PTAR para el sector del rio Upín, se realiza vertimientos directos al rio Upín, al caño Caraño y Balcones siendo afluentes del río Upín
Meta 7	"*Al año 2011 se tendrán colectados los 17,7 L/sg de agua residual generada en el área del sector de caño seco*"	17,7	21,5	100%	0%	Construcción y funcionamiento de la PTAR en el área del sector de caño seco. Contratos de inversión de recursos para la operación y mantenimientos de redes de alcantarillado.
Meta 8	*"Construcción, reposición y rehabilitación de redes de alcantarillado, colectores e interceptores hasta el sitio previsto para los vertimientos definitivos en cada uno de los dos sectores, entre los años 2008 y 2010".*				No aplica	Cobertura de la red de alcantarillado del 88% en el área urbana de Restrepo. Falta de construcción de la PTAR para el sector del rio Upín.
Meta 9	"*Construcción y puesta en marcha de un sistema de tratamiento por cada una de las dos áreas de drenaje a caño seco y caño Caraño-río Upín en el año 2011, que cumpla con la reducción en carga contaminante del 40-60%"*	40%-60%			No aplica	Construcción y funcionamiento de la PTAR para el área de drenaje a caño seco a partir del 2017. Las metas de reducción de carga contaminante para el corto, mediano y largo plazo no están definidas por fuente receptora, caño Caraño y caño Seco

Nota: Información de (CDM, 2019).

Se evidenció en las metas propuestas en el PSMV que la meta 1 y 3 tuvieron un cumplimiento del 100% de ejecución, lo cual significa que no se presentan perdidas en el sistema de acueducto superiores al 50% en el municipio, y que se cuenta con la calibración de la cobertura de macro medición en la PTAR; la meta 7: "*Al año 2011 se tendrán colectados los 17,7 L/sg de*

agua residual generada en el área del sector de caño seco" también tuvo un 100% de cumplimiento, superando las expectativas pues se recolecta 21,5 l/s de agua residual por la construcción y operación de la PTAR, es decir, este valor de cumplimiento indica que las aguas residuales del sector oriental están siendo tratadas, generando una mejor calidad del vertimiento en el cuerpo de agua receptor.

En cuanto a la meta 2, es conforme a la cobertura de micro medición del municipio, presentando un cumplimiento del 63%; la meta 4, se obtuvo como avance: *"Vertimiento eliminado del sector de caño seco por la construcción y funcionamiento de la PTAR a partir del 2017",* considerando que un vertimiento no puede ser eliminado del cuerpo de agua, solamente se realiza un tratamiento mediante la PTAR de este sector y se hace énfasis que para poder unificar los puntos de vertimientos del municipio, es necesario la recolección de estas aguas residuales con un adecuado sistema de alcantarillado; la meta 5, indica que: *"La cobertura del servicio de alcantarillado de aguas residuales semi combinado será de 100% para el año 2011",* teniendo un 88% de cumplimiento lo cual significa que hace falta la completa ejecución, posiblemente por temas de inversión y esto implica que si no se tiene un 100% de cobertura del sistema de alcantarillado, no se puedan tratar la totalidad de las aguas residuales en la PTAR.

La meta 6 tuvo un 0% de avance: "*Al año 2011 se tendrán colectados los 16,4 L/sg de agua residual generada en el área del sector del río Upín*", por la falta de construcción de la PTAR para este sector occidental, lo cual genera problemas de contaminación en la fuente hídrica, que repercute en la salud de los habitantes de este sector por las descargas de aguas residuales no tratadas en este cuerpo de agua. Por otra parte, en la meta 8 y 9 no se calculó un indicador de cumplimiento, sin embargo, en la meta 8 se tiene como avance: *"Cobertura de la red de alcantarillado del 88% en el área urbana de Restrepo. Falta de construcción de la PTAR para el sector del rio Upín",* es decir, la meta no se cumple por la falta de construcción de la PTAR que trate las aguas residuales del vertimiento en el sector occidental del municipio, considerando de gran importancia en el cumplimiento de las metas del PSMV; en la meta 9, se estable "*Construcción y puesta en marcha de un sistema de tratamiento por cada una de las dos áreas de drenaje a caño seco y caño Caraño- río Upín en el año 2011, que cumpla con la reducción en carga contaminante del 40-60%",* se puede determinar según el diagnóstico operacional que se presenta el incumplimiento de metas de reducción de carga contaminante por posibles problemas

operacionales que son evidentes en los análisis de parámetros fisicoquímicos que determinó la empresa AGUAVIVAS.A E.S.P (Contraloria Departamental del Meta, 2019).

Además, se verificó la caracterización con los parámetros fisicoquímicos de Temperatura, pH, Sólidos Sedimentales, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Biologica de Oxigeno (DBO) y Demanda Quimica de Oxigeno (DQO) en la salida de la PTAR, que midió el Instituto de Higiene Ambiental S.A.S certificado por el IDEAM, los meses de marzo, julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2018; cabe resaltar, que la empresa AGUAVIVA S.A.E.S.P. solo consideró estos parámetros fisicoquímicos del vertimiento realizado al cuerpo de agua caño Seco siendo insuficientes con respecto a los parametros que asume la normatividad de vertimientos.

Se realizó el análisis del cumplimento de la Resolución 0631 de 2015 del artículo 8º. "Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas, (ARD) de las actividades industriales, comerciales o de servicios; y de las aguas residuales (ARD Y ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales con una carga menor o igual a 625,00 kg/día DBO5", con respecto a la temperatura (Tº), sólidos sedimentables, pH y solidos suspendidos, de tal manera se encontró que se ajustan a las exigencias de la norma, como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 11. Cumplimiento en los Análisis de Agua Residuales (pH, Tº, SÓLIDOS SEDIMENTABLES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES).

Mes	Registro concentración muestra en la salida de la PTAR				Concentración Resolución 0631/2015				Cumplimiento	
									SI	NO
	pH	Sólidos Sedimentables(mL/l)	Sólidos suspendidos totales(mg/l)	Tº	pH	Sólidos Sedimentables(mL/l)	Sólidos suspendidos totales(mg/l)	Tº		
Marzo 2018	7,28	1,8	90,00	27,8	6.00-9.00	5.00	90.00	40	X	
Julio 2018	7,6	1,4	13,3	26	6.00-9.00	5.00	90.00	40	X	

Tabla 12. Continuación

Septiembre 2018	**8,0**	**<1,0**	**<1,0**	**27**	**6.00-9.00**	**5.00**	**90.00**	**40**	**X**	
Octubre 2018	8,1	1,0	45,3	29	6.00-9.00	5.00	90.00	40	X	
Noviembre 2018	7,40	<0,1	9,00	27	6.00-9.00	5.00	90.00	40	X	
Diciembre 2018	8,1	1,0	45,3	29	6.00-9.00	5.00	90.00	40	X	

Nota: *Valores tomados del muestreo del Instituto de Higiene Ambiental S.A.S por* (AGUAVIVA S.A.E.S.P, 2018).

Se observa el registró del pH del muestreo en los diferentes meses del año 2018, se presentaron valores de 7,28 a 8,1; se determinó que se cumple con el rango de 6 a 9 que establece la Resolución 0631 del 2015 y se conoce un rango óptimo indicando neutralidad en cuanto a la influencia que tiene en los procesos químicos del agua, como en la actuación de los floculantes y tratamientos de depuración, entre otros, por lo tanto, estos parámetros permiten asegurar un equilibrio químico y térmico de aguas receptoras; esto permite inferir que no existe amenaza de contaminación sobre el cuerpo de agua receptor caño Seco.

La temperatura presenta en todos los meses de muestreó valores por debajo del valor de referencia de 40 ºC, teniendo como valor máximo de 29 ºC en los meses de octubre y diciembre os sólidos sedimentables que se presenta durante los muestreos en el año 2018 son valores dentro de los límites máximos permisible establecido por la Resolución 0631 de 2015 de 5 mg/l, con valores menores a 0,1 mL/l en el mes de noviembre hasta 1,8 ml/l registrado en el mes de marzo. Segun los datos presentados de tempratura se establece un valor medio de 27,6 °C, siendo una variable que depende de las reacciones que ocurre en el agua durante el día del muestreo, y del brillo solar (Atencia, 2007).

En los sólidos suspendidos totales se presentan valores menores a 1 mg/l en el mes de septiembre hasta 90 mg/l en marzo, cumpliendo con el valor de referencia de 90,00 mg/l establecido en la normatividad, lo cual representa la materia flotante en suspensión y coloide de

naturaleza orgánica e inorgánica (Atencia, 2007), que para el objeto de estudio se presentan valores aceptables que influyen en la calidad del vertimiento. En cuanto a los sólidos sedimentables, son aquellos que están formados por partículas más densas que el agua, estando dispersas en ella, debido a la fuerza de arrastre generada por la turbulencia de la corriente, sedimentando por acción de la gravedad, este parámetro es una medida indirecta de la turbulencia donde se realiza el muestreo, lo cual significa que es el volumen de lodos que fueron removidos en las unidades de sedimentación de la planta de tratamiento; en el muestreo, se encontró este parámetro dentro de los rangos establecidos por la normatividad. Estos parámetros de Temperatura, pH, Solidos sedimentables y Solidos totales tienen valores de cumplimiento con la normatividad vigente y se determina que no se presenta alteración del cuerpo de agua por estos parámetros del vertimiento en la salida de la PTAR.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y la Demanda Química de Oxigeno (DQO) permiten medir la cantidad de materia orgánica que está presente en el agua, respecto al análisis de estos parámetros se realizó la comparación con la normatividad encontrando los siguientes datos:

Tabla 13. Cumplimiento en los Análisis de Agua Residuales (DBO Y DQO), por AGUAVIVA S.A E.S.P.

Mes	Registro concentración muestra		Resolución 0631/2015		Cumplimiento	
					Si	No
	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)		
Marzo 2018	238	535	90	180		X
Julio 2018	31,0	71,1	90	180	X	
Septiembre 2018	140	315	90	180		X
Octubre 2018	13,2	<32,0	90	180	X	
Noviembre 2018	103	220	90	180		X
Diciembre 2018	102	213	90	180		X

Nota: *Valores tomados del muestreo del Instituto de Higiene Ambiental S.A.S por* (AGUAVIVA S.A.E.S.P, 2018).

Se evidenció que los meses del registro de análisis de las aguas residuales en el punto de vertimiento, comparados con la normatividad presentan un incumplimiento en los valores máximos permisibles de los parámetros de DBO en marzo de 238 mg/l, septiembre de 140 mg/l, noviembre de 103 mg/l y diciembre de 102 mg/l y en el parámetro DQO en marzo de 535 mg/l, septiembre de 315 mg/l, noviembre de 220 mg/l y diciembre de 213 mg/l pues la resolución 0631 de 2015 tiene como valores de referencia para DBO de 90,00 mg/L y DQO de 180,00 mg/L. Mientras que en el mes de julio y octubre se cumple con los parámetros físicos químicos y sus valores máximos permisibles de aguas residuales que establece la Resolución 0631 de 2015 para el vertimiento del cuerpo de agua receptor caño Seco.

Conforme a la verificación del cumplimiento de estos datos con la normatividad, se puede inferir que la mayoría de los meses del muestreo presentaron valores inaceptables lo cual representa una afectación por materia orgánica en la fuente. La DQO es la cantidad de oxigeno que se requiere para oxidar los componentes el agua con un oxidante químico, lo cual se asume que presenta altos niveles de carga orgánica; la DBO es la cantidad de oxígeno disuelto que necesita los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable que se encuentra en el agua, este incide en la eficacia del tratamiento depurador de la planta (Solano, 2011).

Por sobrepasar estos valores de DBO y DQO, teniendo una afectación de contaminación al cuerpo de agua receptor caño Seco por altos niveles de materia orgánica, como se menciona en la fase diagnóstico del presente proyecto se puede considerar que existe ineficiencia en el funcionamiento operacional por el tratamiento secundario, el cual es un proceso anaeróbico mixto, que se realiza por medio de cultivo en suspensión (UASB), seguido por un cultivo fijo (RAP), estos son tratamientos biológicos que se efectúan para la remoción de materia orgánica, es decir, de estos dependen la remoción de DBO y DQO en el vertimiento al cuerpo de agua caño Seco; por lo tanto, estas unidades de tratamiento no están siendo eficientes en el tratamiento de las aguas residuales, considerando que son parámetros importantes del vertimiento que están alterando el ecosistema del cuerpo de agua receptor representando un riesgo alto de contaminación. Por tal motivo, se requiere la revisión constante del funcionamiento operacional y mantenimiento de los reactores de la planta, en cuanto a la eficiencia en la remoción de materia orgánica en el efluente.

Ademas, el PSMV busca el cumplimiento de las cargas contaminantes, debido a la tasa retributiva de los parámetros de DQO y DBO, donde apuntan los programas, proyectos y

actividades planteadas en el horizonte de 10 años, en la reducción de dichas cargas contaminantes en este tiempo; y están unidos con los objetivos de calidad de la fuente.

Por otra parte, en la Contraloría Departamental del Meta se realizó un informe, donde se enfatiza que al municipio de Restrepo le hace falta el tratamiento de aguas residuales domésticas del sector suroccidental, vertimiento que se está realizando en la fuente superficial del caño Lata y luego desemboca en el río Upín. Por esto, la empresa de Servicios Públicos AGUAVIVA S.A E.S.P., mediante el oficio con radicado interno No.3477 del 10 de octubre de 2019, manifiesta que destinó en su presupuesto una sección para la inversión de recursos, para las actividades procedentes del PSMV, para los sistemas de tratamiento de aguas residuales señalando que:

"De acuerdo a esto se han a fin de garantizar su funcionamiento, operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales construida para el sector de caño Seco y monitoreo de su vertimiento"

Según lo anterior se determinó que durante la vigencia 2018 la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P realizó contratos de inversión para el cumplimiento del PSMV, los cuales corresponden a continuación:

Tabla 14. Contratos inversión Empresa de Servicios Públicos de Restrepo.

NO. DE CONTRATO	***CONTRATANTE***	***CONTRATISTA***	***OBJETO***
015 de 2018	*EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE RESTREPO – AGUAVIVA S.A. ESP. NIT: No.900.010.387-2*	*JUAN CARLOS RIVERA ROJAS C.C. 479.601 DE RESTREPO*	*"ADICION No1 AL CONTRATO No. 015 DE 2018 CUYO OBJETO ES: "PRESTACION DE SERVICIOS DE ORNAMENTACION PARA LAS DIFERENTES ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE RESTREPO AGUAVIVA S.A E.S.P."*

Tabla 15. Continuación

041 de 2018	*EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE RESTREPO – AGUAVIVA S.A. ESP. NIT: No.900.010.387-2*	*BLANCA STELLA CHITIVA URREA C.C. 40.395.902 DE VILLAVICENCIO ESTABLECIEMIENTO DE COMERCIO: FERRETERIA OLIMPICA*	*"SUMINISTRO DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO, MATERIALES DE FONTANERIA Y ELEMENTOS DE FERRETERIA NECESARIOS PARA LA OPTIMA PRESTACION DE LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO , ALCANTARILLADO Y ASEO SUMINISTRADOS PÒR LA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE RESTREPO AGUAVIVA S.A E.S.P."*
046 de 2018	*EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE RESTREPO – AGUAVIVA S.A. ESP. NIT: No.900.010.387-2*	*FF SOLUCIONES S.A NIT: 860.030..360-5 R/L: HUGO ALBERTO FORERO VARGAS C.C 79.468.726 DE BOGOTA*	*ADQUISICIÓN DE TAPAS PARA POZO QUE GARANTICEN LA OPTIMA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO QUE PRESTA LA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE RESTREPO AGUAVIVA S.A E.S.P."*
052 de 2018	*EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE RESTREPO – AGUAVIVA S.A. ESP. NIT: No.900.010.387-2*	*MARCELA RESTREPO ESTRADA C.C 40.391.596 DE VILLAVICENCIO ESTABLECIMIENTO DE COMERCIO: FERRETERIA Y DEPOSITO BOLIVAR*	*"ADQUISICIÓN DE MATERIALES Y ACCESORIOS QUE GATANTICEN OPTIMA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ALCANTARILLADO QUE PRESTA LA EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE RESTREPO AGUAVIVA S.A E.S.P."*
045 de 2018	*EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE RESTREPO – AGUAVIVA S.A. ESP. NIT: No.900.010.387-2*	*UNION TEMPORAL RED COLECTOR 2018 NIT. Nº 901.234.536-9 R/L EIMAR ADRIAN VELASQUEZ GUTIERREZ C.C Nº 86.075.095 DE VILLAVICENCIO*	*CONSTRUCCION DEL COLECTOR DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CONDUCCION DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL HOGAR GERIATRICO DEL MUNICIPIO DE RESTREPO-META"*

Fuente: Información reportada por (AGUAVIVA S.A.E.S.P, s.f.).

A pesar de los proyectos de inversión que realiza la empresa AGUAVIAS.A E.S.P. para el cumplimiento de las metas del PSMV, se determina que no son suficientes para su ejecución; por esto, la entidad como ente de control fiscal debe evaluar estos contratos en términos monetarios para establecer el adecuado manejo de los recursos del municipio, dando cumplimiento del PSMV que garantiza el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos del municipio y el bienestar de la comunidad, además la empresa debería hacer inversión en la construcción y puesta en marcha de la PTAR para el sector del rio Upín e igualmente en el mejoramiento del funcionamiento operacional de la PTAR del sector de caño Seco, asegurando la eficiencia operacional en términos de reducción de cargas contaminantes.

8.2.2. Calculo de ICOs.

Los cálculos de ICOs se realizaron para conocer la afectación por contaminación al cuerpo de agua caño Seco, debido a que no se pudo ejecutar el muestreo de parámetros fisicoquímicos del vertimiento de la PTAR en la pasantía, se tomaron los datos de los muestreos en los diferentes meses del año 2018, obtenidos por información suministrada por la empresa AGUAVIVAS.A.E.S.P y se obtuvo los siguientes resultados con base a la clasificación de los índices de contaminación:

- **Estimación del índice de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS)**

Este índice representa la contaminación generada a la fuente hídrica por sólidos suspendidos, siendo aquellos compuestos inorgánicos en suspensión que están presentes en el cuerpo de agua, los valores obtenidos en los muestreos indican que se encuentra dentro de los valores máximos permisibles por la Resolución 0631 de 2015. En la tabla 14, se evidencia los cálculos del ICOSUS, para el mes de marzo se realizó este cálculo de la siguiente manera:

$$ICOSUS = -0{,}02+0{,}003*90=0{,}25$$

Tabla 16. Valores de ICOSUS del vertimiento a caño Seco, por Paredes, 2020

Mes del 2018	**ICOSUS**	**Grado de contaminación**	**Escala de color**
Marzo	0,25	Baja	Verde
Julio	0,0199	Ninguna	Azul
Septiembre	0	Ninguna	Azul
Octubre	0,1159	Ninguna	Azul
Noviembre	0,007	Ninguna	Azul
Diciembre	0,1159	Ninguna	Azul

Nota: Elaboración propia con relación de los datos obtenidos de solidos suspendidos totales en el muestreo al cuerpo de agua receptor caño Seco, por (AGUAVIVA S.A.E.S.P, s.f.).

Conforme a los valores obtenidos del cálculo de este índice, se evidencia que en el mes de marzo a pesar de presentar el valor más alto de concentración con 90 mg/l en el muestreo por solidos suspendidos totales, se obtuvo un grado de contaminación "baja" y los otros meses del año 2018 de muestreo tiene "ningún" tipo de contaminación, es decir, que el parámetro de solidos suspendidos no causa afectación por depósitos de fangos o condiciones anaerobias en el cuerpo de agua.

- **Estimación del índice de contaminación por Índice de contaminación de pH (ICOpH) e Índice de contaminación de temperatura (ICOTEMP)**

En el mes de marzo, se calculó el ICOpH de la siguiente manera:

$$\text{ICOpH} = \frac{e^{-31,08+3,45*7,28}}{1+e^{-31,08+3,45*7,28}}$$

$$\text{ICOpH} = \frac{e^{-5,964}}{1+e^{-5,964}} = 0,00256$$

Los datos calculados con relación al pH (ICOpH) y temperatura (ICOTEMP), se basaron a los valores de los parámetros fisicoquímicos encontrados en los muestreos del año 2018 por el Instituto de Higiene Ambiental S.A.S y se evidencian en la siguiente tabla:

Tabla 17. Valores de ICOpH e ICORTEMP del vertimiento de caño Seco

Mes del 2018	**ICOpH**	**ICOTEMP**	**Grado de contaminación**	**Escala de color**
Marzo	0,00256	0	Ninguna	Azul
Julio	0,00769	0	Ninguna	Azul
Septiembre	0,0298	0	Ninguna	Azul
Octubre	0,0416	0	Ninguna	Azul
Noviembre	0,0038	0	Ninguna	Azul
Diciembre	0,0416	0	Ninguna	Azul

Nota: Elaboración propia con relación de los datos obtenidos de pH y temperatura en el muestreo al cuerpo de agua receptor caño Seco, por (AGUAVIVA S.A.E.S.P, s.f.).

De acuerdo a los datos obtenidos en la anterior tabla se debe mencionar que el pH depende del equilibrio carbónico y la actividad de los microorganismos acuáticos, el cálculo del índice de contaminación por pH que se obtuvo presenta “ningún” grado de contaminación al cuerpo de agua pues sus valores se encuentran entre 7-8, representando una neutralidad en el cuerpo de agua caño Seco (Torres Solano, 2008).

Igualmente, en cuanto a temperatura del vertimiento se determina como un parámetro que se establece generalmente por la radiación solar con otros factores en la descarga y la parte superficial del agua, sus variaciones pueden causar afectación en las propiedades del agua; el índice de contaminación de temperatura al igual que en el ICOpH se obtuvo valores bajos menores a 0,2 lo cual significa que tiene “ningún” grado de contaminación que afecte las características del cuerpo de agua receptor caño seco. Este índice depende de la diferencia entre la temperatura del vertimiento y el cuerpo receptor, en todos los meses se obtuvo una diferencia entre ellos menor de 2,5ºC por lo tanto su valor fue de 0. Ese índice indica que el vertimiento mantiene un equilibrio térmico y por ende no causa alteraciones en el cuerpo de agua receptor en cuanto a la fauna y flora por intervención en la reproducción de especies que genera las descargas de aguas residuales con altas temperaturas, generalmente en las zonas tropicales la temperatura se mantiene constante (Cortolima, 2011).

8.3. Establecer el plan de mejoramiento de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P

Debido al incumplimiento del PSMV se estableció la necesidad de un plan de mejoramiento que realizó la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P como respuesta a las falencias que se encontraron desde la Contraloría Departamental del Meta, conforme a los resultadas del informe mencionado anteriormente, este plan fue enviado a la entidad y revisado para su ejecución ; este documento se enfatizó en estrategias de acción de mejora para los aspectos que se encontraron dificultades en el cumplimiento de los objetivos propuestos, con un proceso de actividades para su implementación en el cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos para mejorar la calidad de los cuerpos de aguas del municipio de Restrepo-Meta.

Una de las falencias más significativas que se encontró en el PSMV de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P, es el incumplimiento de los valores límites máximos permisibles de vertimiento que establece la Resolución 0631 de 2015, pues se presentan valores superiores de DBO (90 mg/L) y DQO (180 mg/L) teniendo una afectación de materia orgánica en el vertimiento, además de alterar el ecosistema del cuerpo de agua receptor caño Seco representando alto riesgo de contaminación por el vertimiento que realiza la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) mediante sistema anaerobio mixto donde se debería remover DBO y DQO de las aguas residuales domésticas del municipio. Para lo cual, la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P. remitió a la entidad las siguientes estrategias de mejoramiento:

Tabla 18. Plan de mejoramiento de AGUAVIVA S.A E.S.P.

Identificación de acción de mejora	**Actividades a realizar**	**Meta esperada**	**Ejecución**	**Tiempo(Fecha de inicio y fecha límite de finalización)**	**Responsable de la actividad**
Se llevará un control en el punto de vertimiento donde se realizará una caracterización a fin de determinar el nivel de remoción y tratamiento generado por la planta de tratamiento, dichos monitoreos se realizarán durante 3 veces al año al fin de determinar las acciones a tomar de acuerdo a los resultados que arroje la caracterización.	Caracterización del punto de vertimiento semestral	Reducción en los parámetros de DBO y DQO a fin de llegar a los establecidos por la resolución 0631 de 2015.	3 muestreos	Enero a Diciembre 2020	Gerencia y oficina de acueducto, alcantarillado y aseo

Tabla 19. Continuación

Se buscará realizar dos capacitaciones del personal operativo de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, con profesional idóneo en la operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales anaeróbico mixto a fin de mejorar la calidad y eficiencia en la ejecución del proceso.	Capacitación de personal operativo de la PTAR	Mejorar operatividad y eficiencia en el proceso tratamiento de aguas residuales	2 capacitaciones	Enero a Junio 2020(Semestral)	Oficina administrativa y financiera gerencia
Se realizará acompañamiento profesional por parte del jefe de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de AGUAVIVA, a fin de llevar un control detallado de las tareas ejecutadas por parte de los operarios a fin de garantizar la operación efectivo de la PTAR caño seco.	Seguimiento quincenal y monitoreo mediante formatos de control de operación	Mejorar operatividad y eficiencia en el proceso tratamiento de aguas residuales	Seguimiento quincenal	Enero a Diciembre 2020 (Anual)	Oficina administrativa y financiera

Nota: Información realizada por (AGUAVIVA S.A.E.S.P, s.f.).

Otro aspecto encontrado en la evaluación del cumplimiento del PSMV es que en el sector oriental del municipio de Restrepo-Meta tiene vertimiento actualmente en el caño Lata y posteriormente, llega al rio Upín, este no cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales vertiendo directamente al caño Lata sin ningún tipo de tratamiento con altas cargas contaminantes provenientes de la red de alcantarillado llegando al rio Upín como emisario final, considerando que es una meta de eliminación de vertimientos puntuales establecida en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento (PSMV) , es decir, el faltante en el vertimiento a caño Lata incumpliendo la Resolución 1433 del 2004, reglamentada en el artículo 12 del decreto 3100 del 2003, planes de saneamiento y manejo de vertimientos , y se adoptan otras disposiciones. Por lo cual la empresa AGUAVIVA S.A.E.S.P respondió ante la entidad con las siguientes acciones de mejoramiento:

Tabla 20. Acciones de mejoramiento con respecto a PTAR caño Lata.

Identificación de acción de mejora	**Actividades a realizar**	**Meta esperada**	**Ejecución**	**Tiempo (fecha límite de finalización)**	**Responsable de la actividad**
Actualmente se lleva a cabo por parte de EDESA S.A E.S.P. la actualización del PSMV del municipio de Restrepo documentos técnicos realizados mediante la ejecución del contrato 112 de 2018, por lo cual se realizara reiteración a EDESA S.A E.S.P para que agilice de manera pronta la entrega del documento a fin de iniciar su ejecución.	Reiterar mediante oficio a EDESA S.A E.S.P la pronta terminación del documento PSMV que está en actualización	Obtener al producto final del PSMV actualizado para llevarlo a concertación a CORMACARENA	Inmediato	23 de Diciembre de 2019	Gerencia y oficina de acueducto, alcantarillado y aseo
De la misma manera EDESA S.A E.S.P adelanta los ajustes al diseño de la PTAR del Upín la cual se debe ajustar para ser radicada ante el Gobierno Nacional, se solicitara ante EDESA S.A E.S.P. la pronta entrega de los diseños terminados a fin de presentarlo de manera definitiva a fin de buscar la asignación de recursos económicos para su ejecución.	Reiterar mediante oficio y realizar acompañamiento a EDESA S.A E.S.P. la pronta terminación de los diseños de la PTAR Upín.	Obtener los diseños definitivos con punto de vertimiento actualizado ante el Gobierno Nacional para su gestión.	Inmediato	23 de Diciembre de 2019	Gerencia y oficina de acueducto, alcantarillado y aseo

Nota: Información realizada por (AGUAVIVA S.A.E.S.P, s.f.).

Cabe resaltar que actualmente los estudios y diseños de la planta de tratamiento de agua residuales del sector suroccidental del municipio de Restrepo fueron proyectados en el lote propiedad del municipio de Restrepo, como nombre LOTE APARTE LA PALMA cédula catastral 0001-0003-0712-000, ubicado en las coordenadas 73º33’08.27”W; 4º14’14.12”N, la cual verterá sus aguas residuales sobre la fuente superficial rio Upín en las coordenadas 73º32’41.69”W;4º13’40.85”N, el diseño proyectado tratará únicamente las aguas residuales

domésticas provenientes del sector “distrito occidente PTAR La Pradera” y las transportara hacia río Upín. El vertimiento que se está realizando sobre la fuente superficial, caño Lata, tendrá como fuente receptora futura el rio Upín, por tal motivo, cuando se construya la PTAR, el actual vertimiento sobre el caño Lata, deberá ser clausurado.

8.4. FASE III: Diseño de protocolo de evaluación ambiental

En la Contraloría Departamental del Meta se diseñó un protocolo de evaluación ambiental con respecto a vertimientos, como instrumento para su función de vigilancia y control a las empresas o municipios del departamento del Meta, para garantizar la preservación y conservación del recurso hídrico, este protocolo se realizó para la entidad con base a la necesidad de tener estructurado un instrumento de gestión ambiental para vertimientos, que no se contaba en la entidad facilitando sus procesos en las funciones del control fiscal en el ámbito medio ambiental.

En este protocolo se especifica lo que se debe realizar cuando se hace evaluación al sistema de tratamiento, es un formato que está dividido por dos partes denominado vertimiento y planta de tratamiento de aguas residuales. En la sección de vertimiento, se describen preguntas generales en torno al PSMV y manejo del vertimiento. En la parte denominada como PTAR, los aspectos importantes que se tuvieron en cuenta es el funcionamiento operacional y mantenimiento de la planta, el estado de operarios, descripción del estado de la infraestructura, pruebas de laboratorio, y manejo de residuos asociados a la gestión del vertimiento.

El registro de los datos se realiza por el evaluador de la entidad en la visita de campo a la PTAR y se evalúa cada ítem con una pregunta, que se puede responder con un sí o no, según corresponda y se describe las posibles observaciones cualitativas con referencia al ítem evaluado, además se debe considerar como guía los anexos que están expliciticos en este formato; es importante señalar que para la evaluación del PSMV de la empresa de AGUAVIVA S.A E.S.P. en la visita técnica a la PTAR no se empleó este protocolo, sino un formato de información general del vertimiento al cuerpo de agua caño Seco (anexo 3).

Además, se realizó un flujograma del procedimiento que realiza la entidad en la evaluación a temas de vertimientos, para identificar las necesidades que tenía la entidad y evaluar los aspectos

ambientales y operacionales que no se estaban teniendo en cuenta en estos casos de evaluación de vertimiento en la contraloría; en este diagrama se consolidó lo que se obtuvo para este caso de estudio en la PTAR, donde se especifica que se obtuvo tablas, gráficos, indicadores de cumplimiento para la realización del informe definitivo como finalización que realiza en la contraloría en sus procesos de control fiscal dirigido a las empresas y en la cual se determinan los hallazgos según sea el caso de estudio en la entidad (anexo 2).

El protocolo de vertimientos se codificó para ser usado en la Contraloría Departamental del Meta como herramienta de la entidad (anexo 5), también se presenta el soporte de la elaboración de este protocolo en la entidad (anexo 4).

9. Discusión de resultados

Los objetivos de esta pasantía ejecutada en la Contraloría Departamental del Meta, se cumplieron durante el primer semestre del año 2020, para el caso de estudio del cumplimiento del PSMV de la empresa AGUAVIVIA S.AE.S.P del municipio de Restrepo-Meta, para dar respuesta a las quejas de la comunidad de Restrepo sobre problemáticas ambientales por vertimientos en las fuentes hidrias del municipio y se realizaron a partir de las funciones que ejecuta el ingeniero ambiental en la entidad.

Para el diagnostico operacional realizado a la PTAR, se reconoce el incoveniente de no contar con mayor informacion de datos operacionales de las unidades de tratamiento, lo cual impide una mejor visibilidad de la parte operativa de la planta; debido a la falta de un instrumento como el protocolo de evaluación de vertimientos realizado durante la pasantía que indica consideraciones operativas, sin embargo, se revisó el manual operacional y con la visita de campo se hizo una inspección ocular de los procesos de tratamiento, encontrando posibles fallas en los reactores anaerobios; se debe minimizar escapes de gases de los reactores, pues la planta de tratamiento anaerobio tiene que contar con un sistema que permita el manejo y disposición final del biogás que no genere impactos negativos en la comunidad residente en los alrededores, por explosiones o malos olores (Ministerio de Desarrollo Economico, 2000, p.80).

Considerando que en los reactores anaerobios tiene beneficios de eficiencias de remoción de materia orgánica, proporcionan un mejor grado de tratabilidad de las aguas residuales para las siguientes etapas, pues presenta mayor concentración de bacterias para tratar con velocidades de carga orgánica altas, además de disminuir los problemas de colmatación por sólidos; las limitaciones del proceso se debe al alto contenido de sólidos en las aguas residuales, por esto su aplicación debe ser monitoreada, también se generan malos olores si no es eficazmente controlado, el operador debe revisar diariamente las tuberías de entrada (Castillo & Marceliano, 2017).

Es importante cambiar las inconsistencias que están presentando en los reactores UASB y esto genera como resultado la ineficiencia en el tratamiento de las aguas residuales y como consecuencia el incumplimiento de las normas técnicas colombianas, además al estabilizar la planta a través de un buen tratamiento biológico y lograr el objetivo de dar cumplimiento a la Resolución 0631, 2015 (Sarmiento & Ovalle, 2020). Lo mencionado anteriormente

coincide con los resultados obtenidos en el caso de estudio de la PTAR del municipio de Restrepo-Meta.

De la misma manera, para el cumplimiento del PSMV se tuvieron en cuenta las metas propuestas mediante el cálculo de indicadores de cumplimiento, identificando el mayor incumplimiento en la meta de la eliminación de los puntos de vertimiento en el caño Lata y caño Seco, pues no se ha construido PTAR en el caño Lata generando afectaciones en la calidad del agua por la falta de tratamiento de las aguas residuales y en cuanto al vertimiento de caño Seco aunque se ha construido una PTAR, los análisis fisicoquímicos de los parámetros de DBO y DQO no cumplen con la normatividad para vertimientos; lo cual indica el aumento de la carga orgánica del vertimiento y la presencia de compuestos con capacidad de ser oxidados por vía química y biológica crecieron debido a las falencias en el mantenimiento de las unidades de tratamiento, acumulación de lodos residuales y vertimientos de origen químico pues estas pierden eficiencia (Alomia, 2019); igualmente, se debe llevar a cabo el tratamiento de las aguas hasta un nivel que satisfaga los criterios establecidos en la normativa, y que cumpla los objetivos de calidad definidos por la autoridad ambiental competente de un determinado cuerpo receptor, considerando que este recibe las aguas efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales, haciendo uso de su capacidad de asimilación, según lo establecido en el Decreto 3930 de 2010 y la Resolución 0631 de 2015 (Ministerio de Vivienda, 2016, p.10).

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es construida con el fin de dar un tratamiento adecuado a los vertimientos de tener menores cargas contaminantes antes de ser vertidas al río, de esta manera preservar el estado del cuerpo de agua en condiciones adecuadas para que sea utilizado por la comunidad y con ello ocasionando la menor afectación posible a los ecosistemas que dependen de este afluente, al mismo tiempo dar cumplimiento a la legislación ambiental vigente (Alomia, 2019). Como se determina en los resultados obtenidos de las analíticas presentadas por la empresa sobre el vertimiento de la PTAR al cuerpo de agua caño Seco que causa afectación en la calidad del agua.

Igualmente, se establece el incumplimiento del PSMV de la empresa AGUAVIVA S.A.E.S.P pues no se ejecutaron las metas, proyectos y actividades de este documento entorno al tratamiento de las aguas residuales del municipio, conociendo las partes que lo integran se

identifica y analiza sus componentes; permitiendo ver la totalidad de porcentajes en el avance en unidades y recursos por cada una de las actividades y metas, para la evaluación se verifica el grado de ejecución y cumplimiento a las obligaciones establecidas en este plan, identificando y analizando las actividades ejecutadas conforme a las planeadas y verificar su cumplimiento en los componentes de saneamiento (Buitrago, 2020); lo cual se realizó en el presente estudio para establecer el cumplimiento del PSMV de la empresa AGUAVIVA S.A.E.S.P., con la necesidad de realizar un seguimiento de este documento, y el fin de revisar el cumplimiento de los programas en cuanto al avance físico de las actividades e inversiones programadas, para disminuir los impactos ambientales del municipio (Santos, 2014).

Finalmente, para determinar el cumplimiento de este documento se consolido un informe de la evaluación de este documento, dando respuesta a la comunidad sobre las quejas enviadas a la Contraloría Departamental del Meta y se diseñó un protocolo de evaluación de vertimientos como apoyo en las visitas técnicas en este tipo de casos de estudio medioambiental para mejorar sus funciones de control fiscal.

10. Conclusiones

- En el diagnóstico operacional se estableció posibles fallos en la planta en torno al sistema anaerobio mixto, principalmente en el reactor UASB y los reactores RAP puesto que en los análisis de parámetros fisicoquímicos realizados por el Instituto de Higiene S.A.S se evidencia el incumplimiento de parámetros de DBO y DQO, posiblemente esto se debe a que el sistema se colmata de sólidos y los reactores no cumplen su funcionabilidad de efectuar la remoción de materia orgánica, también se evidenciaron problemas de malos olores y se evidencia la ausencia de personal permanente para la limpieza de estos procesos y otras actividades operacionales como se especifica en el manual de operación y mantenimiento de la PTAR.
- En las metas presentes en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P. evaluadas por medio de indicadores de cumplimiento, se evidencio que la meta 1, 3 y 7 presento un 100% de porcentaje de cumplimiento, las demás metas presentan del 50 al 80% de cumplimiento excepto la meta 6 que presento un 0%, por su incumplimiento en el tratamiento de agua residuales del sector Occidental del municipio de Restrepo-Meta. Es importante que la empresa cumpla con la meta 6, que enfatiza la recolección de las aguas residuales del sector del rio Upín y es necesario el cumplimiento de la meta 9, con la construcción de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales del rio Upín, para tratar las aguas residuales del sector occidental del Municipio de Restrepo que están siendo vertidas sin tratamiento al caño Lata y posteriormente llegan al rio Upín generando contaminación en la fuente hídrica.
- En la evaluación realizada al Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos en el caso de estudio de la PTAR de la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P., se encontró el incumplimiento de la Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Medio Ambiente por los parámetros de Demanda Química de Oxigeno (DQO) presentando valores superiores de 535 mg /l con relación a los valores de referencia de 180 mg/L y Demanda Biológica de Oxigeno (DBO) de 238 mg/l comparada con el valor límite permisible de 90 mg/L, por consiguiente, se considera que se presenta contaminación por la afectación de materia orgánica que tiene el cuerpo de agua receptor Caño Seco, y la

necesidad de mejorar los procesos operacionales de las unidades de tratamiento del sistema anaerobio mixto de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del municipio de Restrepo, Meta.

- Los parámetros de temperatura, pH, Solidos Sedimentables y Solidos Totales presentan valores aceptables dentro de los valores máximos permisibles por la Resolución 0631 del 2015, así que estos parámetros permiten un mejor equilibrio ecológico del afluente, además se considera que los parámetros monitoreados por la empresa están incompletos según los requeridos por la normatividad como nitratos, fosfatos para un mejor análisis y fueron datos que no contemplo la empresa AGUAVIVA S.A.E.S.P. en el plan de mejoramiento enviado a la entidad.
- El resultado del índice de contaminación (ICOs) representa el grado de contaminación que tiene un afluente, en ese caso de estudio por el vertimiento realizado por la PTAR a caño Seco, donde se estableció que no generaba alteración por contaminación de los parámetros analizados de Temperatura, pH y Solidos suspendidos, es decir, que no causan afectación en el equilibrio natural del agua.
- Es necesario el cumplimiento del plan de mejoramiento que estableció la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P conforme a la eficiencia en los procesos de tratamiento biológico del sistema anaeróbico mixto en la PTAR, por la contaminación que están generando al cuerpo de agua caño Seco por los altos índices de materia orgánica que no se están removimiento en el tratamiento de aguas residuales hasta los valores máximos permisibles que exige la normatividad vigente.
- La implementación de un protocolo para la evaluación de vertimientos es importante en la Contraloría Departamental del Meta en la función de control fiscal ambiental, atendiendo a quejas ciudadanas en aras de la conservación de los recursos naturales, en este se define diferentes aspectos en la parte operacional de la PTAR y el estado del vertimiento que antes no se estaban teniendo en cuenta en la entidad, de esta manera se puede establecer el cumplimiento del PSMV de una empresa, pues es una guía instrumental para determinar el tema de vertimientos de un municipio o empresa y conocer el estado del cuerpo de agua receptor, además es necesario para la entidad esta herramienta para garantizar que los recursos financieros del municipio se utilicen de

manera correcta para la preservación y conservación de las fuentes hídricas del departamento del Meta.

- Se evidencio el incumplimiento en las metas, proyectos, y actividades del PSMV, pues principalmente se encontró que no existe un tratamiento de las aguas residuales para las descargas del sector caño Lata, y aunque existe la PTAR para el vertimiento en el cuerpo de agua caño Seco, no se cumple con los valores máximos permisibles de los parámetros fisicoquímicos del vertimiento que exige la normatividad, con lo cual se puede afirmar que esto afecta la calidad de las fuentes hídricas del municipio de Restrepo, Meta.

11. Recomendaciones

- Se recomienda a la empresa AGUAVIVA S.A E.S.P. realizar muestreos una vez cada mes del año, para el análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos del cuerpo de agua receptor de vertimiento caño Seco.
- Las entidades gubernamentales como las Contralorías o el SINA deben evaluar el estado de los cuerpos de agua del departamento del Meta, con la presencia de profesionales ambientales para la evaluación del cumplimiento del PSMV de las empresas públicas, además deben garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente colombiana.
- Implementación del plan de mejoramiento de la empresa AGUAVIVAS.A E.S.P. con profesionales idóneos para garantizar el correcto funcionamiento operacional de la Planta de tratamiento de agua residual del municipio de Restrepo, Meta
- Se sugiere a la empresa AGUAVIVAS.A E.S.P. que se verifique el funcionamiento operacional de los reactores de la planta y determinar las funciones que tiene el personal en el mantenimiento de los equipos, para garantizar la eficiencia operacional de la planta en la remoción de materia orgánica.
- Realizar monitoreo constante dentro de la PTAR del municipio de Restrepo por profesionales capacitados, en cada unidad de tratamiento para garantizar el correcto funcionamiento operacional en el tratamiento de las aguas residuales, además de realizar un cálculo del porcentaje de remoción según corresponda.
- Es necesario la construcción de la PTAR de río Upín para eliminar el vertimiento del caño Lata y que las aguas residuales del municipio de Restrepo sean conducidas al río Upín con previo tratamiento para el mejoramiento de la calidad del agua.
- Incorporar la comunidad en las actividades realizadas por la empresa, donde exista un vínculo de comunicación y se realicen campañas de concientización ambiental para la disminución de carga contaminante en las aguas residuales del municipio de Restrepo.

12. Referencias bibliográficas

AGUAVIVA S.A E.S.P. (2015). *Empresa de Servicios Públicos Restrepo Aguaviva S.A. E.S.P*. Recuperado el 26 de 11 de 2019, de http://aguavivaesp.gov.co/

AGUAVIVA S.A.E.S.P. (2018). *Objeto del contrato: construccion de planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para el vertimiento Caño Seco en el municipio de Restrepo-Meta.*Restrepo:EDESA.http://aguavivaesp.gov.co/wpcontent/uploads/2020/12/INFORE-GESTION-2020-AGUAVIVA-ES-ESP-18-12-2020-PAG.pdf

AGUAVIVA S.A.E.S.P. (s.f.). Cormacarena. https://aguavivaesp.gov.co/?page_id=37

Alcaldia de Restrepo. (2018). *Plan basico de ordenamiento territotial del municipio de Restrepo,Meta 2018-2030* . Restrepo: Alcaldia de Restrepo. http://www.restrepo-meta.gov.co/tema/pbot

Alomia, C. (2019). *Formulación de un Plan de Manejo Ambiental (PMA) para la operación y control de vertimientos en la PTAR del Trapiche Lucerna.* Palmira: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/28031

Atencia, C. (2007). *Diagnostico de la contaminacion por vertimiento de aguas residuales domesticas y residuos solidos domesticos sobre la microcuenca Monteadentro hasta el sector de la bocatoma del acueducto de la ciudad Pamplona.* . San Jose de Cucuta: Universidad Libre de Colombia . https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/10293

Buitrago, N. (2020). *Diagnotico ambiental y financiero del PSMV de la EAAB, para evaluar la gestion y los resultados en la auditoria de regularidad en el PAD 2020.* Bogota, D.C: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/24621

Cabrera, L. (2003). *La regulacion y el sector de agua potable y saneamiento basico.* Medellin: EAFIT. https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecoseconomia/article/download/2013/2016/.

Castillo, D., & Marceliano, R. (2017). *Analisis y optimizacion del tratamiento de aguas residuales mediante el sistema de reactores UASB, en la PTAR "CENTRO SUR A", Provincia de Santa Departamento de ANCASH.* NUEVO CHIMBOTE - PERÚ: Universidad Nacional del Santa. http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3315

Castillo, T., & Acosta, S. (2006). *Elaboracion del manual tecnico para la evaluacion y seguimiento de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos -PSMV- en beneficio de las autoridades ambientales competentes.* Bogota D.C: Universidad de la Salle. http://www.andi.com.co/Uploads/Doc_t%C3%A9cnico_soporte_Resoluci%C3%B3n_Gu%C3%ADa_modelaci%C3%B3n.pdf

Castro, H., Rubio, M., & Rodriguez, J. (2013, pp.6-7). *Analisis y perspectivas de las coberturas de acueducto y alcantarillado en el Departamento del Meta.* Villavicencio: Universidad de los Llanos. http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v18n2/v18n2a10.pdf

CDM. (2019). *Informe definitivo auditoria gubernamental con enfoque integral modalidad especial-gestion ambiental– EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE RESTREPO AGUAVIVA S. A. E.S.P.- Vigencia 2018.* Villavicencio: Contraloria Departamental del Meta. http://www.contraloriameta.gov.co/sitio/?p=15867

Contraloria Departamental del Meta. (2019). *Contraloria Departamental del Meta(CDM).* Recuperado el 26 de 11 de 2019, de http://www.contraloriameta.gov.co/sitio/

Corantioquia. (2017, p.4). *Guia para la formulacion y/o ajuste de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos.*

https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Tramites/guia_PSMV/Guia_PSMV.pdf

Cormacarena. (2006). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento.* https://www.cormacarena.gov.co/planes-de-saneamiento-y-manejo-de-vertimientos/

Cormacarena. (2011). *Formulacion del plan de ordenamiento del recurso hidrico.* Villavicencio: Corporacion para el desarrollo sostenible del area de manejo especial de la macarena. https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/GUIA_DE_POMCAS.pdf

Cortolima. (2011). *Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrografica mayor del río Totare.* Ibague: Corporación Autónoma Regional del Tolima. https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/POMCAS/2020/POMCA_TOTARE/FORMULACION.pdf

Cuintaco, D., & Robayo, J. (2019). *Evaluacion de la calidad del agua mediante el uso del indice de contaminacion(ICOMO) y su relacion con el indice biologico(BMWP/Col) en el caño seco,Restrepo- Meta.* Villavicencio: Universidad Santo Tomas.

https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18495/2019damariscuintaco.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Fernández, L. (2005). *Índices de calidad y de contaminacion del Agua.* Universidad de Pamplona.http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo4.pdf

García, C. (07 de 11 de 2013). *Parámetros fisicoquímicos del agua*. Obtenido de Portal Veterinaria Albéitar. https://www.adiveter.com/ftp_public/A3081113.pdf

Garcia, M. (2016). *Vertimientos.* Bogota: Universidad Externado de Colombia. https://bdigital.uexternado.edu.co/bitstream/001/2308/1/MKA-spa-2016-Vertimientos

Garibello, J., & Peña, L. (2017). *Analisis del enfoque del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos 2007-2015 de Bogota D.C estrategias para su fortalecimiento.* Bogota D.C: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5435/GaribelloCastroJaimeAndr%C3%A9s2017.pdf?sequence=6&isAllowed=y

IDEAM. (2007). *Turbiedad por nefelometría.* . Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometr%C3%ADa..pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc

Jiménez, A., & Barba, Á. (2000). *Determinación de los parámetros fisico-químicos de calidad de las aguas.* http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2015). *Resolucion 0631 de 2015.* https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1res_631_marz_2015.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004, p.9). *Plan Nacional de manejo de aguas residuales municipales en Colombia.* Bogota, D.C: Departamento Nacional de Planeacion.https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentaci%C3%B3n_Pol%C3%ADtica_Nacional__Gesti%C3%B3n_/libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf

Ministerio de Desarrollo Economico. (2000, p.80). *RAS 2000.* Bogota,D.C. https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483

Ministerio de Vivienda. (2016, p.10). *RAS 2000 Titulo D. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias.* https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo_d.pdf

Organizacion Mundial de la Salud. (2019). *Agua Potable.* OMS. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

Orjuela, M., & Lizarazo, J. (2013, p.7). *Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia.* Bogota: Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20486/marthaisabelorjuela2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Padilla, E. (2010). *Evaluacion de un filtro anaerobio de flujo ascendente para tratar agua residual de rastro.* Guadalajara, Jalisco: Centro de Investigacion y asistencia en tecnologia y diseño del estado de Jalisco, A.C. https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/59/1/Edith%20Padilla%20Gasca.pdf

Parrado, I. (2015). *Evaluacion tècnica y juridica del cumplimiento a la resolucion Nº PS-GJ 1.2.6.11.0448 del 17 de marzo de 2011 , emitida por Cormacarena, y se aprueba el PSMV del municipio de Acacias- Meta, a favor de la empresa ESPA E.S.P.* Bogota: Universidad Santo Tomas. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2556/2015ivonneparrado.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Proactiva aguas del archipielago S.A.E.S.P. (2008). *Plan de saneamiento y manejo de vertimientos a la Isla de San Andres.* SAN ANDRES. http://proactivasai.com/areasocial/descargas/Plan%20de%20Saneamiento%20y%20Manejo%20de%20Vertimientos.pdf

Quiñones, J., & Martinez, L. (2019). *Analisisde la afectacion en la calidad del agua del caño siete vueltas del municipio de Villavicencio por vertimientos de aguas residuales.* Villavicencio: Universidad Santo Tomas. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19535/2019lorenamartinez?sequence=6&isAllowed=y

Ramírez, A. R. (1997). Cuatro índices de contaminación para la caracterización de aguas continentales. *CT&F- Ciencia Tecnología y Futuro. ,* 135-153.

Ramirez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (s.f.). Cuatro indices de contaminación para caracterización de aguas continentales, formulaciones y aplicación. *Scielo*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831997000100009

Rodriguez, H. (13 de 03 de 2017). *iagua.* Recuperado el 12 de 09 de 2019, de https://www.iagua.es

Rodriguez, J., Garcia, C., & Garcia, J. (2015, p.2). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento basico en Colombia. *Revista Salud Publica, 18*(5), 738-745. https://www.scielosp.org/pdf/rsap/2016.v18n5/738-745

Santos, Y. (2014). *Seguimiento al Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Gamarra.* Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/465/1/25856.pdf

Sarmiento, J., & Ovalle, K. (2020). *Análisis de los factores y operaciones unitarias y propuesta de alternativa técnica para la operación de la PTAR de Guasca, Cundinamarca* . Bogota, D.C: Universidad de la Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2770&context=ing_ambiental_sanitaria

SIAPA. (2014). Criterios y lineamientos tecnicos para factibilidades. En *Alcantarillado Sanitario* (págs. 1-38). Lineamientos Técnicos para Factibilidades, SIAPA. https://siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_1._criterios_basicos_de_diseno.pdf

Solano, M. (2011). *Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua de la parte media- alta de la microcuenca del río Damas y propuesta de manejo".* Universidad Nacional Escuela de Ciencias Ambientales. https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Impacto%20ambiental%20por%20aguas%20residuales%20y%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20la%20calidad%20del%20agua.pdf

Torres Solano, D. P. (2008). *Diagnóstico de la calidad del agua de la Microcuenca Sancotea.* Socorro- Santander. http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista7/articulos/Diagnostico-de-la-calidad-del-agua-de-la-microcuenca-Sancotea.pdf

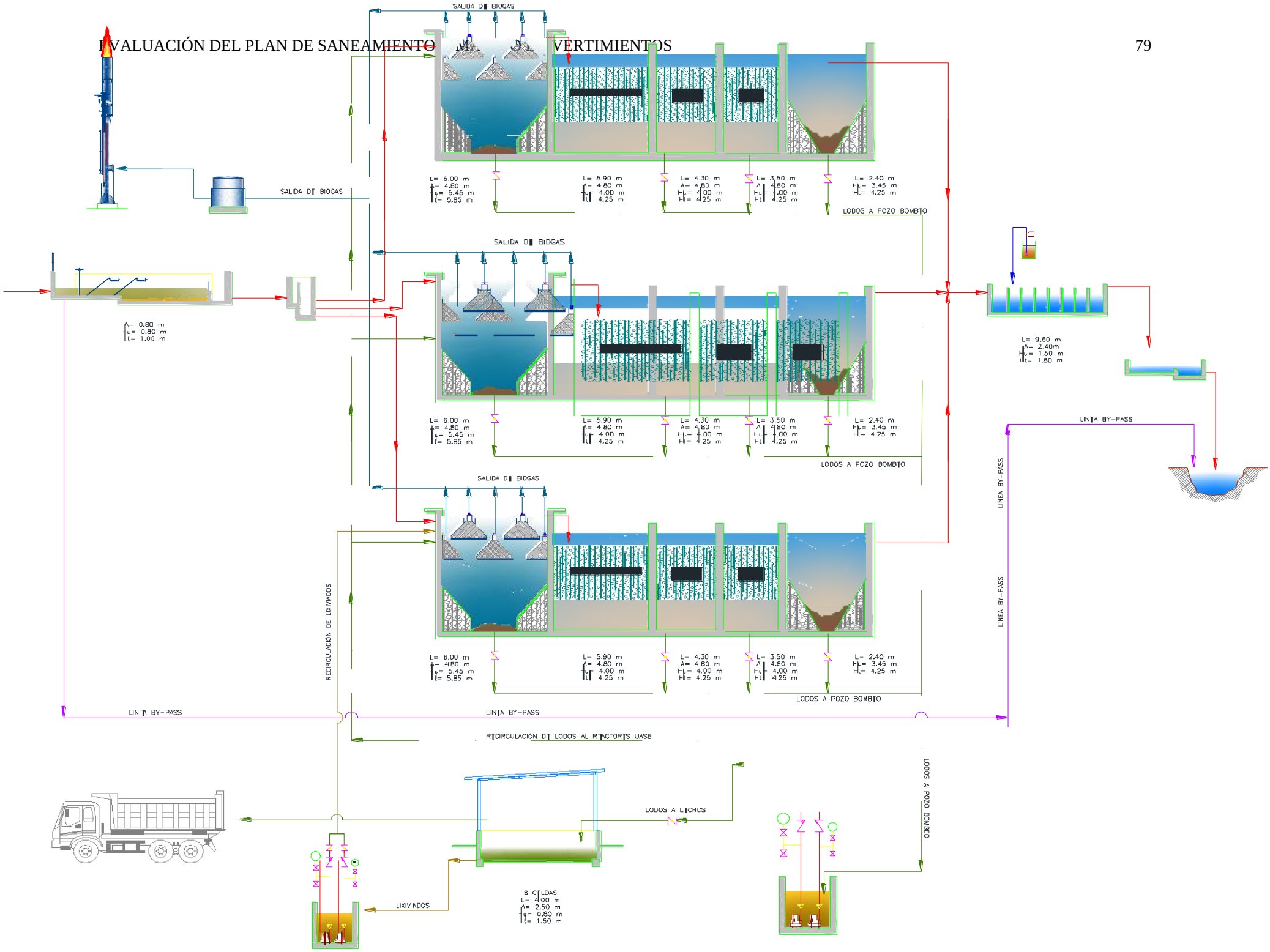
Vallejos, D., & Peña, M. (2018). *Analisis de calidad de aguas enfocado en la determinacion de parametros fisico-quimicos en el rio Quilichao del municipio de Santander, Cauca.* Palmira, Valle: Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20833/1062306957.pdf?sequence=1&isAllowed=y

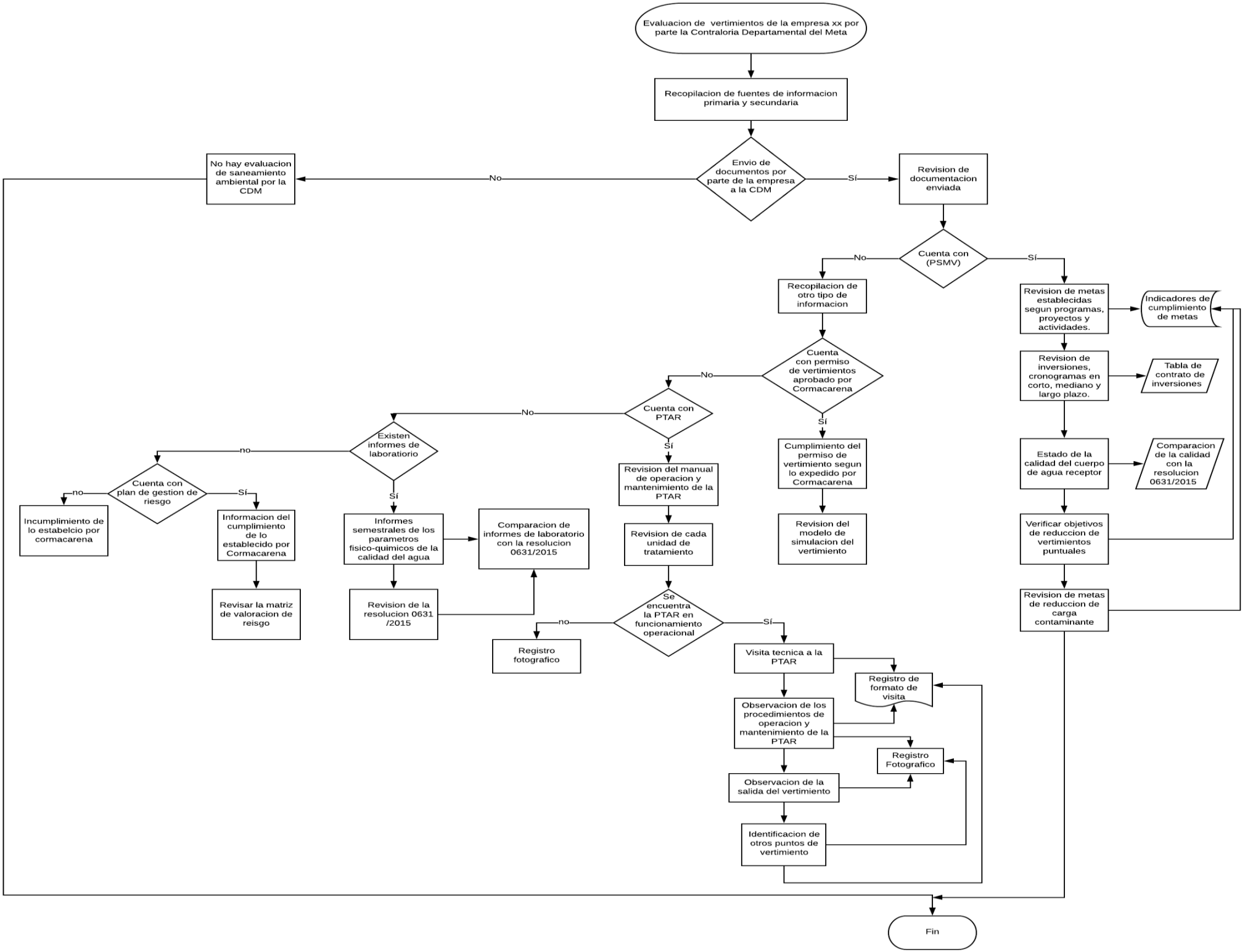
Villegas, N. (2011). *Formulacion del Plan de Ordenamiento de las fuentes hìdricas.* Villavicencio: Cormacarena.https://www.cormacarena.gov.co/documentos/FAM/FA_VILLAVICENCIO.pdf

13. Anexos

Anexo 1. Diagrama de flujo PTAR Restrepo-Meta (AGUAVIVA S.A.E.S.P, 2018).


SALIDA DE BIOGAS
SALIDA DE BIOGAS
L= 6.00 m
A= 4.80 m
H= 5.45 m
t= 5.85 m
L= 5.90 m
A= 4.80 m
L= 4.00 m
H= 4.25 m
L= 4.30 m
A= 4.80 m
L= 4.00 m
H= 4.25 m
L= 3.50 m
A= 4.80 m
L= 4.00 m
H= 4.25 m
L= 2.40 m
L= 3.45 m
H= 4.25 m
LODOS A POZO BOMBEO
SALIDA DE BIOGAS
L= 0.80 m
H= 0.80 m
t= 1.00 m
L= 9.60 m
A= 2.40m
H= 1.50 m
t= 1.80 m
LINEA BY-PASS
SALIDA DE BIOGAS
RECIRCULACION DE LIXIVIADOS
LINEA BY-PASS
LINEA BY-PASS
RECIRCULACIÓN DE LODOS AL REACTORES UASB
LODOS A LECHOS
LODOS A POZO BOMBEO
LIXIVIADOS
8 CELDAS
L= 4.00 m
A= 2.50 m
H= 0.80 m
t= 1.50 m

Anexo 2. Flujograma de procedimiento que realiza la Contraloría Departamental del Meta en temas de gestión ambiental, y guía instrumental en la evaluación de vertimientos, por Paredes 2020.


Evaluacion de vertimientos de la empresa xx por parte la Contraloria Departamental del Meta
Recopilacion de fuentes de informacion primaria y secundaria
Envio de documentos por parte de la empresa a la CDM
No
No hay evaluacion de saneamiento ambiental por la CDM
Sí
Revision de documentacion enviada
Cuenta con (PSMV)
No
Recopilacion de otro tipo de informacion
Cuenta con permiso de vertimientos aprobado por Cormacarena
No
Cuenta con PTAR
No
Existen informes de laboratiorio
no
Cuenta con plan de gestion de riesgo
no
Incumplimiento de lo estabelcio por cormacarena
Sí
Informacion del cumplimiento de lo establecido por Cormacarena
Revisar la matriz de valoracion de reisgo
Sí
Informes semestrales de los parametros fisico-quimicos de la calidad del agua
Revision de la resolucion 0631 /2015
Comparacion de informes de laboratorio con la resolucion 0631/2015
Sí
Revision del manual de operacion y mantenimiento de la PTAR
Revision de cada unidad de tratamiento
Se encuentra la PTAR en funcionamiento operacional
no
Registro fotografico
Sí
Visita tecnica a la PTAR
Registro de formato de visita
Observacion de los procedimientos de operacion y mantenimiento de la PTAR
Registro Fotografico
Observacion de la salida del vertimiento
Identificacion de otros puntos de vertimiento
Sí
Cumplimiento del permiso de vertimiento segun lo expedido por Cormacarena
Revision del modelo de simulacion del vertimiento
Sí
Revision de metas establecidas segun programas, proyectos y actividades.
Indicadores de cumplimiento de metas
Revision de inversiones, cronogramas en corto, mediano y largo plazo.
Tabla de contrato de inversiones
Estado de la calidad del cuerpo de agua receptor
Comparacion de la calidad con la resolucion 0631/2015
Verificar objetivos de reduccion de vertimientos puntuales
Revision de metas de reduccion de carga contaminante
Fin

Anexo 3. Formato para la visita de campo a la PTAR de Restrepo-Meta.

	CONTRALORÍA DEPARTAMENTAL DEL META	
	ACTA DE VISITA	CODIGO: VERSIÓN

AUDITORÍA	
ENTIDAD	
MUNICIPIO	Restrepo

VERTIMIENTOS - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL		
ACTIVIDAD	**RESPUESTA**	
El nombre del cuerpo de agua receptor del vertimiento de las agua residuales		
Nombre de la PTAR		
Tiempo de Operación (años)		
Tipos de tratamiento de la PTAR		
Cada tipo de tratamiento de la PTAR se encuentra en funcionamiento	SI	NO
Caudal L/S		
Cuál es el porcentaje de cobertura del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales		
Permiso de vertimiento	SI	NO
Se realiza caracterización de vertimientos	SI	NO
Punto de vertimiento donde se realiza la caracterización		

Anexo 4. Soporte de la creación del protocolo de vertimientos, por Contraloría Departamental del Meta, 2020

	CONTRALORÍA DEPARTAMENTAL DEL META	
	SOLICITUD DE CREACIÓN, MODIFICACIÓN O ELIMINACIÓN DE DOCUMENTOS O FORMATOS	CÓDIGO: 600.02.03 VERSIÓN 3.0

TIPO DE CAMBIO	CREACIÓN	X	TIPO DE DOCUMENTO	MANUAL		PROCEDIMIENTO	
	MODIFICACIÓN			CARACTERIZACIÓN		INSTRUCTIVO	
	ELIMINACION			MAPA DE PROCESOS		FORMATO	X
				ORGANIGRAMA		MATRIZ	

NOMBRE DEL DOCUMENTO O REGISTRO: Protocolo Evaluaciones de vertimientos

CÓDIGO DEL DOCUMENTO O REGISTRO: 600.02.630

PROCESO AL QUE PERTENECE EL DOCUMENTO O REGISTRO: Vigilancia Fiscal

DESCRIPCIÓN DE LAS CAUSAS O NATURALEZA DE LA ACTUALIZACIÓN DEL CAMBIO: Creación del formato Protocolo Evaluaciones de Vertimientos, con la finalidad de disponer de instrumentos estandarizados para desarrollar una auditoría ambiental a vertimientos.

FUNCIONARIO QUE ELABORÓ: Alezandra Moncada Gamboa
Profesional Especializado

Vo. Bo. REVISIÓN: Nohora Rocío Garnica Lozada
Contralora Auxiliar De Auditoría Y Control Fiscal Participativo.

Laura Paredes R
Laura Jesenia Paredes Rojas
Pasante Ingeniería Ambiental
Universidad Santo Tomas
19 de mayo de 2020

19 de mayo de 2020

PARA TRÁMITE DE CALIDAD

NOMBRE DEL DOCUMENTO	PROTOCOLO DE EVALUACION DE VERTIMIENTOS - ANEXOS
CÓDIGO	600.02.630
VERSIÓN	1.0

Anexo 5. Protocolo de vertimientos codificado para la Contraloría Departamental del Meta, por Paredes, 2020.

		CONTRALORIA DEPARTAMENTAL DEL META	
		PROTOCOLO DE EVALUACION DE VERTIMIENTOS - ANEXOS	CODIGO: 600.02.629
			VERSION: 1.0
N° ANEXO	N° PREGUNTA	DESCRIPCION ANEXO	
1	4	Revisión de objetivos de calidad del recurso hídrico de las fichas técnicas de determinantes ambientales para el ordenamiento territorial municipal de CORMACARENA. Revisión de la Resolución 0631 del 2015 del Ministerio de ambiente y Desarrollo sostenible. informe(s) por parte del(os) prestador(es) de la eficiencia de la PTAR. Según lo establecido en el Decreto 3930 de 2010 y el numeral 1 del artículo 5 de la ley 142 de 1994.	
2	5,6,7	Revisión de art 6 de la Resolución 1433 de 2004 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial que aprueba el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV	
3	8	Según lo establecido en el artículo 3 de la resolución 075 de 2011 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	
4	9	Copia del permiso de vertimientos aprobado por CORMACARENA. Según lo establecido en el Decreto 3930 de 2010 y el artículo 2.2.3.3.5.1 del Decreto 1076 de 2010	
5	10	Según lo establecido en el Artículo 44. Decreto 3930 de 201	

11	25	Informe del plan de Prevención de accidentes, protección laboral e higiene actualizado y en uso. Revisión del manual de operación y mantenimiento de la PTAR. De no cumplir es Inobservando lo establecido en el capítulo E.6. Titulo E Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS 2000-, numeral 1 artículo 5 de la Ley 142 de 1994 y el numeral 19 del artículo 6 de la Ley 1551 de 2012.
12	26	En el proceso de Auditoría Ambiental se constató que la empresa XXX no cumple con la certificación de los trabajadores de la planta de tratamiento de agua residual -PTAR-, inobservando lo establecido en el artículo 11 de la resolución 1076 de 2003 y el artículo 2 de la resolución 1570 de 2004 ambos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
13	28-31, 47	Revisión del manual de operación y mantenimiento de la PTAR
14	32-39	Resultados de los procedimientos de mantenimiento en cuanto a la infraestructura de los procesos de la PTAR
15	43	Se seguirán los procedimientos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos en Aguas Superficiales, Subterráneas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. Lo establecido en el Artículo 34. del Decreto 3930 del 2010.
16	45	Resultados de los reportes del proceso operativo de la PTAR sea diariamente, mensual o semestral.
17	46	Revision del Plan de Gestion de Riesgo de la empresa para observar su cumplimiento en el proceso operativo de la PTAR
18	52-74	Resultados de las pruebas de laboratorio con respecto a los parámetros que corresponde en cada proceso de tratamiento de las aguas residuales.
19	75	Revisión de la caracterización del vertimiento. Revisión de Resolución 0631 del 2015 que establece 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.
20	79	Observación de los puntos de vertimiento , entiéndase por vertimiento puntual: El cual se realiza por un medio de conducción, y se precisa el punto exacto de descarga al cuerpo de agua y vertimiento difuso: Aquel donde no se precisa el punto exacto de descarga al cuerpo de agua
21	81,82	Resultados del informe de caracterización de parámetros fisicoquímicos del vertimiento .
22	83	Observación del cuerpo de agua , concepto de parámetros organolépticos como color, olor desagradable que infiera en la calidad del vertimiento
23	86	Descripción del manejo, tratamiento y disposición final ambientalmente segura de grasas y lodos retirados en las actividades
24	87	Pruebas que demuestren o descarten dicha condición , anexando los respectivos soportes de análisis de peligrosidad.
25	88	Soporte del manejo que se realiza a los residuos peligrosos del proceso de tratamiento de la PTAR